



Etude phytoécologique des étangs à vocation de pisciculture extensive dans les Pays de la Loire
Influence de la gestion piscicole sur la diversité floristique



Décembre 2013

Rédaction :

Maëlle LE BERRE
Pascal TRINTIGNAC
Jacques HAURY
Elisabeth LAMBERT

SMIDAP
SMIDAP
Agrocampus Ouest UMR ESE
Université Catholique de l'Ouest

Etude mise en place par le Syndicat Mixte pour le Développement de l'Aquaculture et de la Pêche dans les Pays de la Loire (SMIDAP) - 3 rue Célestin Freinet - 44 200 NANTES



REMERCIEMENTS ET CONFIDENTIALITE

Nous exprimons nos remerciements à tous les partenaires de cette étude et toutes les personnes ayant été impliquées de près ou de loin dans ce travail, notamment sur le terrain.

Nous remercions en particulier les propriétaires, les gestionnaires d'étangs et de plans d'eau qui nous ont ouvert leur domaine, nous permettant ainsi de découvrir des milieux extrêmement riches et variés, et de réaliser cette étude originale.

Nous remercions spécialement le professeur Michel Godron pour son analyse statistique non-inférentielle sur les degrés de diversités des étangs.

Cette étude comprend un accord de confidentialité entre les pisciculteurs, les propriétaires d'étangs et le SMIDAP en ce qui concerne les données. Les noms des étangs sont codés et nous vous remercions donc de respecter ce souhait de confidentialité.

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION	1
II. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....	4
II.1. L'étang comme système de production.....	4
II.1.1. Définitions	4
II.1.2. Contexte économique et historique	4
II.1.3. Menaces sur l'activité économique	5
II.2. L'étang comme écosystème.....	6
II.2.1. L'étang comme zone humide.....	6
II.2.2. L'étang comme réservoir de biodiversité	6
II.2.3. Rôle de l'étang dans la rétention de matières en suspension.....	6
II.2.4. Rôle hydrologique et impacts sur le réseau hydrographique.....	7
II.2.5. Menaces sur l'écosystème étang.....	7
II.3. Synthèse : l'équilibre dynamique des étangs piscicoles	7
III. MATERIEL ET METHODES	9
III.1. Description des sites d'étude	9
III.1.1. Typologie des plans d'eau inventoriés.....	9
III.1.2. Répartition géographique des étangs.....	10
III.2. Caractéristiques abiotiques relevées	11
III.2.1. Le pré-diagnostic	11
III.2.2. Caractéristiques physico-chimiques relevées	11
III.3. Protocole d'inventaire de la végétation des étangs piscicoles	12
III.3.1. Matériel biologique inventorié	12
III.3.2. Méthode des quadrats sur transects	12
III.4. Analyse des données	13
IV. RESULTATS	15
IV.1. Résultats botaniques et phytosociologiques.....	15
IV.1.1. Place des étangs dans la biodiversité régionale	15
IV.1.2. Espèces protégées, rares et/ou menacées	16
IV.1.3. Espèces exotiques envahissantes	19
IV.1.4. Habitats naturels.....	20
IV.2. Caractéristiques physico-chimiques, d'usages et de gestion, et phytoécologiques des étangs.....	23
IV.2.1. Caractéristiques physico-chimiques des étangs.....	23
IV.2.2. Caractéristiques d'usages et de gestion des étangs.....	24

IV.2.3. Caractéristiques phytoécologiques des étangs	27
IV.3. Influence des variables physico-chimiques, d'usages et de gestion sur la biodiversité des étangs.....	31
IV.3.1. Analyses en Composantes Principales	31
IV.3.2. Tests sur les variables qualitatives.....	32
IV.3.3. Analyse non-inférentielle sur le degré de diversité des étangs.....	36
IV.4. Comparaison de la biodiversité des étangs à celle d'autres types de plans d'eau	38
IV.4.1. Inventaire des espèces patrimoniales dans les autres plans d'eau.....	38
IV.4.2. Comparaison de la diversité végétale.....	39
V. DISCUSSION	41
V.1. Contexte de l'étude.....	41
V.1.1. Limites de la méthode.....	41
V.1.2. Intérêts et réserves des pisciculteurs et/ou propriétaires pour l'étude	41
V.3. Intérêt écologique des étangs piscicoles	42
V.3.1. Biodiversité régionale	42
V.3.2. Diversité végétale.....	43
V.3.3. Valeur écologique	43
V.4. Influence des variables sur les communautés végétales.....	44
V.4.1. Influence des variables physico-chimiques sur les communautés végétales.....	44
V.4.2. Influence des pratiques d'usage et de gestion sur les communautés végétales ..	47
V.4.3. Conclusion sur les variables influençant la diversité floristique.....	50
VI. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	51
Liste des Figures	52
Liste des Tableaux	53
BIBLIOGRAPHIE.....	54
Liste des Annexes	58

I. INTRODUCTION

Un plan d'eau, même s'il n'existe pas de définition réglementaire, peut être considéré comme une étendue d'eau ou encore comme une masse d'eau stagnante (PETIT LAROUSSE, 1998). Il existe des plans d'eau naturels issus du volcanisme, provenant des dernières glaciations ou résultant de mouvements tectoniques ou géologiques comme le lac de Grand-lieu en Loire-Atlantique. Mais l'immense majorité des plans d'eau est d'origine artificielle. Dans les Pays de la Loire, plus de 32 000 plans d'eau (artificiels) d'au moins 1 000 m² ont été dénombrés, représentant en surface cumulée plus de 20 000 hectares, soit 0,6% du territoire régional (Trintignac *et al.*, 2008). Ces plans d'eau artificiels, créés pour un ou plusieurs usages, ont des typologies différentes avec des caractéristiques propres comme par exemple les mares, les réservoirs, les plans d'eau de gravière ou encore les étangs.

Dans notre région, l'étang peut-être défini comme un plan d'eau artificiel, de faible profondeur, plus ou moins complètement vidangeable initialement créé par l'homme pour la production de poisson (Balvay, 1980). La pisciculture extensive est à l'origine de la création depuis le XI^e siècle de la quasi-totalité des étangs régionaux jusqu'à 1945. Environ 10 000 hectares d'étangs existaient à la fin du XVIII^e siècle dans les Pays de la Loire (Trintignac *et al.*, 2008). La pisciculture en étang est l'une des plus anciennes activités aquacoles et agricoles régionales. Les caractéristiques des étangs (par exemple, berges en pente douce) et les pratiques liées à la pisciculture extensive (vidanges régulières, assec etc.) font que ces milieux sont souvent d'une grande richesse floristique et faunistique (Balvay, 1980 ; Otto-Bruc *et al.*, 2000 ; Trintignac et Kerleo, 2004 ; Le Bihan et Font, 2008). La préservation de ces écosystèmes passe par le maintien de l'usage économique historique, la pisciculture en étang. Il peut même exister une relation entre la productivité de l'étang et sa biodiversité (Balvay, 1980 ; Billard, 1980 ; Bachasson, 1997 ; Schlumberger, 2002). L'intérêt patrimonial de ces écosystèmes à forte variation saisonnière des niveaux d'eau est probable, compte-tenu de la définition de nombreux habitats identifiés reconnus dans la directive du même nom, et décrits dans les cahiers d'habitats (Gaudillat et Haury, 2002), notamment les habitats à Characées. Toutefois, les inventaires dans les espaces privés que sont les étangs de pisciculture restent à réaliser pour vérifier que ce type d'étangs est d'une richesse comparable aux autres étangs ayant fait l'objet d'inventaires mettant en évidence leur intérêt patrimonial.

Depuis les années 1960, d'autres usages liés à l'agriculture, aux loisirs, à la chasse, à la production d'eau potable, sont apparus et ont été à l'origine de la création de différents types de plans d'eau qui ne sont pas forcément des étangs (réservoirs d'eau potable, retenues collinaires, gravières, mares, plan d'eau d'agrément etc.).

La pisciculture en étang existe toujours de nos jours dans les Pays de la Loire et concerne entre 1 600 et 4 000 hectares d'étangs. Comme toutes les activités extensives, cette activité est fragile et dépend de multiples paramètres extérieurs. Les principales menaces concernent le développement d'espèces envahissantes, en particulier le grand Cormoran (*Phalacrocorax carbo sp.*) et les réglementations multiples souvent inadaptées. La rentabilité étant faible, ces menaces poussent les propriétaires et les exploitants à arrêter la production piscicole et à développer d'autres pratiques moins contraignantes, notamment le négoce avec des importations de poissons pour satisfaire le marché, le changement d'usage (chasse, loisirs) ou la mise en assec avec mise en culture céréalière.

La Région et le SMIDAP se sont inscrits depuis quelques années dans une démarche de reconnaissance et de valorisation de la pisciculture en étangs et des étangs piscicoles. Dans ce cadre, la Région a mis en place en 2010 des Actions Régionales de Gestion Durable des Etangs (ARGDE) avec un double objectif, de soutien économique à la pisciculture en étang et de préservation des milieux. Ces actions, qui correspondent à un soutien économique, comprennent un volet environnemental avec, entre autres, un inventaire floristique avec identification des principaux habitats. En effet, la disparition de ces activités de production d'étang pourrait avoir aussi des conséquences écologiques avec l'abandon de gestion des réseaux hydrauliques associés et avec la perte de la biodiversité floristique et faunistique inféodée à ces milieux caractéristiques. La convention type des ARGDE est présentée en Annexe 1.

Plusieurs travaux d'inventaires ont été réalisés sur des étangs de pisciculture dans des zones dites traditionnelles comme la Brenne et ont montré l'intérêt de l'usage piscicole traditionnel pour le maintien de la biodiversité (Huet, 1970 ; Le Neveu et Lecomte, 1999 ; Otto-Bruc, 2001). Cependant, dans la région Pays de la Loire, il n'y a pas eu d'inventaires précisément sur les étangs de pisciculture. Seuls, quelques-uns ont été menés sur les étangs de l'Anjou (Lambert-Servien *et al.*, 1998 et 2006) sans tenir compte de l'usage. Des données existent mais de manière ponctuelle sur des étangs ou plans d'eau n'ayant pas ou plus la vocation de pisciculture. Des travaux sur des étangs de Mayenne avaient montré l'intérêt de ces écosystèmes comme site d'accueil et de reproduction pour de nombreuses espèces animales (Le Louarn et Birkan, 2000).

Cette étude correspond donc au volet environnemental des Actions Régionales de Gestion Durable des Etangs. Elle comprend deux parties :

- La première consiste à réaliser des inventaires floristiques et d'habitats après la mise au point d'une méthodologie adaptée.
- La deuxième consiste à réaliser des inventaires sur des plans d'eau sans gestion de pisciculture. Il s'agira de continuer d'inventorier d'autres types de plans d'eau avec d'autres usages mais aussi des anciens étangs de pisciculture n'ayant plus d'usage piscicole.

L'enjeu global est de montrer, dans les politiques locales de l'eau et des milieux aquatiques, que cette activité économique a un rôle écologique majeur dans notre région et pas seulement dans les régions dites « traditionnelles » comme la Brenne et la Dombes. Par ailleurs, il s'agit aussi de préciser les liens éventuels entre les pratiques extensives de pisciculture et la conservation un patrimoine biologique végétal intéressant.

L'enjeu de cette étude est donc double : d'une part, valoriser une activité économique régionale ayant des pratiques respectueuses de l'environnement, et d'autre part, recenser la diversité végétale associée à un milieu particulier qu'est l'étang piscicole. Les objectifs de ce travail axés autour de ces deux grands enjeux sont présentés dans le Tableau I.

Les questions suivantes seront abordées dans cette étude :

- Comment la pisciculture en tant qu'activité économique et la biodiversité des étangs sont-elles interdépendantes ? (courte synthèse bibliographique)
- Quelle biodiversité trouve-t-on dans les étangs des Pays de la Loire et comment la préserver ?
- Comment les variables écologiques et de gestion, notamment les pratiques piscicoles, influencent-elles la diversité floristique ?

Tableau 1 : Enjeux et objectifs de l'étude

Enjeux	Valoriser l'activité économique	Valoriser la biodiversité des étangs
Objectifs	<ul style="list-style-type: none">➤ Fournir une aide financière pour inciter les pisciculteurs à continuer leur activité et récompenser les pratiques respectueuses de l'environnement➤ Sensibiliser les pisciculteurs à leur environnement en réalisant un guide de bonnes pratiques pour la gestion piscicole des étangs➤ Valoriser la pisciculture extensive auprès des scientifiques, des naturalistes, du grand public...	<ul style="list-style-type: none">➤ Contribuer à la connaissance de la biodiversité végétale des étangs piscicoles➤ Mettre en valeur le rôle de réservoir de biodiversité en se basant sur la présence d'espèces végétales et d'habitats d'intérêt communautaire➤ Mettre en relation la diversité floristique des étangs avec les variables écologiques, le mode de gestion➤ Comparer la richesse floristique des étangs à celle d'autres types de plans d'eau et éventuellement fournir des conseils de gestion aux communes➤ Détecter la présence potentielle d'espèces exotiques envahissantes afin d'intervenir avant que l'invasion ne soit trop importante

II. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

II.1. L'étang comme système de production

II.1.1. Définitions

Le terme étang vient du vieux français « estanchier » qui signifie « étanher » ou « barrer » (Otto-Bruc, 2001 ; Trintignac *et al.*, 2007). Dans cette étude, nous retiendrons qu'un étang est une étendue d'eau douce d'origine artificielle et entretenue par l'homme, plus ou moins complètement vidangeable, d'une superficie allant de 0,5 à plusieurs centaines d'hectares, de faible profondeur (pas de stratification thermique ou chimique permanente), reposant dans une cuvette à fond imperméable (d'après Otto-Bruc, 2001 ; Blondel *et al.*, 2008 ; Le Bihan et Font, 2008 ; Gaillard, 2010 ; Prompt et Guillaume, 2011). Les étangs font partie des plans d'eau, qui sont des masses d'eau stagnantes de surface.

Un étang piscicole peut être assimilé à un agrosystème car il est créé et géré par l'homme pour produire du poisson (Banas, 2001 ; Trintignac *et al.*, 2008).

La pisciculture est qualifiée d'extensive lorsqu'elle utilise exclusivement ou en majorité les ressources biologiques issues du cycle naturel de l'écosystème pour accroître la biomasse des poissons. Le rôle du pisciculteur se limite à la régulation du niveau d'eau, de la production piscicole et de la végétation, avec des apports en intrants restreints. De plus, la charge d'empoisonnement et la quantité de poisson récoltée sont faibles (Glasser et Maurer, 2004 ; Trintignac *et al.*, 2007 ; Le Bihan et Font, 2008 ; Gaillard, 2010 ; Prompt et Guillaume, 2011). La pisciculture extensive est un élevage polyspécifique : les espèces introduites dans l'étang ont des régimes alimentaires différents, ce qui permet d'exploiter les diverses ressources trophiques (Barbe *et al.*, 2000).

II.1.2. Contexte économique et historique

Les étangs à vocation de pisciculture extensive existent en Europe depuis le Moyen-Age. En France, les premières installations d'étangs attestées par des documents datent du XI^e siècle (Trintignac *et al.*, 2008 ; Billard, 2010 ; Bobbé, 2010). Les cartes de Cassini, réalisées entre 1760 et 1789, attestent de la présence de nombreux plans d'eau en France, dont certains – y compris parmi ceux inventoriés – sont encore en eau aujourd'hui (European Pond Conservation Network - EPCN, 2008 ; Trintignac *et al.*, 2008 ; Billard, 2010). Ainsi les étangs, en plus de fournir des ressources agricoles et cynégétiques, font partie du patrimoine historique et culturel français (Prompt et Guillaume, 2011).

En France, environ 100 000 ha d'étangs sont exploités à des fins piscicoles, c'est donc la plus grande surface en eau exploitée pour la production piscicole en Europe (Gaillard, 2010). Néanmoins, la plupart des étangs ne sont pas uniquement destinés à la production piscicole, mais également à la chasse et à la pêche de loisir (Mouchart et Tocqueville, 2005). La pisciculture en étang est aujourd'hui principalement axée sur le marché du repeuplement et seuls 11,6% des poissons consommés en France sont des poissons d'élevages (Barnaud *et al.*, 2007 ; Gaillard, 2010). La pisciculture d'étang en France est extensive, la production moyenne atteint entre 160 et 180 kg de poissons par hectare et par an (Maisonneuve, 2000 ; Banas, 2001 ; Glasser et Maurer, 2004 ; Trintignac *et al.*, 2007 ; Prompt et Guillaume, 2011).

En région Pays de la Loire, au moins 5 000 ha de plans d'eau sont exploités pour la pisciculture et la pêche de loisirs, ce qui la classe en quatrième ou cinquième position des régions françaises selon les références (Banas, 2001 ; Mouchart et Tocqueville, 2005 ; Barnaud *et al.*, 2007 ; Bobbé, 2010 ; Gaillard, 2010). Cette région compte une dizaine de pisciculteurs négociants et entre 1 000 et 5 000 propriétaires-exploitants d'étangs.

II.1.3. Menaces sur l'activité économique

➤ Les espèces piscivores

La prédation de la production par le grand Cormoran (*Phalacrocorax carbo sp.*) est aujourd'hui la première cause de l'arrêt de l'exploitation piscicole en étang. Cette espèce originaire d'Europe du Nord protégée par la Directive Oiseaux (1979, annexe I, déclassée en 1997) s'est fortement multipliée en Europe et en France, ce dernier étant devenu le premier pays européen en terme d'effectifs. L'estimation est ainsi passée de 4 000 individus en 1970 à plus de 140 000 aujourd'hui. Le grand Cormoran consomme une grande partie des poissons d'élevage (jusqu'à 500 g par jour et par individu) ou encore leur inflige des blessures qui dégradent leur état sanitaire ou diminuent leur valeur marchande. Les pertes peuvent aller jusqu'à la totalité de l'empoissonnement (Jousset, 2007 ; Billard, 2010 ; Bobbé, 2010). En Pays de la Loire, les pisciculteurs estiment à au moins 20% la perte de chiffre d'affaire liée à cet oiseau et jusqu'à 80% la perte de production sur certains étangs, confirmant que c'est le premier frein à leur activité (Fiot, 2011). Les tirs de Cormorans sont soumis à des quotas, qui varient de façon très importante d'un département à l'autre (Bobbé, 2010).

La prolifération d'autres espèces d'oiseaux aquatiques protégées, comme le Héron cendré (*Ardea cinerea*) et plus récemment la grande Aigrette (*Ardea alba*) et l'Aigrette garzette (*Egretta garzetta*), fragilise encore d'avantage la filière. Ces problématiques sont nouvelles dans l'histoire séculaire de la pisciculture en étang car 3 des 4 espèces problématiques citées précédemment n'existaient peu ou pas du tout dans nos régions il y a vingt-cinq ans.

➤ Les réglementations

Les premières contraintes réglementaires sont issues de la Loi Pêche de 1984 qui a ensuite été intégrée dans la dernière Loi sur l'eau de 2006. Elles portaient essentiellement sur les vidanges et sur les statuts juridiques des étangs. Dans certains départements, ces contraintes existent encore fortement. Actuellement, de nouvelles réglementations environnementales (zones humides ; débits réservés ; création de plans d'eau, Stratégie de Création des Aires Protégées (SCAP), etc.) ; de sécurité publique (digues et barrages) et sanitaires (enregistrements ; agréments) pourraient alourdir encore la gestion des étangs rendant la production piscicole plus fragile économiquement. De fortes contraintes réglementaires de la Directive Cadre sur l'Eau (2000) liées à l'installation ou à l'agrandissement d'une pisciculture sont également un frein important pour l'activité. Jugée mineure sur le plan économique, la pisciculture d'étang est mal considérée par les environmentalistes et les citoyens. La pisciculture en étang, malgré un marché important, est une activité de moins en moins rentable et de nombreux pisciculteurs choisissent de diversifier leurs activités (parcours de pêche, poissons d'ornement) (Barnaud *et al.*, 2007) ou d'importer du poisson plutôt que de le produire.

La conséquence directe de ces freins est un grave déficit de poissons d'étangs en France, ce qui conduit à l'importation de poissons d'Europe de l'Est. En Pays de la Loire, la situation est similaire : la

filière est en sous-production et la perte est compensée par le négoce de poissons en provenance de la Brenne et des pays de l'est (Bobbé, 2010).

II.2. L'étang comme écosystème

II.2.1. L'étang comme zone humide

L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN, 1973) et la Convention Internationale de Ramsar (1971) définissent les zones humides comme des « milieux aquatiques, aussi bien marins que côtiers ou continentaux, pour autant qu'ils soient de faible profondeur, partant des terres temporairement inondées et des tourbières tout juste imbibées, sans surface d'eau permanente, elles vont jusqu'aux lacs et aux étangs d'une profondeur n'excédant pas 6 m ». Les étangs, dont la faible profondeur permet le développement d'une végétation aquatique, sont donc reconnus comme tels (Clément, 1986 ; Lambert-Servien, 1995 ; Foisil *et al.*, 1999 ; Otto-Bruc, 2001 ; Angélibert *et al.*, 2004 ; Trintignac et Kerleo, 2004 ; EPCN, 2007 ; Le Bihan et Font, 2008 ; Billard, 2010).

II.2.2. L'étang comme réservoir de biodiversité

Les étangs et mares sont des écosystèmes qui possèdent un intérêt considérable en matière de conservation du patrimoine naturel, notamment pour la préservation de la biodiversité en eau douce. En effet, ils constituent des habitats ou aires de repos indispensables à de nombreuses d'espèces d'oiseaux, d'amphibiens, d'invertébrés et de plantes aquatiques rares et/ou menacées (Foisil *et al.*, 1999 ; Otto-Bruc, 2001 ; Wood *et al.*, 2003 ; Nicolet *et al.*, 2007 ; Céréghino *et al.*, 2008 ; Broyer *et al.*, 2009 ; Oertli *et al.*, 2009 ; Sager et Lachavanne, 2009 ; Akasaka *et al.*, 2010 ; Vallod et Wezel, 2010). De plus, la biodiversité des étangs et des mares égale ou surpasse celle des lacs, rivières, ruisseaux et fossés, en particulier pour les espèces rares (Godreau *et al.*, 1999 ; Williams *et al.*, 2004 ; EPCN, 2007 ; Céréghino *et al.*, 2008 ; Davies *et al.*, 2008a et b). Cette forte biodiversité peut être expliquée par la variation des conditions écologiques dans le temps et l'espace qui génèrent une mosaïque d'habitats (Williams *et al.*, 2004 ; EPCN, 2007 ; Le Bihan et Font, 2008). Williams *et al.* (1999) considèrent qu'entre différents étangs, seules 50% des espèces végétales sont les mêmes. Ces milieux jouent donc un rôle prépondérant dans la biodiversité régionale.

En France, certains de ces étangs sont référencés comme Zones Humides d'Importance Internationale par la Convention de Ramsar (1971) (Trintignac et Kerleo, 2004 ; Le Bihan et Font, 2008 ; Bobbé, 2010). Le rôle de biotope-relais des étangs est d'ailleurs reconnu par l'article 10 de la Directive Habitats Faune Flore (1992). De nombreuses espèces animales et végétales protégées ont été recensées dans les étangs piscicoles de grandes régions d'étangs (Brenne, Dombes, Forez, Lorraine) (Bobbé, 2010). En Pays de la Loire, Lambert-Servien (1995) a recensé dans les étangs de l'Anjou de nombreux groupements végétaux et espèces végétales remarquables.

II.2.3. Rôle de l'étang dans la rétention de matières en suspension

Les étangs piscicoles jouent le rôle de filtres décanteurs-épuration et peuvent être considérés comme des pièges à sédiments (Barbe *et al.*, 2000 ; Bouin, 2002 ; Trintignac et Kerleo, 2004 ; EPCN, 2008 ; Gaillard, 2010). Banas (2001) a montré que les étangs retiennent entre 3610 et 6220 kg/ha de matières en suspension, 65 à 106 kg/ha d'azote total et 1,6 à 8,7 kg/ha de phosphore total. En effet,

les pratiques de gestion piscicole et la végétation des étangs permettent la minéralisation des vases et l'absorption de grandes quantités de nutriments et de CO₂. Plus la végétation est diversifiée, plus la rétention est bonne (Foisil *et al.*, 1999 ; Otto-Bruc, 2001 ; Trintignac et Kerleo, 2004 ; Gaillard, 2010).

II.2.4. Rôle hydrologique et impacts sur le réseau hydrographique

Les étangs et réservoirs forment la majorité de la ressource continentale en eau douce et participent au maintien de la qualité des eaux. Ils peuvent cependant contribuer à la dégrader s'ils sont sujets à des proliférations de cyanobactéries ou à des phénomènes d'anoxie se traduisant par des rejets d'eau chargée en ammoniac. Les étangs ayant une gestion raisonnée constituent un milieu tampon entre les cultures et les milieux naturels : barrière physique à l'érosion, absorption des polluants... Ils jouent également un rôle important dans la prévention contre les inondations (Barbe *et al.*, 2000 ; Soumassière *et al.*, 2000 ; Otto-Bruc, 2001 ; Cadieu, 2002 ; EPCN, 2008 ; Oertli *et al.*, 2009 ; Gaillard, 2010).

La vidange d'étangs non maîtrisée peut impacter négativement le réseau hydrographique en induisant un rejet de matières en suspension, une augmentation de la température des cours d'eau ou encore un transfert de poissons allochtones. Néanmoins, les impacts négatifs associés à la vidange sont très limités pour les étangs piscicoles car les vidanges sont régulières, maîtrisées et souvent hivernales (Foisil *et al.*, 1999 ; Banas, 2001 ; Cadieu, 2002 ; Trintignac et Kerleo, 2004). De plus, des grilles sont normalement placées dans l'étang pour empêcher la fuite des poissons (Trintignac et Kerleo, 2004 ; Deliry et Cadieu, 2007).

II.2.5. Menaces sur l'écosystème étang

Au cours du XX^e siècle, plus de 75% des étangs et mares d'Europe ont disparu par drainage ou comblement pour l'agriculture, ou à cause du développement urbain. Durant les 100 dernières années, la France a d'ailleurs perdu 2,5 millions d'ha de zones humides (Williams *et al.*, 1999 ; Wood *et al.*, 2003 ; EPCN, 2007 et 2008).

Dans les étangs, les activités traditionnelles tendent à disparaître au profit d'activités plus rentables, comme les loisirs notamment, qui ne sont pas toujours compatibles avec leurs fonctions naturelles. En effet, ces fonctions peuvent être négativement affectées par la pression humaine, notamment la surfréquentation des sites, ou un aménagement excessif (Foisil *et al.*, 1999 ; Williams *et al.*, 1999 ; Le Bihan et Font, 2008). Enfin, les étangs ne bénéficient quasiment pas de protections législative et politique (EPCN, 2008).

II.3. Synthèse : l'équilibre dynamique des étangs piscicoles

La biodiversité des étangs piscicoles, milieux créés et gérés par l'homme pour un usage piscicole, est donc avérée dans la bibliographie. La transition terre-eau conjuguée aux pratiques d'exploitations traditionnelles, comme la vidange et l'assec, qui entraînent un rajeunissement cyclique de l'écosystème, génèrent une forte richesse faunistique et floristique (Otto-Bruc, 2001 ; Bouin, 2002 ; Trintignac et Kerleo, 2004 ; Prompt et Guillerme, 2011). Jousset (2007) précise que la pisciculture d'étang n'est pas inadaptée à la protection des milieux lorsqu'elle suit un mode de gestion extensif.

Vallod et Wezel (2010) indiquent que les étangs de la Dombes possèdent une biodiversité remarquable créée et maintenue par les pratiques de pisciculture traditionnelle.

Les étangs constituent l'un des liens les plus étroits entre la société et la nature. En effet, le destin naturel de l'étang sans activités humaines est le comblement, et inversement la biodiversité végétale présente dans les étangs est nécessaire à la production piscicole (Maisonneuve, 2000 ; EPCN, 2008 ; Le Bihan et Font, 2008). Les zones végétales submersibles ont divers intérêts pour le pisciculteur : physico-chimique, avec la production d'oxygène par photosynthèse ; biologique, en tant que frayères ; et mécanique, en tant que protection contre les prédateurs et contre l'action du vent et des vagues (Otto-Bruc, 2001 ; Trintignac et Kerleo, 2004).

La pisciculture d'étangs, activité économique en péril, peut donc être considérée comme un modèle d'agriculture durable, au croisement des préoccupations économiques, sociales et environnementales.

III. MATERIEL ET METHODES

III.1. Description des sites d'étude

III.1.1. Typologie des plans d'eau inventoriés

Durant les années 2010 à 2013, 108 plans d'eau (environ 1150 ha, ce qui représente 5% de la surface totale des plans d'eau artificiels de la région) ont fait l'objet d'inventaires botaniques. Parmi eux, 82 (1057 ha) sont des étangs, 21 (60 ha) sont des plans d'eau d'agrément, 3 (31,4 ha) sont des centres d'allotement, un (0,7 ha) est un plan d'eau de carrière et un (0,05 ha) est une mare.

Parmi les 82 étangs, 53 (640 ha) sont privés, dont 46 (547 ha) sont exploités pour la pisciculture, dont 36 (455 ha) ont fait l'objet de demandes d'aides dans le cadre des Actions Régionales pour la Gestion Durable des Etangs (ARGDE). Parmi les 3 centres d'allotement, 2 (30 ha) ont fait l'objet de demandes d'aides dans le cadre des ARGDE.

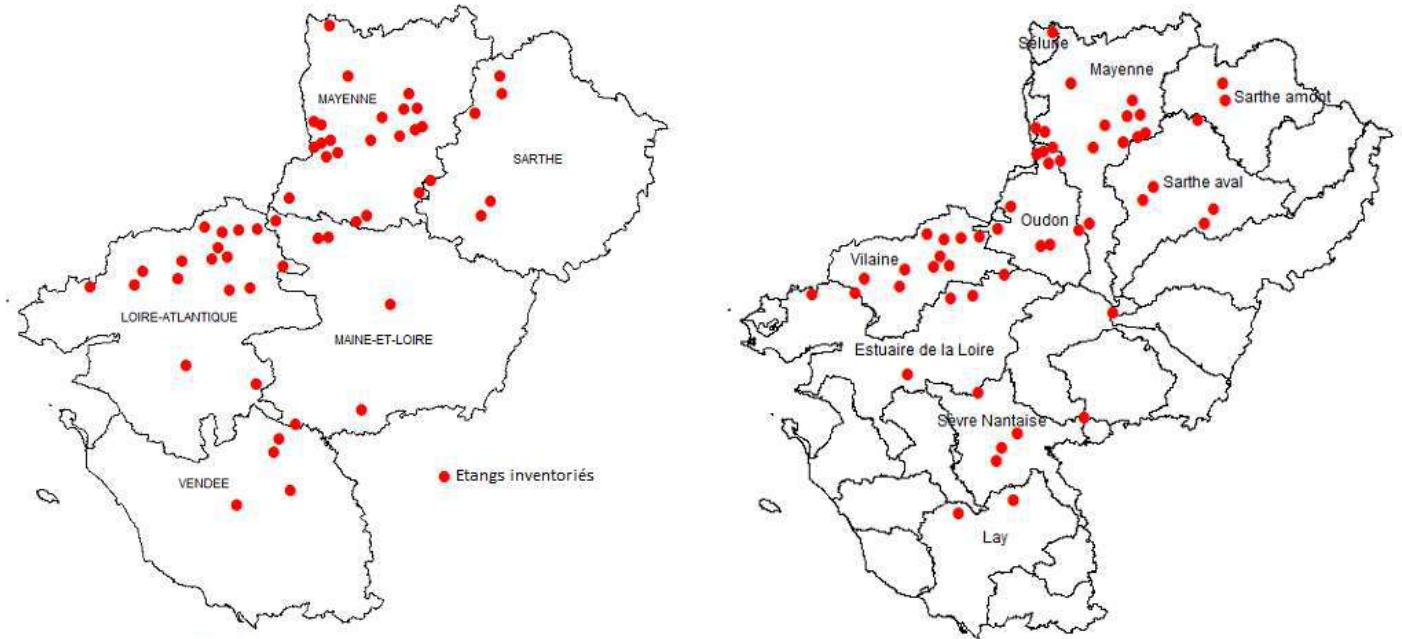
Les propriétaires et les pisciculteurs souhaitant garder la confidentialité pour la localisation des étangs et les espèces trouvées, les résultats des inventaires seront présentés globalement. De plus, les noms ne seront pas cités, les étangs et plans d'eau communaux seront identifiés comme dans l'exemple suivant : E_BE44, E pour « étang », CA pour « centre d'allotement » ou A pour « agrément », les 3 premières lettres du nom de l'étang ou du plan d'eau ou de la commune s'il n'a pas de nom, et le numéro du département.

Les étangs (au sens de la définition proposée dans l'étude bibliographique) ont été créés pour la production piscicole (même si certains d'entre eux ne sont plus en activité aujourd'hui), ils ont généralement été créés en barrant un cours d'eau et sont souvent très anciens. Les centres d'allotement sont composés de petits bassins de production piscicole plus intensive que dans les étangs, ils sont récents, ont été creusés et se vidangent tous. Les plans d'eau d'agrément sont destinés à la pêche à la ligne et l'accès du public, ils sont récents, ont été creusés et ne se vidangent pas toujours.

L'objet de l'étude phytoécologique reste les étangs (au sens de la définition proposée dans l'étude bibliographique), les plans d'eau d'agrément et de carrière ont été inventoriés dans une optique de comparaison des caractéristiques écologiques des différents types de plans d'eau, et les centres d'allotement ont été inventoriés sur demande des exploitants dans le cadre des ARGDE.

III.1.2. Répartition géographique des étangs

Les étangs ont été inventoriés dans les 5 départements de la région des Pays de la Loire, mais seulement dans 9 des 23 bassins hydrographiques présents sur le territoire de la région (Figure 1). Ils ne sont pas répartis de manière homogène dans ces départements et bassins versants (Figure 2).



Conception -réalisation : Maëlle Le Berre
Source : BD Carthage, SMIDAP

Figure 2 : Cartographie des 82 étangs inventoriés dans la région des Pays de la Loire, par départements et par bassins hydrographiques

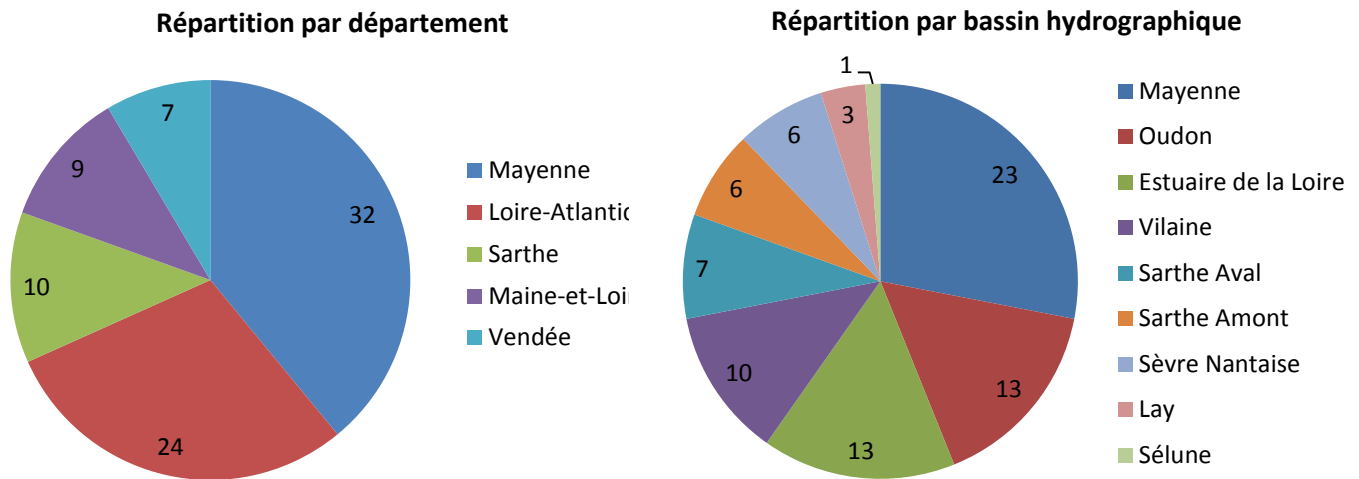


Figure 1 : Répartition des 82 étangs inventoriés dans la région des Pays de la Loire, par départements et par bassins hydrographiques

La Mayenne est donc le département dans lequel nous avons inventorié le plus d'étangs : 32, soit près de 40% des étangs, ce qui représente 328 ha. En Loire-Atlantique, nous avons inventorié 24 étangs soit près de 30%, ce qui représente 440 ha. Dans les trois autres départements nous avons inventorié beaucoup moins d'étangs : 10 (12%) soit 83 ha en Sarthe, 9 (11%) soit 126 ha en Maine-et-Loire et 7 (8%) soit 82 ha en Vendée.

La Mayenne est également le bassin hydrographique dans lequel nous avons inventorié le plus d'étangs : 23, soit près de 30%, ce qui représente 230 ha. Sur le bassin de l'Oudon nous avons inventorié 13 étangs, soit 16%, ce qui représente 195 ha. Sur le bassin de l'Estuaire de la Loire nous avons également inventorié 13 étangs, qui représentent 224 ha. Vient ensuite le bassin de la Vilaine avec 10 étangs (12%) soit 161 ha, puis celui de la Sarthe Aval avec 7 étangs (8%) soit 76 ha, celui de la Sarthe Amont avec 6 étangs (7%) soit 50 ha et celui de la Sèvre Nantaise avec également 6 étangs soit 72 ha, celui du Lay avec 3 étangs (4%) soit 40 ha et enfin celui de la Sélune avec un étang (1%) de 9 ha.

Visuellement, un groupement d'étangs apparaît sur les bassins versants de la Mayenne, l'Oudon, la Vilaine et l'Estuaire de la Loire : cela correspond à une zone historique d'étangs.

III.2. Caractéristiques abiotiques relevées

Les caractéristiques de gestion et les données physico-chimiques sont relevées afin d'obtenir des variables pouvant expliquer la composition floristique des étangs. Ces données sont soit obtenues directement en questionnant l'exploitant, soit relevées sur le terrain.

III.2.1. Le pré-diagnostic

Le pré-diagnostic réalisé avec le pisciculteur permet d'obtenir les principales caractéristiques de l'étang inventorié. La situation géographique (département, commune, bassin versant), la surface en eau, la profondeur moyenne et l'âge de l'étang sont notés. Les caractéristiques de gestion piscicole comprennent les espèces de poissons élevées, la fréquence de vidange, l'alimentation de l'étang et son temps de remplissage moyen, la mise en assec, les apports dans l'étang (chaulage, fertilisation, compléments alimentaires) et le faucardage de la végétation. Le pisciculteur est également interrogé sur les autres usages (pêche à la ligne, chasse...) et la présence d'espèces envahissantes (exotiques ou non) gênantes pour l'activité piscicole. La fiche de pré-diagnostic est présentée en Annexe 2.

III.2.2. Caractéristiques physico-chimiques relevées

Sur le terrain, l'entretien des rives, le profil des berges, et la granulométrie des berges et des fonds sont notés. Certains paramètres physico-chimiques de l'eau sont mesurés à l'exutoire. Le pH, la température, la transparence, les duretés totales et carbonatées et la conductivité sont relevés.

Les relevés doivent être considérés avec précaution car certains des paramètres varient dans le temps et l'espace. C'est le cas notamment de la température (saison, heure, profondeur de l'eau), mais aussi du pH qui peut subir des variations diurnes importantes liées aux rythmes de respiration et de photosynthèse. La transparence permet d'apprécier la turbidité de l'eau mais peut être faussée par la remise en suspension des sédiments lors de fortes pluies. La turbidité dépend en grande partie de la quantité de nutriments, plus particulièrement de phytoplancton, présente dans l'eau. La dureté et la conductivité sont des paramètres relativement stables dans le temps et l'espace qui permettent d'évaluer la minéralisation de l'eau et le degré de fertilité de l'étang (Clément, 1986; Lambert-Servien, 1995; Barbe *et al.*, 2000; Soumassière *et al.*, 2000; Otto-Bruc, 2001; Prompt et Guillerme, 2011).

III.3. Protocole d'inventaire de la végétation des étangs piscicoles

III.3.1. Matériel biologique inventorié

Il n'existe pas de méthode d'évaluation de la biodiversité standardisée pour les eaux stagnantes. Généralement, une méthode est plus complète si elle prend en compte au moins un groupe animal et un groupe végétal. Néanmoins, ce contexte nécessitant une bioévaluation rapide des étangs piscicoles, les macrophytes peuvent être utilisés seuls car ils présentent l'avantage d'être immobiles et peuvent pour la plupart être identifiés au niveau spécifique sur le terrain (Biggs *et al.*, 2002 ; Del Pozo *et al.*, 2010). De plus, il est admis que la végétation joue un rôle direct dans la diversité faunistique car une grande diversité floristique est indicatrice d'une grande diversité d'habitats (Oertli *et al.*, 2002 ; Broyer *et al.*, 2009).

L'inventaire est donc basé sur les macrophytes et leurs associations. Les macrophytes sont les végétaux aquatiques ou subaquatiques visibles à l'œil nu : Bryophytes, Ptéridophytes, Spermaphytes et algues macroscopiques. Trois formes de croissance des macrophytes sont distinguées : les hydrophytes, végétaux réellement aquatiques, les amphiphytes, végétaux amphibies qui se différencient avec la profondeur de l'eau, et les héliophytes, végétaux qui ont besoin de beaucoup d'humidité pour se développer (Holmes et Whitton, 1977 *in* Hauray *et al.*, 2000). Les espèces végétales autres que macrophytes (saules, bourdaines, ronces...) sont également inventoriées mais ne seront pas prises en compte dans l'analyse des données.

III.3.2. Méthode des quadrats sur transects

La méthode des quadrats sur transects est fréquemment utilisée pour l'inventaire floristique des étangs (Oertli *et al.*, 2000 ; Auderset Joye *et al.*, 2006 ; Jousset, 2007 ; Indermuehle *et al.*, 2010). Chaque quadrat réalisé correspond à un type d'habitat rencontré, cette méthode étant celle qui permet d'identifier le plus d'espèces pour un temps donné (Croft et Chow-Fraser, 2009). Les transects sont un mode de représentation spatiale qui correspond bien à l'analyse des ceintures végétales d'étang car ils permettent de visualiser la succession végétale en fonction d'un gradient hydraulique (Clément, 1986). Ils sont donc placés perpendiculairement aux berges, de la limite la plus haute de l'étang où il peut potentiellement y avoir de l'eau jusqu'au centre de l'étang. Pour un étang, 3 transects sont réalisés au minimum : deux perpendiculaires aux berges et un dans la queue d'étang. Un transect supplémentaire est réalisé par tranche de 5 ha dans les grands étangs. Dans les zones profondes, un sondage par râteau télescopique est réalisé suivant le protocole « points-contact » proposé par Dutartre et Bertrin (2009). Ce sondage est réalisé sur ou en dehors des transects, de manière aléatoire.

Sur chacun des transects, des quadrats de 1 m x 1 m sont placés dans chaque zone homogène rencontrée (Figure 1). Dans chaque quadrat, les taxons sont déterminés au niveau spécifique, et leur abondance en pourcentage de recouvrement est notée. Le recouvrement correspondant à la projection au sol, il est possible d'obtenir un total des recouvrements supérieur à 100%.



Figure 3 : Exemples photographiques d'un transect et de deux quadrats réalisés sur un étang

Chaque quadrat est photographié, et la granulométrie du substrat, l'humidité ou la profondeur de l'eau, l'épaisseur des sédiments meubles et les pourcentages de sol nu et d'eau libre sont estimés. La fiche d'inventaire est présentée en Annexe 3.

En plus de l'inventaire sur transects, un inventaire hors transects est réalisé. Les nouvelles espèces rencontrées sont ajoutées à la liste floristique afin qu'elle soit la plus exhaustive possible. Un tour complet de l'étang par l'intérieur et/ou par l'extérieur est effectué, ce qui permet d'identifier les principales formations végétales rencontrées. Le recouvrement des principaux groupements de végétation et des espèces dont la présence est particulièrement importante est estimé afin de réaliser une cartographie de la végétation.

Les espèces qui ne peuvent pas être déterminées sur le terrain ou pour lesquelles il subsiste un doute sont échantillonnées et déterminées ultérieurement en laboratoire avec l'aide du Professeur Jacques Hauray d'Agrocampus Ouest, ou confiées à un spécialiste (le Docteur Elisabeth Lambert de l'UCO d'Angers, spécialiste des Characées). Les Bryophytes doivent être séchées à l'air libre et les hydrophytes conservés dans de l'alcool à 60%, les autres espèces (terrestres) sont mises sous presse.

Ce protocole est appliqué aux étangs, aux centres d'allotement ainsi qu'aux plans d'eau d'agrément, bien que pour la plupart d'entre eux les transects n'aient pas pu être réalisés car la ceinture de végétation des berges représentait moins d'1 m de largeur.

III.4. Analyse des données

La valeur écologique de chaque étang ou plan d'eau est évaluée en fonction des espèces d'intérêt (rares, menacées et/ou protégées) rencontrées et du nombre total de macrophytes et d'habitats inventoriés. Plus la diversité d'espèces (notamment d'espèces rares) et d'habitats est importante, plus la valeur écologique est grande.

Les statistiques (réalisées à l'aide du logiciel R 3.0.2) sont utilisées afin de déterminer quelles variables ont une influence significative sur la composition floristique des étangs. Pour cela, une Analyse en Composantes Principales (ACP) (en utilisant le « package » ADE4), ainsi que des tests paramétriques et non paramétriques sont réalisés.

De plus, une analyse non-inférentielle a été réalisée à l'aide du progiciel ECHO (Godron, 2012). Cette analyse permet de calculer la biodiversité locale de chaque étang à partir des fréquences des espèces de macrophytes dans chaque étang. L'indice de biodiversité est donné par la formule de Brillouin : $I = \log_2 1/P$, où P est la probabilité de trouver la distribution des fréquences observées de chaque espèce. Ensuite, une autre fonction de ce progiciel détermine la liaison existant entre les degrés de biodiversité des étangs et chacun des caractères observés pour chaque étang (Godron, 2012).

IV. RESULTATS

IV.1. Résultats botaniques et phytosociologiques

IV.1.1. Place des étangs dans la biodiversité régionale

Au total, nos inventaires ont permis de recenser 550 espèces végétales, dont 274 macrophytes, dont 240 macrophytes vasculaires (hors algues et Bryophytes) dont 227 macrophytes vasculaires indigènes (hors espèces exotiques envahissantes). Ces espèces sont toutes présentes dans les étangs, c'est-à-dire que nous n'avons pas rencontré de nouveaux macrophytes lors de l'inventaire des autres types de plans d'eau.

Dans l'ensemble des Pays de la Loire, 414 espèces de macrophytes vasculaires ont été recensées dans la « Liste rouge régionale des plantes vasculaires rares et/ou menacées en Pays de la Loire » du Conservatoire Botanique National de Brest – antenne régionale des Pays de la Loire (Lacroix *et al.*, 2008). Parmi ces espèces, 172 (42%) sont considérées comme rares et/ou menacées et parmi elles, 23 (5,6%) sont considérées comme éteintes dans la région. De plus 79 (19%) de ces macrophytes vasculaires sont protégés.

Pour comparer le nombre de macrophytes que nous avons rencontrés dans les étangs au nombre de macrophytes présents dans les Pays de la Loire, nous ne considérerons pas les 23 espèces éteintes ni les 34 macrophytes de milieux salés ou saumâtres. Il y a donc 357 macrophytes vasculaires d'eau douce présents actuellement dans les Pays de la Loire. Le Tableau 2 compare le nombre de macrophytes recensés dans les étangs de l'étude par rapport aux 357 macrophytes d'eau douce présents dans la région.

Tableau 2 : Proportion de macrophytes recensés dans les étangs inventoriés par rapport à l'ensemble des macrophytes de milieux humides ou aquatiques d'eau douce rencontrés dans les Pays de la Loire

Espèces recensées	Etangs inventoriés dans cette étude	Tous milieux humides ou aquatiques (eaux douces) des Pays de la Loire	Proportion étangs/tous milieux humides ou aquatiques
Nombre de macrophytes	227	357	63,7%
Nombre d'hydrophytes	32	39	82,1%
Nombre d'amphiphytes	25	36	69,4%
Nombre d'hélophytes	170	282	60,3%

Les inventaires botaniques des étangs ont donc permis de recenser 227 macrophytes sur les 357, soit 63,7% des macrophytes d'eau douce présents en Pays de la Loire. Parmi les espèces non retrouvées, 3 sont spécifiques des cours d'eau, une est spécifique des estuaires et 29 sont spécifiques des tourbières.

Sur les 39 hydrophytes présents dans les Pays de la Loire, nous en avons recensés 32 (82,1%), sachant que les 7 espèces non retrouvées sont toutes des espèces rares et/ou menacées (considérées en danger critique d'extinction, en danger d'extinction ou vulnérables) sauf une qui est une espèce de d'eaux fortement eutrophisées. De même, sur les 36 amphiphytes présents dans les Pays de la Loire, nous en avons recensé 25 (69,4%), sachant que les 11 espèces non retrouvées sont toutes des espèces rares et/ou menacées (considérées en danger critique d'extinction, en danger

d'extinction, vulnérables ou quasi-menacées). De plus, deux de ces espèces sont spécifiques des cours d'eau. C'est donc parmi les héliophytes que nous avons le plus de lacunes, nous en recensons 170 sur les 282 (60,3%). Il manque notamment les espèces de tourbières et d'estuaires, et un certain nombre d'espèces de prairies humides ou de sous-bois humides qui ne sont pas forcément des milieux liés aux étangs.

IV.1.2. Espèces protégées, rares et/ou menacées

Parmi les 274 macrophytes inventoriés dans notre étude, 2 sont protégés dans l'ensemble de l'Union Européenne, 6 sont protégés sur l'ensemble du territoire national, 8 sont protégés dans la région des Pays de la Loire, un est protégé dans les départements de la Loire-Atlantique et de la Mayenne, 28 sont rares et/ou menacés dans la région et 43 sont considérées comme des taxons « déterminants » dans les Pays de la Loire (Tableaux 3, 4 et 5).

Tableau 3 : Espèces protégées relevées dans les étangs (d'après Lacroix *et al.*, 2008)

Statut	Espèce	Nombre d'étangs où elle a été observée
Protection européenne dans l'Union (PE)	<i>Luronium natans</i> (L.) Raf.	6 (7,3%)
	<i>Trapa natans</i> L.	6 (7,3%)
Protection nationale française (PN)	<i>Gratiola officinalis</i> L.	7 (8,5%)
	<i>Littorella uniflora</i> (L.) Asch.	13 (15,9%)
	<i>Pilularia globulifera</i> L.	1 (1,2%)
	<i>Pulicaria vulgaris</i> Gaernt	2 (2,4%)
	<i>Ranunculus lingua</i> L.	3 (3,7%)
	<i>Ranunculus ophioglossifolius</i> Vill.	1 (1,2%)
Protection régionale en Pays de la Loire (PR)	<i>Calamagrostis canescens</i> (Weber) Roth	1 (1,2%)
	<i>Carex lasiocarpa</i> Ehrh.	2 (2,4%)
	<i>Ceratophyllum submersum</i> L.	1 (1,2%)
	<i>Exaculum pusillum</i> (Lam.) Caruel	2 (2,4%)
	<i>Inula britannica</i> L.	1 (1,2%)
	<i>Najas minor</i> All.	13 (15,9%)
	<i>Nymphoides peltata</i> (S.G.Gmel.) Kuntze	1 (1,2%)
	<i>Thysselinum lancifolium</i> (Hoffmanns. & Link) Calest.	1 (1,2%)
Protection départementale en Loire-Atlantique et en Mayenne (PD)	<i>Osmunda regalis</i> L.	6 (7,3%)

La plupart des espèces protégées sont très peu fréquentes dans les étangs inventoriés (une à 3 observations). Néanmoins la Littorelle des lacs (*Littorella uniflora*) et la Petite Naiade (*Najas minor*) sont présentes dans environ 15% des étangs ; et la Gratiolle officinale (*Gratiola officinalis*), le Flûteau nageant (*Luronium natans*), l'Osmonde royale (*Osmunda regalis*) et la Châtaigne d'eau (*Trapa natans*) sont présents dans environ 8% des étangs inventoriés.

Tableau 4 : Espèces rares et/ou menacées dans les Pays de la Loire relevées dans les étangs (d'après Lacroix et al., 2008 et Le Bail et al., 2012)

Statut	Espèce	Nombre d'étangs où elle a été observée
En danger d'extinction (An. 3 = EN)	<i>Isolepis cernua</i> (Vahl) Roem. & Schult.	1 (1,2%)
	<i>Nitellopsis obtusa</i> (Desv.) Groves	3 (3,7%)
	<i>Ranunculus circinatus</i> Sibth.	1 (1,2%)
Vulnérable (An. 4 = VU)	<i>Chara braunii</i> Gmelin	5 (6,1%)
	<i>Chara contraria</i> A.Braun	2 (2,4%)
	<i>Chara delicatula</i> Ag.	3 (3,7%)
	<i>Elatine hexandra</i> (Lapierre) DC.	28 (34,1%)
	<i>Eleocharis ovata</i> (Roth) Roem. & Schult.	7 (8,5%)
	<i>Epilobium palustre</i> L.	5 (6,1%)
	<i>Groenlandia densa</i> (L.) Fourr.	1 (1,2%)
	<i>Juncus pygmaeus</i> Rich. Ex Thuill.	4 (4,9%)
	<i>Limosella aquatica</i> L.	1 (1,2%)
	<i>Nitella mucronata</i> (A.Braun) F.Miquel	3 (3,7%)
	<i>Nitella tenuissima</i> (Desv.) Kütz.	1 (1,2%)
	<i>Potamogeton gramineus</i> L.	16 (19,5%)
	<i>Potamogeton obtusifolius</i> Mert. & W.D.J.Koch	6 (7,3%)
	<i>Potamogeton pusillus</i> L.	10 (12,2%)
	<i>Ranunculus omiophyllus</i> Ten.	1 (1,2%)
<i>Zannichellia palustris</i> L.	14 (17,1%)	
Quasi-menacée (An. 5 = NT)	<i>Baldellia ranunculoides</i> (L.) Parl.	35 (42,7%)
	<i>Carex pulicaris</i> L.	1 (1,2%)
	<i>Carex rostrata</i> Stokes	1 (1,2%)
	<i>Juncus subnodulosus</i> Schrank	2 (2,4%)
	<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.	1 (1,2%)
	<i>Persicaria minor</i> (Huds.) Opiz	5 (6,1%)
	<i>Potamogeton berchtoldii</i> Fieber	14 (17,1%)
	<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	6 (7,3%)
	<i>Thysselinum palustre</i> (L.) Hoffm.	1 (1,2%)

Nous n'avons relevé aucune espèce considérée comme éteinte ou en danger critique d'extinction. Les espèces en danger d'extinction sont peu nombreuses et peu fréquentes dans les étangs inventoriés (1 à 3 observations). Les espèces vulnérables et quasi-menacées sont plus nombreuses et assez fréquentes pour certaines : la Baldellie fausse renoncule (*Baldellia ranunculoides*) est présente dans plus de 40% des étangs, l'Elatine à six étamines (*Elatine hexandra*) dans environ 35%, le Potamot graminée (*Potamogeton gramineus*) dans environ 20%, le Potamot de Berchtold (*Potamogeton berchtoldii*) la Zannichellie des marais (*Zannichellia palustris*) dans environ 17% des étangs inventoriés.

Toutes les espèces patrimoniales présentées ci-dessus sont des macrophytes, mais nous avons également rencontré une espèce vulnérable qui n'est pas spécifique des milieux humides ou aquatiques, le Chénopode des villages (*Chenopodium urbicum*).

Tableau 5 : Espèces déterminantes dans les Pays de la Loire relevées dans les étangs (d'après la Liste des espèces floristiques déterminantes en Pays de la Loire de la DREAL, 2009)

Statut	Espèce	Nombre d'étangs où elle a été observée
Déterminante	<i>Alopecurus aequalis</i> Sobol.	2 (2,4%)
	<i>Berula erecta</i> (Huds.) Coville	1 (1,2%)
	<i>Bidens cernua</i> L.	45 (54,9%)
	<i>Bolboschoenus maritimus</i> (L.) Palla	1 (1,2%)
	<i>Callitriche hamulata</i> Kütze ex W.D.J.Koch	6 (7,3%)
	<i>Caltha palustris</i> L.	1 (1,2%)
	<i>Carex acutiformis</i> Ehrh	1 (1,2%)
	<i>Carex paniculata</i> L.	17 (20,7%)
	<i>Carex vulpina</i> L.	3 (3,7%)
	<i>Chrysosplenium oppositifolium</i> L.	2 (2,4%)
	<i>Cyperus fuscus</i> L.	9 (11%)
	<i>Eleocharis acicularis</i> (L.) Roem. & Schult.	26 (31,7%)
	<i>Eleocharis multicaulis</i> (Sm.) Desv.	10 (12,2%)
	<i>Equisetum telmateia</i> Ehrh.	1 (1,2%)
	<i>Eriophorum angustifolium</i> Honck.	1 (1,2%)
	<i>Galium uliginosum</i> L.	3 (3,7%)
	<i>Hottonia palustris</i> L.	4 (4,9%)
	<i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L.	6 (7,3%)
	<i>Hypericum elodes</i> L.	22 (26,8%)
	<i>Isolepis fluitans</i> (L.) R.Br.	10 (12,2%)
	<i>Juncus heterophyllus</i> Dufour	26 (31,7%)
	<i>Juncus tenageia</i> Ehrh. ex L.F.	1 (1,2%)
	<i>Laphangium luteoalbum</i> (L.) Tzvelev	3 (3,7%)
	<i>Leersia oryzoides</i> (L.) Sw.	21 (25,6%)
	<i>Ludwigia palustris</i> (L.) Elliott	18 (22%)
	<i>Myriophyllum alterniflorum</i> DC.	21 (25,6%)
	<i>Najas marina</i> L.	43 (52,4%)
	<i>Persicaria mitis</i> (Schrank) Assenov	7 (8,5%)
	<i>Potamogeton lucens</i> L.	8 (9,8%)
	<i>Potamogeton polygonifolius</i> Pourr.	15 (18,3%)
	<i>Potamogeton trichoides</i> Cham. & Schldl.	12 (14,6%)
	<i>Ranunculus hederaceus</i> L.	1 (1,2%)
	<i>Rorippa palustris</i> (L.) Besser	8 (9,8%)
	<i>Rorippa sylvestris</i> (L.) Besser	3 (3,7%)
	<i>Rumex maritimus</i> L.	12 (14,6%)
	<i>Rumex palustris</i> Sm.	1 (1,2%)
	<i>Sagittaria sagittifolia</i> L.	1 (1,2%)
	<i>Samolus valerandi</i> L.	1 (1,2%)
	<i>Scirpus sylvaticus</i> L.	11 (13,4%)
	<i>Thelypteris palustris</i> Schott	1 (1,2%)
	<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.	1 (1,2%)
<i>Veronica scutellata</i> L.	27 (32,9%)	

Certaines espèces « déterminantes » dans les Pays de la Loire sont très fréquentes dans les étangs inventoriés : c'est le cas du Bident penché (*Bidens cernua*) et de la Grande Naiade (*Najas marina*), présents dans plus de 50% des étangs. La Véronique à écussons (*Veronica scutellata*), le Scirpe épingle (*Eleocharis acicularis*) et le Jonc à feuilles variables (*Juncus heterophyllus*) sont présents dans plus de 30% des étangs inventoriés, donc également assez fréquents. De même, le Millepertuis des marais (*Hypericum elodes*), le Faux riz (*Leersia oryzoides*) et le Myriophylle à fleurs alternes (*Myriophyllum alterniflorum*) sont présents dans plus de 25% des étangs ; et la Ludwigie des marais

(*Ludwigia palustris*), la Laïche paniculée (*Carex paniculata*) et le Potamot à feuilles de renouées (*Potamogeton polygonifolius*) sont présents environ 20% des étangs inventoriés.

IV.1.3. Espèces exotiques envahissantes

Nous avons par ailleurs rencontré 22 espèces végétales exotiques dont 13 sont des macrophytes (Tableau 6 et 7).

Tableau 6 : Macrophytes exotiques envahissants relevés dans les étangs (d'après la Liste des plantes vasculaires invasives des Pays de la Loire de Dortel *et al.*, 2013)

Statut	Espèce	Nombre d'étangs où elle est observée
Espèces invasives avérées portant atteinte à la biodiversité avec impacts économiques	<i>Ludwigia grandiflora</i> (Michx.) Greuter & Burdet	4 (4,9%)
	<i>Ludwigia peploides</i> (Kunth) P.H.Raven	3 (3,7%)
Espèces invasives avérées portant atteinte à la biodiversité	<i>Bidens frondosa</i> L.	26 (31,7%)
	<i>Egeria densa</i> Planch.	2 (2,4%)
	<i>Lemna minuta</i> Kunth	23 (28%)
	<i>Lindernia dubia</i> (L.) Pennell	1 (1,2%)
	<i>Paspalum distichum</i> L.	1 (1,2%)
Espèces invasives potentielles	<i>Cyperus eragrostis</i> Lam.	1 (1,2%)
	<i>Epilobium ciliatum</i> Raf.	1 (1,2%)
Espèces à surveiller	<i>Bidens connata</i> Mull. ex Willd.	15 (18,3%)
	<i>Elodea canadensis</i> Michx.	3 (3,7%)
	<i>Juncus tenuis</i> Willd.	14 (17,1%)
Pas de statut	<i>Vallisneria spiralis</i> L.	1 (1,2%)

Parmi les espèces exotiques envahissantes, 4 sont fréquemment rencontrées dans les étangs piscicoles : le Bident à fruits noirs (*Bidens frondosa*) et la Lentille d'eau minuscule (*Lemna minuta*) dans 30% environ des étangs ; le Bident soudé (*Bidens connata*) et le Jonc fin (*Juncus tenuis*) dans 18% environ des étangs. Ces espèces ne forment pas de colonies monospécifiques dans les étangs inventoriés.

Les espèces réellement problématiques à la fois pour la pisciculture en étang et pour la biodiversité - car elles forment de grands tapis monospécifiques - sont les 2 Jussies (*Ludwigia grandiflora* et *Ludwigia peploides*). Elles sont présentes dans 7 étangs au total (ainsi qu'un centre d'allotement et un plan d'eau d'agrément), et la lutte contre ces espèces est indispensable.

Tableau 7 : Autres espèces exotiques envahissantes relevées dans les étangs (d'après la Liste des plantes vasculaires invasives des Pays de la Loire de Dortel *et al.*, 2013)

Statut	Espèce	Nombre d'étangs où elle est observée
Espèce invasive avérée portant atteinte à la biodiversité avec impacts économiques	<i>Cortaderia sellonana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	1 (1,2%)
Espèces invasives avérées portant atteinte à la biodiversité	<i>Reynoutria sp.</i> Houtt.	1 (1,2%)
	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	11 (13,4%)
Espèces invasives potentielles	<i>Erigeron sumatrensis</i> Retz.	2 (2,4%)
	<i>Prunus laurocerasus</i> L.	4 (4,9%)
Espèces à surveiller	<i>Erigeron bonariensis</i> L.	1 (1,2%)
	<i>Erigeron floribundus</i> (Kunth) Sch.Bip.	13 (15,9%)
	<i>Lepidium didymum</i> L.	1 (1,2%)
	<i>Rhus typhina</i> L.	2 (2,4%)

Les espèces exotiques qui ne sont pas spécifiques des lieux humides ou aquatiques sont assez nombreuses dans les étangs, et deux d'entre elles sont assez fréquentes : il s'agit de la Vergerette à fleurs nombreuses (*Erigeron floribundus*) et du Robinier faux acacia (*Robinia pseudoacacia*), présents dans 15% des étangs environ.

IV.1.4. Habitats naturels

Nous avons répertorié les habitats humides et non forestiers rencontrés dans et aux abords des étangs. Ils se regroupent en trois catégories selon les codes CORINE Biotopes : les eaux douces stagnantes (code 22, Tableau 8), les prairies humides et mégaphorbiaies (code 37, Tableau 9) et la végétation de ceinture des bords des eaux (code 53, Tableau 10). A certains de ces habitats correspondent des habitats Natura 2000, considérés comme étant d'intérêt communautaire en France.

Tableau 8 : Habitats des eaux douces stagnantes inventoriés dans les étangs (d'après CORINE Biotopes de Bissardon *et al.*, 1997 et le Cahier d'Habitats Humides Natura 2000 de Bardat *et al.*, 2001)

Habitats Natura 2000	Habitats CORINE Biotopes	Nombre d'étangs où il est observé
3110-1 Eaux stagnantes à végétation vivace oligotrophique planitiaire à collinéenne des régions atlantiques, des <i>Littorelletea uniflorae</i>	22.3111 Gazons de Littorelles	13 (15,9%)
	22.312 Gazons à <i>Eleocharis</i> en eaux peu profondes	27 (32,9%)
	22.313 Gazons des bordures d'étangs acides en eaux peu profondes	21 (25,6%)
	22.314 Gazons des berges tourbeuses en eaux peu profondes	35 (42,7%)
3130-4 Communautés annuelles oligotrophiques à mésotrophiques, de bas-niveau topographique, planitiales, d'affinités atlantiques, des <i>Isoeto-Juncetea</i>	22.321 Communautés à <i>Eleocharis</i>	17 (20,7%)
	22.3231 Gazons à <i>Juncus bufonius</i>	20 (24,4%)
	22.3232 Gazons à petits Souchets	5 (6,1%)
/	22.33 Groupements à <i>Bidens tripartitus</i>	43 (52,4%)
/	22.341 Petits gazons amphibies méditerranéens	2 (2,4%)
3150-2/3 Plans d'eau eutrophes avec dominance de macrophytes libres submergés ou de macrophytes libres flottant à la surface de l'eau	22.411 Couvertures de Lemnacées	56 (68,3%)
	22.412 Radeaux d'Hydrocharis	6 (7,3%)
	22.414 Colonies d'Utriculaires	11 (13,4%)
3150-1 Plans d'eau eutrophes avec végétation enracinée avec ou sans feuilles flottantes	22.421 Groupements de grands Potamots	12 (14,6%)
	22.422 Groupements de petits Potamots	56 (68,3%)
/	22.4311 Tapis de Nénuphars	40 (48,8%)
/	22.4312 Tapis de Châtaignes d'eau	6 (7,3%)
/	22.4313 Tapis de <i>Nymphoides</i>	1 (1,2%)
/	22.4314 Tapis de Potamot flottant	10 (12,2%)
/	22.4315 Tapis de Renouées	62 (75,6%)
/	22.432 Communautés flottantes des eaux peu profondes	56 (68,3%)
/	22.433 Groupements oligotrophes de Potamots	25 (30,5%)
3140-1/2 Communautés à characées des eaux oligo-mésotrophes basiques ou faiblement acides à faiblement alcalines	22.441 Tapis de <i>Chara</i>	25 (13,5%)
	22.442 Tapis de <i>Nitella</i>	11 (13,4%)

Les habitats des eaux douces stagnantes sont divers et fréquents pour certains dans les étangs inventoriés. Ces habitats sont souvent considérés comme patrimoniaux car ils subissent de fortes contraintes liés à l'assèchement de nombreuses zones humides.

Tableau 9 : Habitats des prairies humides et mégaphorbiaies inventoriés dans les étangs (d'après CORINE Biotopes de Bissardon *et al.*, 1997 et le Cahier d'Habitats Humides Natura 2000 de Bardat *et al.*, 2001)

Habitats Natura 2000	Habitats CORINE Biotopes	Nombre d'étangs où il est observé
6430-1 Mégaphorbiaies mésotrophes collinéennes	37.1 Communautés à Reine des prés et communautés associées	26 (31,7%)
/	37.217 Prairies à Jonc diffus	79 (93,3%)
/	37.219 Prairies à Scirpe des bois	12 (14,6%)
/	37.22 Prairies à Jonc acutiflore	38 (46,3%)
/	37.242 Pelouses à Agrostide stolonifère et Fétuque faux roseau	37 (45,1%)
/	37.312 Prairies acides à Molinie	27 (32,9%)
/	37.715 Ourlets riverains mixtes	50 (61,0%)

Les habitats des prairies humides et mégaphorbiaies sont assez peu nombreux aux abords des étangs, mais lorsqu'ils sont présents ils sont fréquents, en particulier les Prairies à Jonc diffus, qui constituent l'habitat naturel le plus fréquent aux abords des étangs inventoriés. Un seul de ces habitats est considéré comme ayant un intérêt patrimonial.

Tableau 10 : Habitats de végétation de ceinture des bords des eaux inventoriés dans les étangs (d'après CORINE Biotopes de Bissardon *et al.*, 1997)

Habitats CORINE Biotopes	Nombre d'étangs où il est observé
53.111 Phragmitaies inondées	12 (14,6%)
53.112 Phragmitaies sèches	21 (25,6%)
53.12 Scirpaies lacustres	19 (23,2%)
53.13 Typhaies	46 (56,1%)
53.141 Communautés de Sagittaires	9 (11,0%)
53.143 Communautés à Rubanier rameux	62 (75,6%)
53.146 Communautés d' <i>Oenanthe aquatica</i> et de <i>Rorippa amphibia</i>	51 (62,2%)
53.147 Communautés de Prêles d'eau	26 (31,7%)
53.14A Végétation à <i>Eleocharis palustris</i>	53 (64,3%)
53.15 Végétation à <i>Glyceria maxima</i>	13 (15,9%)
53.16 Végétation à <i>Phalaris arundinacea</i>	60 (73,2%)
53.211 Cariçaies à laîche distique	3 (3,7%)
53.2121 Cariçaies à laîche aigüe	9 (11,0%)
53.2122 Cariçaies à laîche des marais	1 (1,2%)
53.213 Cariçaies à <i>Carex riparia</i>	20 (24,4%)
53.2141 Cariçaies à <i>Carex rostrata</i>	1 (1,2%)
53.2142 Cariçaies à <i>Carex vesicaria</i>	48 (58,5%)
53.2151 Cariçaies à <i>Carex elata</i>	35 (42,7%)
53.216 Cariçaies à <i>Carex paniculata</i>	17 (20,7%)
53.218 Cariçaies à <i>Carex pseudocyperus</i>	51 (62,2%)
53.2191 Cariçaies à <i>Carex vulpina</i>	2 (2,4%)
53.2192 Cariçaies à <i>Carex cuprina</i>	4 (4,9%)
53.4 Bordure à <i>Calamagrostis</i> des eaux courantes	18 (22,0%)

Les habitats de végétation de ceinture des bords des eaux sont nombreux dans les étangs inventoriés, certains sont fréquents et d'autres plus beaucoup plus rares. Aucun de ces habitats n'est considéré comme ayant un intérêt patrimonial.

IV.2. Caractéristiques physico-chimiques, d'usages et de gestion, et phytoécologiques des étangs

IV.2.1. Caractéristiques physico-chimiques des étangs

Les caractéristiques physiques des étangs que nous avons prises en compte sont la surface, la connexion hydrographique, l'occupation du bassin versant et la roche mère. Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau que nous avons prises en compte sont la profondeur moyenne de l'eau, le pH, la conductivité et la transparence (turbidité) de l'eau. Le Tableau 11 présente la distribution des variables quantitatives, et les Figures 4, 5 et 6 présentent la distribution des variables qualitatives.

Tableau 11: Distribution des variables quantitatives représentant les caractéristiques physico-chimiques des étangs

Variabes	Valeur minimale	Valeur maximale	Moyenne
Surface de l'étang (ha)	0,3	75	12,9
Profondeur moyenne de l'eau (m)	0,6	3	1,4
pH de l'eau	5,5	9	7,8
Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	50	463	156
Transparence de l'eau (cm)	16	170	58

La taille des étangs peut varier fortement, allant de 0,3 ha à 75 ha ; en moyenne les étangs inventoriés sont plutôt grands (12,9 ha). La profondeur moyenne des étangs varie assez peu, ce sont toujours des plans d'eau peu profonds (1,4 m en moyenne). Le pH de l'eau varie peu également, il est généralement neutre à faiblement basique. La conductivité varie assez fortement d'un étang à l'autre suivant la richesse de l'eau. La transparence de l'eau varie également beaucoup, ce qui peut avoir un impact direct sur la végétation aquatique (lumière).

Distribution selon l'occupation du bassin versant

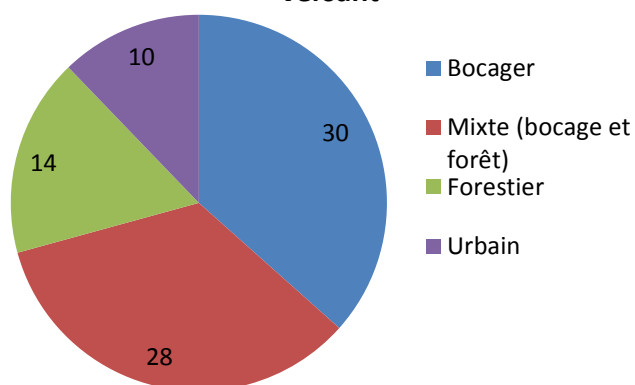


Figure 5 : Distribution des 82 étangs inventoriés selon l'occupation du bassin versant

Distribution selon la roche mère

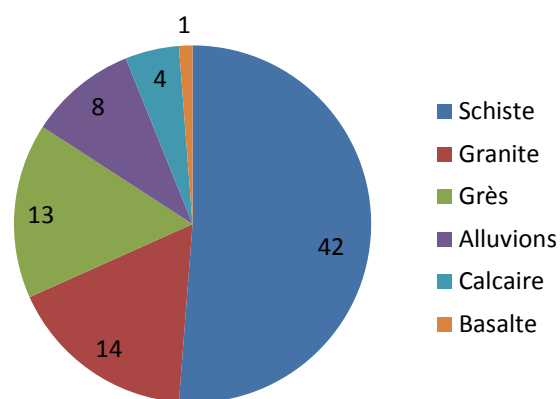


Figure 4 : Distribution des 82 étangs inventoriés selon la roche mère

Distribution selon le type de connexion hydrographique

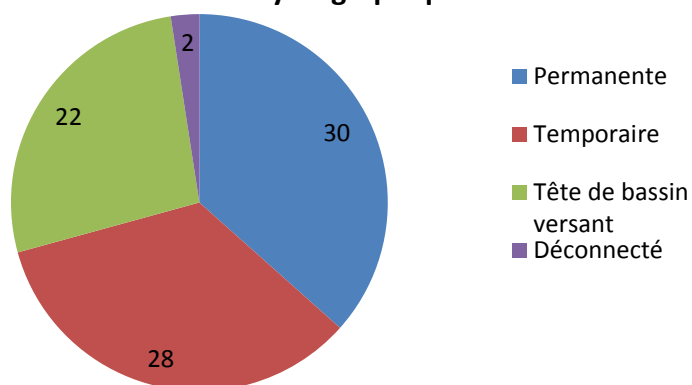


Figure 6 : Distribution des 82 étangs inventoriés selon le type de connexion hydrographique

70% des étangs inventoriés ont des bassins versants bocagers ou mixtes ; les étangs forestiers ou urbains sont moins fréquents.

Plus de la moitié des étangs inventoriés ont une roche mère schisteuse, ce qui correspond au type de roche mère le plus fréquent dans le massif armoricain. Environ 15% des étangs sont situés sur du granite, et 15 autres % sur du grès. Les étangs restants sont situés sur des alluvions, du calcaire ou du basalte.

70% des étangs inventoriés ont une connexion hydrographique permanente (cours d'eau permanent qui arrive dans l'étang) ou temporaire (cours d'eau temporaire qui arrive dans l'étang). Environ un quart des étangs sont situés en tête de bassin versant, c'est-à-dire qu'aucun cours d'eau n'arrive dans l'étang (celui-ci est alors alimenté uniquement par le ruissellement ou parfois par des sources). Enfin, seulement 2 étangs sont totalement déconnectés du réseau hydrographique (aucun cours d'eau n'arrive dans l'étang et aucun cours d'eau n'en part). A noter qu'il est rare que des étangs soient totalement déconnectés du réseau hydrographique, par contre cela est fréquent pour les centres d'allotement ainsi que pour les plans d'eau d'agrément.

IV.2.2. Caractéristiques d'usages et de gestion des étangs

Les caractéristiques d'usages des étangs que nous avons prises en compte sont leur âge, et leur exploitation ou utilisation pour la pisciculture, la pêche à la ligne, la chasse et la baignade (et autres loisirs nautiques). La Figure 7 présente la répartition des différentes activités sur les étangs.

74 étangs sur les 82, soit 90%, sont des étangs très anciens, au sens qu'ils figurent sur les cartes de Cassini datant du XVIII^e siècle, et ont donc été créés antérieurement à cette période. Les 8 autres étangs sont récents, ils ont été créés il y a moins de 40 ans. A noter que tous ces étangs (les anciens comme les récents) ont été créés pour produire du poisson (pisciculture), mais certains des anciens étangs ont aujourd'hui perdu cette vocation.

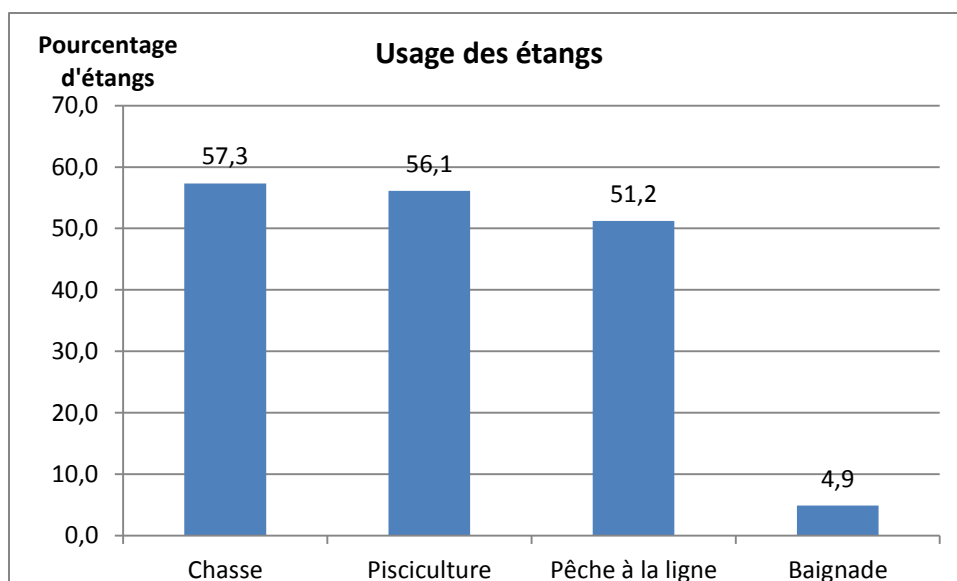


Figure 7 : Fréquences des différents types d'usages des 82 étangs inventoriés (exprimées en pourcentage)

Plus de la moitié des étangs ont des activités de chasse, de pisciculture et/ou de pêche à la ligne. Sur chaque étang, il y a toujours au moins l'une de ces 3 activités (excepté un étang sur lequel il n'y a aucune activité), et souvent plusieurs en parallèle. La baignade (et autres loisirs nautiques) reste une activité secondaire, et elle est toujours associée à des étangs de pêche à la ligne (sans pisciculture et sans chasse). Parmi les 46 étangs de pisciculture, 90% ont également de la chasse, et 24% ont également de la pêche à la ligne.

A noter que parmi ces 4 activités, seule la pisciculture est une activité économique et agricole, les trois autres étant des activités de loisirs. C'est également uniquement pour cette activité que les étangs ont été créés, les autres activités étant arrivées après la création des étangs. Cependant, d'autres plans d'eau sont aujourd'hui créés pour d'autres usages que la pisciculture, mais ce ne sont pas des étangs : les plans d'eau d'agrément sont créés pour la pêche à la ligne, les plans d'eau de carrière pour l'extraction des roches et minéraux, les réservoirs pour servir de retenues d'eau, les plans d'eau agricoles pour l'abreuvement des animaux, etc...

La pisciculture en étang est une activité d'élevage de plusieurs espèces de poissons d'eau douce. Dans chacun des étangs piscicoles inventoriés sont élevées de 2 à 8 espèces de poissons (4,4 en moyenne). Les espèces élevées sont présentées dans la Figure 8.

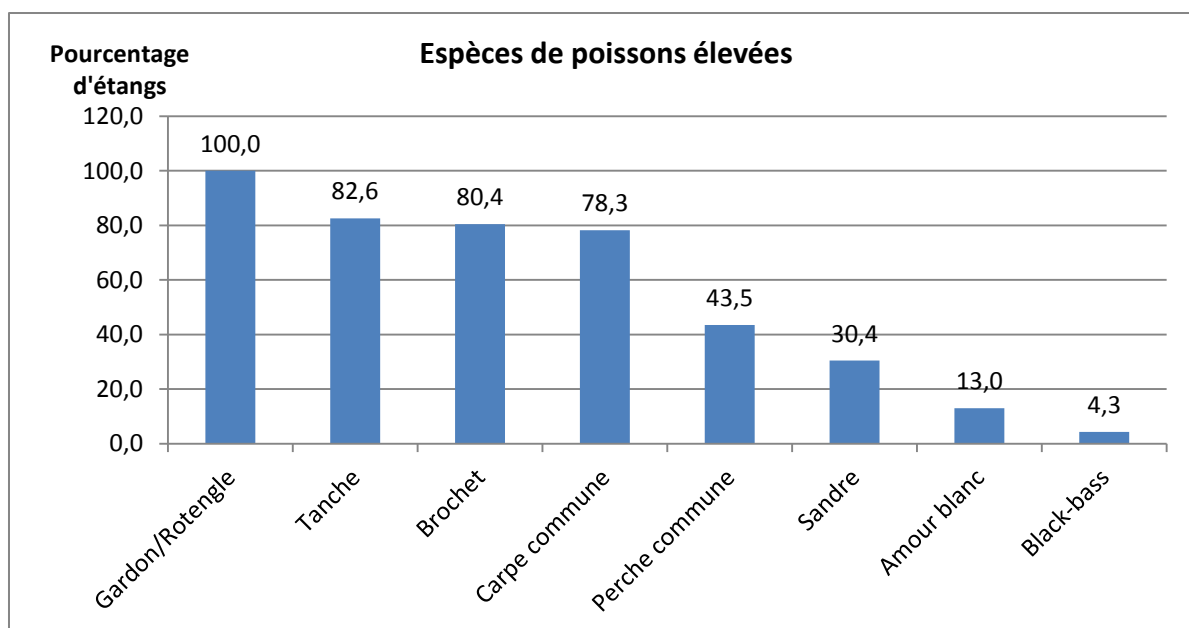


Figure 8 : Fréquence des différentes espèces de poissons élevées dans les 46 étangs piscicoles inventoriés (exprimées en pourcentage)

Tous les étangs piscicoles contiennent des Gardons (*Rutilus rutilus*) et/ou des Rotengles (*Scardinius erythrophthalmus*), les « poissons fourrages ». Environ 80% des étangs contiennent des Tanches (*Tinca tinca*), des Brochets (*Esox lucius*) et des Carpes communes (*Cyprinus carpio*). La Tanche et la Carpe sont des poissons fouisseurs, tandis que le Brochet est un carnassier, tout comme la Perche commune (*Perca fluviatilis*), le Sandre (*Sander lucioperca*) et le Black-bass (*Micropterus salmoides*). L'Amour blanc (*Ctenopharyngodon idella*) est un poisson herbivore, utilisé pour réguler des herbiers aquatiques trop importants.

D'autres poissons sont susceptibles d'être rencontrés dans les étangs, même s'ils n'y ont pas été introduits intentionnellement. C'est notamment le cas de deux espèces exotiques envahissantes, le Poisson chat (*Ameiurus melas*) et la Perche soleil (*Lepomis gibosus*).

Les caractéristiques de gestion des étangs que nous avons pris en compte sont la vidange régulière et sa fréquence (tous les 1 à 6 ans), le temps écoulé depuis la dernière vidange, la mise en assec récente (dans les 6 dernières années), l'entretien et l'aménagement des berges, et les apports de chaux, de fertilisants (fumier ou lisier) et de compléments alimentaires pour les poissons (céréales) (Figure 9).

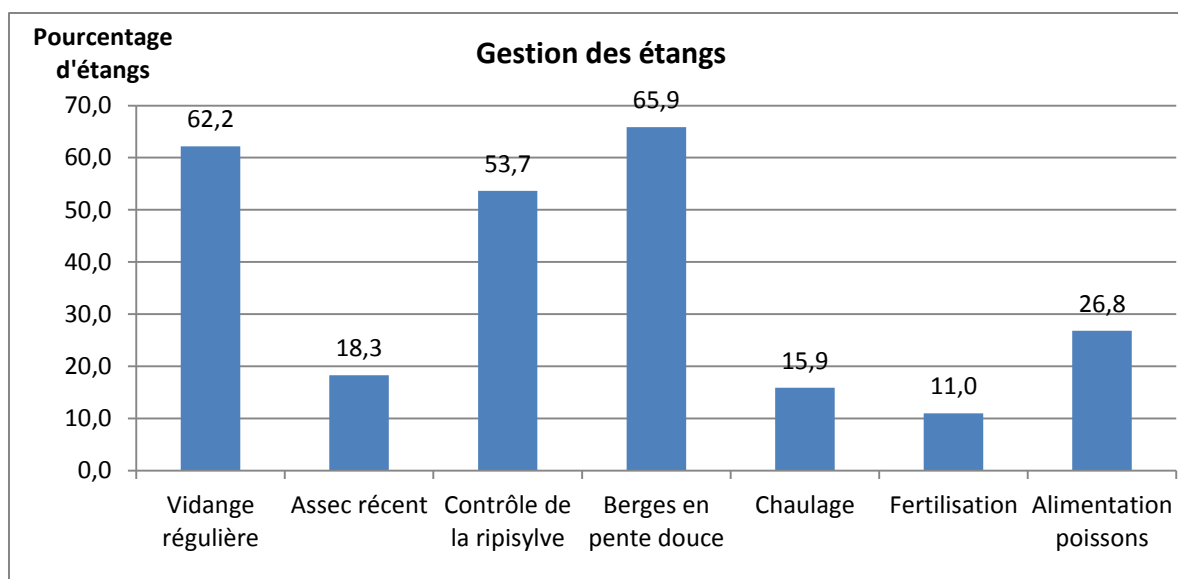


Figure 9 : Fréquences des différentes techniques de gestion utilisées dans les 82 étangs inventoriés (exprimées en pourcentage)

Plus de 60% des étangs sont vidangés régulièrement : ces étangs sont vidangés de tous les ans à tous les 6 ans, avec une moyenne de vidange tous les 1 à 2 ans. Parmi les 31 étangs non vidangés régulièrement, la date de la dernière vidange n'est pas connue pour 18 d'entre eux, et pour les 13 autres la dernière vidange a eu lieu il y a entre 4 et 38 ans, 21,7 ans en moyenne. Par ailleurs, 18% des étangs ont été mis en assec récemment (dans les 6 dernières années).

La ripisylve est entretenue dans plus de la moitié des étangs : en effet, contrôler le développement des saules et des aulnes sur les berges permet de conserver l'accès à l'étang et est donc nécessaire pour une bonne gestion. Les berges d'environ 65% des étangs sont en pente douce, ce qui est lié à la fois à la topographie, à l'origine de l'étang (créé en barrage de cours d'eau ou creusé) et à la variation des niveaux d'eau (dûe notamment à la vidange).

Environ 15% des étangs sont chaulés, des fertilisants organiques (lisier ou fumier) sont apportés dans environ 10% d'entre eux, et un complément alimentaire est apporté aux poissons dans environ 25% d'entre eux. A noter que les poissons se nourrissent « tous seuls » dans la majorité des systèmes, y compris en pisciculture.

Concernant les 46 étangs piscicoles, 100% sont vidangés (indispensable pour la gestion du poisson), avec une fréquence de 1,4 ans en moyenne, 30% ont été en assec récemment (sur les 15 étangs ayant été en assec récemment, 14 ont une vocation de pisciculture), la ripisylve est entretenue pour 65% d'entre eux, et les berges ont une pente douce pour 44% d'entre eux. Tous les étangs dans lesquels il y a des apports (chaux, fertilisants, complément alimentaires) sont des étangs de pisciculture.

IV.2.3. Caractéristiques phytoécologiques des étangs

Les caractéristiques phytoécologiques des étangs que nous avons retenues sont le nombre de macrophytes (qui peut être détaillé en nombre d'hélophytes, d'amphiphytes et d'hydrophytes –

Figure 10), le nombre d'espèces protégées, rares et/ou menacées (Figure 11), le nombre d'habitats naturels et la valeur de conservation des étangs.

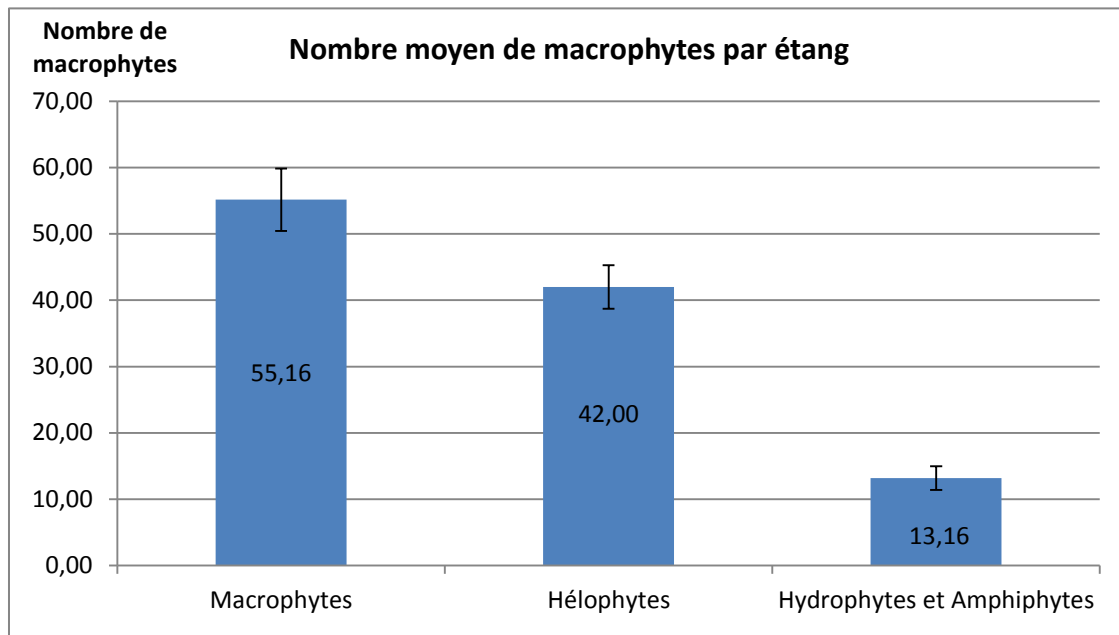


Figure 10 : Nombre moyen de macrophytes (détaillé en nombre d'hélophytes et en nombre d'hydrophytes et d'amphiphytes) dans les 82 étangs inventoriés, avec l'intervalle de confiance au seuil de 5%

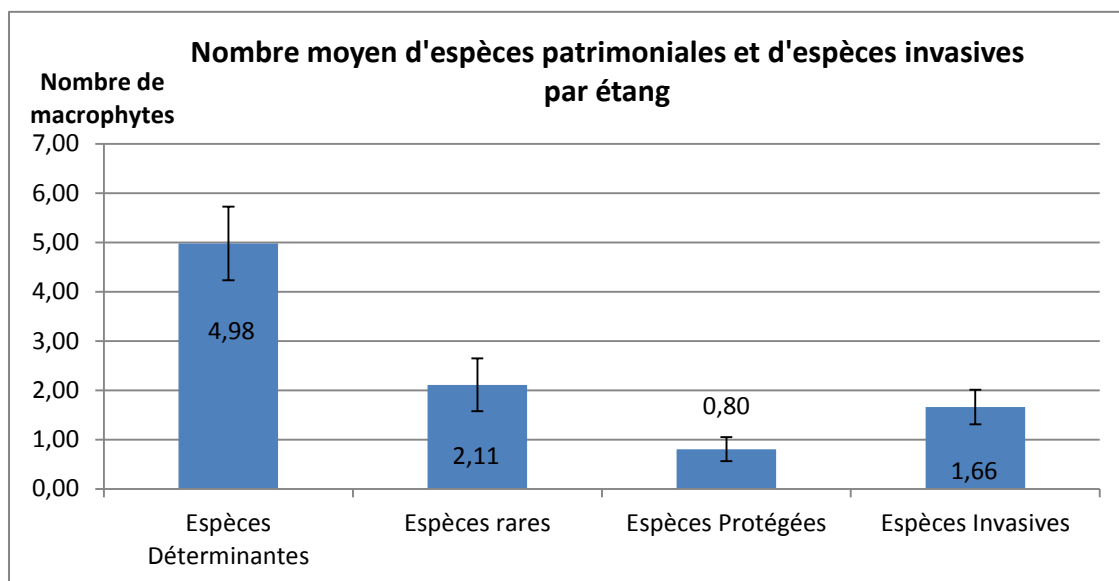


Figure 11 : Nombre moyen d'espèces déterminantes, rares et/ou menacées, protégées et invasives dans les 82 étangs inventoriés, avec l'intervalle de confiance au seuil de 5%

Dans chaque étang, il y a en moyenne 55 macrophytes, mais les valeurs sont très étalées, allant de 12 à 111 macrophytes. Parmi ces macrophytes, 42 en moyenne (de 10 à 78) sont des hélophytes et 13 en moyenne (de 2 à 32) sont des hydrophytes ou des amphiphytes.

Concernant les patrimoniales, il y a dans chaque étang en moyenne 5 espèces déterminantes (de 0 à 14), 2 rares et/ou menacées (de 0 à 11) et 0,8 protégées (de 0 à 4). De plus il y a 1,7 espèces invasives (de 0 à 6) dans chaque étang. La variabilité inter-étangs pour le nombre de macrophytes est donc très importante, et les valeurs sont très étalées.

Concernant les habitats (codes CORINE Biotopes), il y a 17,2 en moyenne habitats naturels dans chaque étang, mais les valeurs sont également très étalées, allant de 3 à 34 habitats.

La Valeur de Conservation des étangs (VC) est calculée comme étant la somme des scores de toutes les espèces végétales présentes dans un étang. La Valeur Moyenne de Conservation (VMC) correspond à la VC divisée par le nombre de macrophytes (Oertli *et al.*, 2002). Pour chaque espèce végétale, le score est attribué en fonction de critères liés à sa rareté, sa vulnérabilité, ou encore son potentiel invasif (Tableau 12). Pour chaque espèce, le critère retenu est celui qui donne (ou fait perdre) le plus de points.

Tableau 12 : Attributions des scores aux espèces végétales relevées (d'après Oertli *et al.*, 2002 et Williams *et al.*, 2004)

Critères retenus	Score
Espèce présumée éteinte en France (Ex)	20
Espèce présumée éteinte en Pays de la Loire (Ex)	18
Espèce protégée sur l'ensemble du territoire européen (PE)	16
Espèce protégée sur l'ensemble du territoire français (PN)	16
Espèce protégée dans les Pays de la Loire (PR)	14
Espèce protégée dans le département où elle a été relevée (PD)	12
Espèce prioritaire en France (LRN1)	12
Espèce en danger critique d'extinction dans les Pays de la Loire (CR)	10
Espèce en danger d'extinction dans les Pays de la Loire (EN)	8
Espèce vulnérable dans les Pays de la Loire (VU)	6
Espèce quasi-menacée dans les Pays de la Loire (NT)	4
Espèce à surveiller en France (LRN2)	2
Espèce déterminante en Pays de la Loire	2
Espèce protégée dans une autre région française	2
Espèce exotique potentiellement invasive ou à surveiller	-1
Espèce exotique portant atteinte à la biodiversité	-2
Espèce exotique portant atteinte à la biodiversité avec impacts économiques majeurs	-4
Autre macrophyte	1
Autre espèce	0

Il est ensuite possible de calculer la valeur écologique des étangs, en fonction de plusieurs critères : le nombre de macrophytes, le nombre d'habitats, le nombre d'espèces protégées, rares et/ou menacées et la « Valeur Moyenne de Conservation » (VMC). Ces critères sont présentés dans le Tableau 13.

Tableau 13 : Critères de classement des étangs inventoriés en catégories écologiques (d'après Aquilina, 2005)

Critères	Catégorie écologique
Macrophytes \geq 90 ou Habitats \geq 31 ou VMC \geq 1,8 ou Espèces protégées \geq 3 ou Espèces rares et/ou menacées \geq 5	Très Haute
Macrophytes \geq 70 ou Habitats \geq 23 ou VMC \geq 1,5 ou Espèces protégées \geq 2 ou Espèces rares et/ou menacées \geq 3	Haute
Macrophytes $<$ 70 et Habitats $<$ 23 et VMC $<$ 1,5 et Espèces protégées $<$ 2 et Espèces rares et/ou menacées $<$ 3	Intermédiaire
Macrophytes $<$ 50 et Habitats $<$ 15 et VMC $<$ 1,2 et aucune espèce protégée ou rare ou menacée	Basique
Macrophytes $<$ 30 et Habitats $<$ 7 et VMC $<$ 1 et aucune espèce protégée ou rare ou menacée ou déterminante	Dégradée

La Figure 12 indique avec quelle fréquence les 82 étangs sont classés dans les différentes catégories écologiques. Le détail du classement de chaque étang est présenté en Annexe 4.

Répartition en catégories écologiques

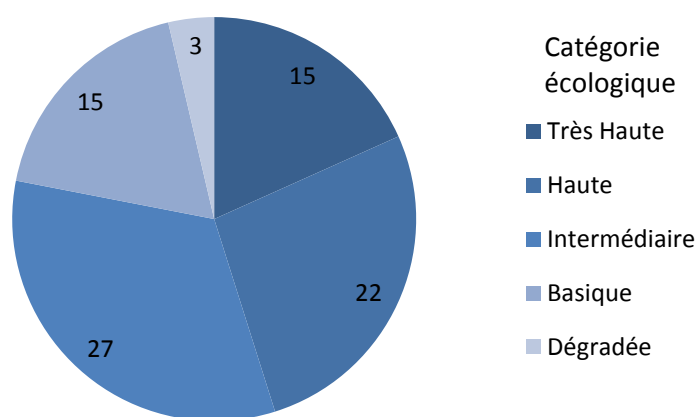


Figure 12 : Répartition des 82 étangs inventoriés en catégories écologiques, suivant les critères présentés dans les Tableau 13

Les étangs des catégories écologiques « Très Haute », « Haute » et « Intermédiaire », soit 78% des étangs inventoriés, présentent un intérêt en termes de biodiversité car ils contiennent au moins une espèce rare, menacée et/ou protégée. Seuls les étangs des catégories « Basique » et « Dégradée » ne présentent pas d'intérêt spécifique en termes de biodiversité.

18% des étangs sont classés en catégorie « Très Haute » et contiennent une biodiversité exceptionnelle, avec de nombreux habitats naturels, de nombreux macrophytes, donc beaucoup sont rares, menacés et/ou protégés. La plupart de ces étangs sont de grands étangs, 70% d'entre eux dépassent les 20 ha, et la surface moyenne est de 32 ha. Les 5 plus grands étangs de l'étude, mesurant respectivement 75 ha, 73 ha, 55 ha, 54 ha et 40 ha font partie de cette catégorie. La pisciculture est pratiquée dans 60% de ces étangs et ces 60% sont donc vidangés régulièrement, l'entretien de la ripisylve a lieu dans 93% de ces étangs, et 100% de ces étangs ont des berges en pente douce.

26% des étangs sont classés en catégorie « Haute », ils sont également riches en termes de biodiversité. La pisciculture est pratiquée dans 73% de ces étangs, plus de 80% de ces étangs sont

vidangés régulièrement, les berges sont entretenues dans 68% de ces étangs, et 86% de ces étangs ont des berges en pente douce.

La majorité des étangs (33%) est classée en catégorie « Intermédiaire » : ils contiennent généralement quelques espèces ou habitats d'intérêt patrimonial. 48% de ces étangs sont exploités pour la pisciculture, 55% sont vidangés régulièrement et leur ripisylve est entretenue, et 59% ont les berges en pente douce.

18% des étangs sont classés en catégorie « Basique », ils ne contiennent pas d'espèce ou d'habitat d'intérêt. 57% de ces étangs sont exploités pour la pisciculture et 64% sont vidangés régulièrement, mais seulement 29% ont des berges en pente douce et la ripisylve n'est entretenue pour aucun d'entre eux.

Les 3 étangs (3,7%) de la catégorie « Dégradée » sont des étangs complètement fermés par des arbres, très envasés, avec très peu d'espèces. Ce sont de tout petits étangs mesurant respectivement 1 ha, 0,6 ha et 0,3 ha. Aucun de ces étangs n'est exploité pour la pisciculture (et aucun n'est vidangé), 2 sont utilisés pour la pêche à la ligne, et aucune activité n'a lieu sur le dernier. Les ripisylves de ces étangs ne sont pas entretenues et leurs berges ont une pente abrupte.

IV.3. Influence des variables physico-chimiques, d'usages et de gestion sur la biodiversité des étangs

IV.3.1. Analyses en Composantes Principales

Une Analyse en Composantes Principales (ACP) sur données centrées-réduites a été réalisée à l'aide du logiciel R sur les variables quantitatives suivantes : le nombre d'hélophytes, le nombre d'hydrophytes et d'amphiphytes, la VMC, le nombre d'habitats naturels, la fréquence de la vidange, la surface, la profondeur, le pH, la conductivité et la transparence de l'eau. Cette ACP a été réalisée sur seulement 48 étangs car les données n'étaient pas complètes pour tous les étangs. La Figure 13 représente les variables sur les 3 premiers axes.

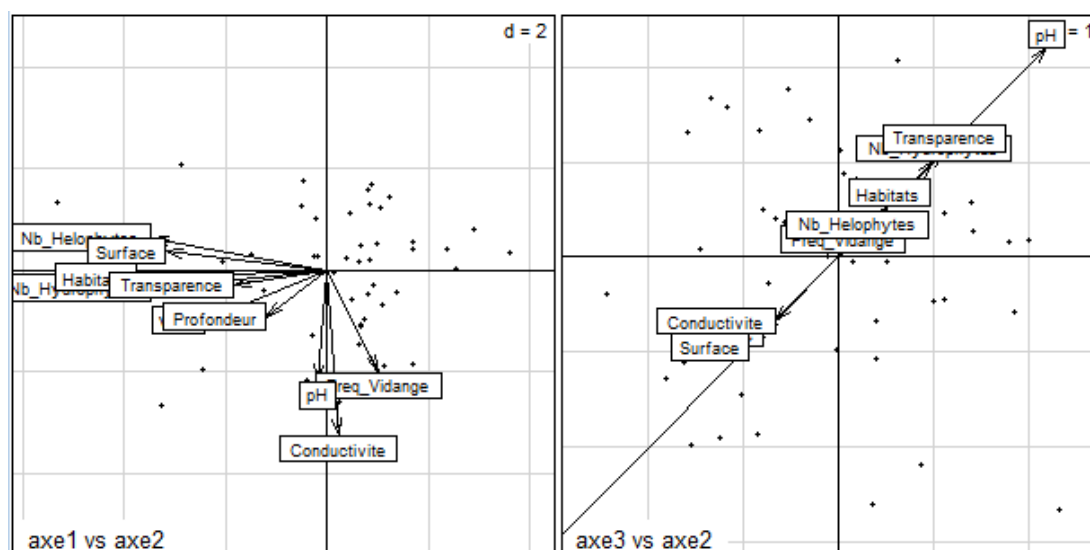


Figure 13 : Représentation graphique de l'Analyse en Composantes Principales sur les 3 premiers axes

Les 4 premiers axes expliquant plus de 70% de la variabilité, les autres axes ne seront pas pris en compte. L'axe 1 est principalement représenté par le nombre d'habitats (23,47%), le nombre d'hydrophytes (20,02%), le nombre d'hélophytes (19,90%), la surface de l'étang (16,87%), la VMC (9,79%), et dans une moindre mesure la transparence de l'eau (5,66%). Toutes les variables ont des coordonnées négatives. L'axe 2 est principalement représenté par la conductivité de l'eau (47,90%), le pH de l'eau (21,93%) et la fréquence de la vidange (18,39%). Toutes les variables ont des coordonnées négatives. L'axe 3 est principalement représenté par la profondeur moyenne de l'étang (52,42%) et le pH (24,53%), et dans une moindre mesure la transparence de l'eau (6,28%). Le pH et la transparence ont des coordonnées positives, et la profondeur a des coordonnées négatives. L'axe 4 est principalement représenté par la fréquence de la vidange (56,20%), le pH (20,18%), et dans une moindre mesure la surface de l'étang (8,42%). La fréquence de la vidange a des coordonnées positives, tandis que le pH et la surface de l'étang ont des coordonnées négatives.

L'axe 1 exprime la corrélation des variables de biodiversité (nombre d'habitats, nombre d'hydrophytes, nombre d'hélophytes et VMC) entre elles, ainsi qu'avec la surface de l'étang. Il exprime également une plus faible corrélation de ces variables avec la transparence de l'eau. L'axe 2 exprime la corrélation entre la chimie de l'eau (conductivité, pH) et la fréquence de la vidange. En fait, les étangs vidangés fréquemment ont souvent des apports de chaux et de fertilisants organiques pouvant jouer sur le pH et la conductivité. L'axe 3 indique une opposition de la profondeur moyenne de l'étang avec le pH et la transparence de l'eau. L'axe 4 exprime une opposition de la fréquence de la vidange avec le pH et la surface de l'étang. Cependant, ces deux derniers axes n'expliquent chacun que 10% de la variabilité, ce sont donc des corrélations très faibles.

IV.3.2. Tests sur les variables qualitatives

Nous avons ensuite réalisé à l'aide du logiciel R des tests de Student et de Kruskal et Wallis de comparaison des moyennes sur le nombre d'hélophytes, le nombre d'hydrophytes et d'amphiphytes, le nombre d'habitats et la valeur moyenne de conservation pour les variables qualitatives des caractéristiques physiques, d'usages et de gestion des étangs. Les résultats des tests paramétriques de Student pour les variables bimodales sont présentés dans les Tableaux 14 et 15 et les résultats des tests non-paramétriques de Kruskal et Wallis pour les variables ayant plus que deux modalités sont présentés dans le Tableau 16.

Concernant les Amours blancs (*Ctenopharyngodon idella*), ils sont parfois considérés comme ayant une influence négative sur la végétation aquatique : c'est ce que nous voulons déterminer. Seuls les étangs piscicoles seront considérés pour cette variable, car l'empoisonnement des étangs non gérés par des pisciculteurs professionnels n'est pas ou mal connu. Dans les étangs piscicoles considérés, l'empoisonnement en Amours blancs ne dépasse pas les 40 kg/ha.

Concernant la connexion hydrographique, certains SAGE (Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux) considèrent que les étangs situés en barrages de cours d'eau ne seraient pas favorables à la biodiversité. Les deux étangs « déconnectés », trop peu nombreux pour former un échantillon, sont testés dans le même échantillon que les étangs en tête de bassin versant.

Tableau 14 : Résultats des tests de Student de comparaison des moyennes sur le nombre d'hélophytes, le nombre d'hydrophytes, le nombre d'habitats et la VMC des 82 étangs inventoriés pour différentes variables bimodales d'usage

Variable	Test sur	Moyennes	Résultat du test
Age de l'étang	Nb hélophytes	Ancien : 43,1 ; Récent : 32,3	p.valeur = 0,01808 *
	Nb hydrophytes	Ancien : 13,3 ; Récent : 11,9	p.valeur = 0,5689 NS
	Nb habitats	Ancien : 17,6 ; Récent : 14,0	p.valeur = 0,08582NS
	VMC	Ancien : 1,42 ; Récent : 1,50	p.valeur = 0,7201NS
Propriété	Nb hélophytes	Privée : 43,5 ; Publique : 39,2	p.valeur = 0,235NS
	Nb hydrophytes	Privée : 14,7 ; Publique : 10,2	p.valeur = 0,01363 *
	Nb habitats	Privée : 18,3 ; Publique : 15,2	p.valeur = 0,07988 NS
	VMC	Privée : 1,46 ; Publique : 1,37	p.valeur = 0,2478 NS
Pisciculture	Nb hélophytes	Oui : 43,2 ; Non : 40,5	p.valeur = 0,442 NS
	Nb hydrophytes	Oui : 14,8 ; Non : 10,9	p.valeur = 0,0284 *
	Nb habitats	Oui : 18,3 ; Non : 15,9	p.valeur = 0,1556 NS
	VMC	Oui : 1,47 ; Non : 1,36	p.valeur = 0,1349 NS
Chasse	Nb hélophytes	Oui : 42,8 ; Non : 41,0	p.valeur = 0,6059 NS
	Nb hydrophytes	Oui : 15,0 ; Non : 10,6	p.valeur = 0,01328 *
	Nb habitats	Oui : 18,4 ; Non : 15,5	p.valeur = 0,08091 NS
	VMC	Oui : 1,48 ; Non : 1,36	p.valeur = 0,1134 NS
Pêche à la ligne	Nb hélophytes	Oui : 41,2 ; Non : 42,9	p.valeur = 0,6253 NS
	Nb hydrophytes	Oui : 10,8 ; Non : 15,6	p.valeur = 0,007233 *
	Nb habitats	Oui : 16,2 ; Non : 18,3	p.valeur = 0,1974 NS
	VMC	Oui : 1,38 ; Non : 1,49	p.valeur = 0,1599 NS

Légende : *significatif au seuil de 5%, **significatif au seuil de 5%, ***significatif au seuil de 5‰ et au-delà, NS non significatif au seuil de 5%, VMC = Valeur Moyenne de Conservation

Les résultats indiquent que les étangs anciens présentent significativement plus d'hélophytes que les étangs récents. De plus, il semblerait que les étangs anciens présentent plus d'habitats que les étangs récents (cette tendance n'est pas significative au seuil de 5%, mais elle l'est au seuil de 10% : p.valeur < 0,1). Par contre, les étangs anciens ne présentent pas significativement plus d'hydrophytes et n'ont pas une VMC plus forte que les étangs récents. Les étangs récents ont été creusés, tandis que les étangs anciens ont été créés en barrant un cours d'eau : les étangs récents ont donc généralement des berges plus abruptes et des ceintures d'hélophytes moins développées.

Les étangs à vocation de pisciculture, les étangs privés et les étangs utilisés pour la chasse présentent significativement plus d'hydrophytes que les étangs sans vocations de pisciculture, les étangs publics et les étangs non utilisés pour la chasse, respectivement. En fait, ce sont globalement les mêmes étangs qui sont piscicoles, privés et utilisés pour la chasse : tous les étangs piscicoles sont privés et 87% des étangs privés sont piscicoles ; de même, tous les étangs de chasse sont privés et 90% des étangs privés sont utilisés pour la chasse ; enfin, 90% des étangs piscicoles sont utilisés pour la chasse et réciproquement. Il semblerait également que ces étangs présentent plus d'habitats que les autres (cette tendance n'est pas significative au seuil de 5%, mais elle l'est au seuil de 10% : les p.valeurs sont inférieures à 0,1%).

Au contraire, les étangs dans lesquels il y a de la pêche à la ligne présentent significativement moins d'hydrophytes que les autres. Ces étangs s'opposent au groupe d'étangs privés/piscicoles/de chasse :

ils sont publics dans 62% des cas, n'ont pas de vocation piscicole dans 74% des cas et n'ont pas d'utilisation pour la chasse dans 67% des cas.

Tableau 15 : Résultats des tests de Student de comparaison des moyennes sur le nombre d'hélophytes, le nombre d'hydrophytes, le nombre d'habitats et la VMC des 82 étangs inventoriés pour différentes variables bimodales de gestion

Variable	Test sur	Moyennes	Résultat du test
Vidange régulière	Nb hélophytes	Oui : 43,2 ; Non : 40,1	p.valeur = 0,4016 NS
	Nb hydrophytes	Oui : 14,3 ; Non : 11,2	p.valeur = 0,09039 NS
	Nb habitats	Oui: 18,2 ; Non : 15,5	p.valeur = 0,1271 NS
	VMC	Oui : 1,46 ; Non : 1,37	p.valeur = 0,2519 NS
Assec récent	Nb hélophytes	Oui : 42,5 ; Non : 41,9	p.valeur = 0,4016 NS
	Nb hydrophytes	Oui : 14,4 ; Non : 12,8	p.valeur = 0,5152 NS
	Nb habitats	Oui: 17,3 ; Non : 17,2	p.valeur = 0,9428 NS
	VMC	Oui : 1,42 ; Non : 1,43	p.valeur = 0,9012 NS
Entretien de la ripisylve	Nb hélophytes	Oui : 47,0 ; Non : 36,2	p.valeur = 0,0009996 **
	Nb hydrophytes	Oui : 16,9 ; Non : 8,8	p.valeur = 1,308e-06 ***
	Nb habitats	Oui: 20,5 ; Non : 13,4	p.valeur = 6,192e-06 ***
	VMC	Oui : 1,61 ; Non : 1,20	p.valeur = 9,194e-08 ***
Profil des berges (pente)	Nb hélophytes	Douce : 45,8 ; Abrupte : 34,6	p.valeur = 0,001786 **
	Nb hydrophytes	Douce : 16,2 ; Abrupte : 7,2	p.valeur = 4,379e-09 ***
	Nb habitats	Douce: 19,8 ; Abrupte : 12,3	p.valeur = 2,359e-06 ***
	VMC	Douce : 1,56 ; Abrupte : 1,18	p.valeur = 3,5e-09 ***
Chaulage	Nb hélophytes	Oui : 39,5 ; Non : 42,5	p.valeur = 0,5125 NS
	Nb hydrophytes	Oui : 14,8 ; Non : 12,8	p.valeur = 0,4279 NS
	Nb habitats	Oui: 17,7 ; Non : 17,1	p.valeur = 0,8171 NS
	VMC	Oui : 1,62 ; Non : 1,39	p.valeur = 0,08006 NS
Fertilisation organique	Nb hélophytes	Oui : 47,1 ; Non : 41,4	p.valeur = 0,2946 NS
	Nb hydrophytes	Oui : 19,0 ; Non : 12,4	p.valeur = 0,0865 NS
	Nb habitats	Oui: 22,0 ; Non : 16,6	p.valeur = 0,1472 NS
	VMC	Oui : 1,58 ; Non : 1,41	p.valeur = 0,2974 NS
Alimentation des poissons	Nb hélophytes	Oui : 42,4 ; Non : 41,9	p.valeur = 0,8861 NS
	Nb hydrophytes	Oui : 14,6 ; Non : 12,7	p.valeur = 0,3605 NS
	Nb habitats	Oui: 18,1 ; Non : 16,9	p.valeur = 0,5197 NS
	VMC	Oui : 1,44 ; Non : 1,43	p.valeur = 0,96 NS
Présence d'Amours blancs	Nb hélophytes	Oui : 37,0 ; Non : 44,3	p.valeur = 0,3129 NS
	Nb hydrophytes	Oui : 14,3 ; Non : 14,9	p.valeur = 0,8423 NS
	Nb habitats	Oui: 16,2 ; Non : 18,6	p.valeur = 0,3972 NS
	VMC	Oui : 1,61 ; Non : 1,45	p.valeur = 0,3001 NS

Légende : *significatif au seuil de 5%, **significatif au seuil de 5‰, ***significatif au seuil de 5‰₀ et au-delà, **NS** non significatif au seuil de 5%, VMC = Valeur Moyenne de Conservation

Les résultats indiquent que la vidange régulière n'a pas d'effet significatif sur les variables de biodiversité, néanmoins, les étangs vidangés régulièrement ont tendance à présenter plus d'hydrophytes que les autres (cette tendance n'est pas significative au seuil de 5%, mais elle l'est au seuil de 10% : p.valeur < 0,1%). En effet, les étangs vidangés régulièrement sont moins envasés que les autres, ce qui est favorable au développement de la végétation aquatique.

Les étangs dont la ripisylve est entretenue et les étangs qui ont des berges en pente douce ont très significativement plus d'hélophytes, d'hydrophytes, d'habitats naturels et ont une VMC très significativement plus forte que les autres.

Le chaulage n'a pas d'effet significatif sur les variables de biodiversité, néanmoins, les étangs chaulés ont tendance à avoir une VMC plus forte que les autres (cette tendance n'est pas significative au seuil de 5%, mais elle l'est au seuil de 10% : p.valeur < 0,1%).

La fertilisation organique n'a pas d'effet significatif sur les variables de biodiversité, néanmoins, les étangs fertilisés ont tendance à présenter plus d'hydrophytes que les autres (cette tendance n'est pas significative au seuil de 5%, mais elle l'est au seuil de 10% : p.valeur < 0,1%).

La mise en assec récente, l'alimentation des poissons et la présence d'Amours blancs n'ont pas d'influence significative sur la diversité végétale des étangs. Il est intéressant de noter que le nombre moyen d'hydrophytes est très peu différent entre les étangs qui contiennent des Amours blancs et ceux qui n'en contiennent pas (p.valeur s'approchant de 1).

Tableau 16 : Résultats des tests de Kruskal et Wallis de comparaison des moyennes sur le nombre d'hélophytes, le nombre d'hydrophytes, le nombre d'habitats et la VMC des 82 étangs inventoriés pour différentes variables multimodales

Variable	Test sur	Moyennes	Résultat du test
Connexion hydrographique	Nb hélophytes	Permanente : 42,9 ; Temporaire : 46,5 ; Tête de bassin versant : 35,7	p.valeur = 0,09281 NS
	Nb hydrophytes	Permanente : 11,7 ; Temporaire : 15,5 ; Tête de bassin versant : 12,1	p.valeur = 0,269 NS
	Nb habitats	Permanente : 16,8 ; Temporaire : 20,1 ; Tête de bassin versant : 14,3	p.valeur = 0,03556 *
	VMC	Permanente : 1,42 ; Temporaire : 1,44 ; Tête de bassin versant : 1,43	p.valeur = 0,983 NS
Roche mère	Nb hélophytes	Alluvions : 43,0 ; Calcaire : 46,0 ; Granite : 40,1 ; Grès : 50,0 ; Schiste : 39,6	p.valeur = 0,1677 NS
	Nb hydrophytes	Alluvions : 15,6 ; Calcaire : 14,5 ; Granite : 13,9 ; Grès : 14,7 ; Schiste : 11,7	p.valeur = 0,4775 NS
	Nb habitats	Alluvions : 18,1 ; Calcaire : 18,8 ; Granite : 17,4 ; Grès : 19,6 ; Schiste : 16,0	p.valeur = 0,6806 NS
	VMC	Alluvions : 1,42 ; Calcaire : 1,34 ; Granite : 1,41, Grès : 1,33 ; Schiste : 1,46	p.valeur = 0,7961 NS
Occupation du bassin versant	Nb hélophytes	Bocage : 39,2 ; Forêt : 43,1 ; Mixte : 46,6 ; Urbain : 35,8	p.valeur = 0,4093 NS
	Nb hydrophytes	Bocage : 12,7 ; Forêt : 14,4 ; Mixte : 14,8 ; Urbain : 7,9	p.valeur = 0,1381 NS
	Nb habitats	Bocage : 16,4 ; Forêt : 18,1 ; Mixte : 19 ; Urbain : 13,4	p.valeur = 0,3522 NS
	VMC	Bocage : 1,43 ; Forêt : 1,58 ; Mixte : 1,42 ; Urbain : 1,25	p.valeur = 0,1692 NS

Légende : *significatif au seuil de 5%, **NS** non significatif au seuil de 5%, VMC=Valeur Moyenne de Conservation

Les résultats indiquent que le nombre d'habitats est significativement différent en fonction de la connexion hydrographique. Un test de Wilcoxon est donc réalisé afin de déterminer quel(s) échantillon(s) est (sont) différent(s) des autres. Les résultats de ce test indiquent qu'il y a significativement plus d'habitats naturels dans un étang ayant une connexion temporaire par rapport

à un étang en tête de bassin versant (p.valeur = 0,038). Cependant, les étangs ayant une connexion permanente avec le réseau hydrographique ne contiennent pas significativement plus ou moins d'habitats que les autres étangs (p.valeurs > 0,05). De plus, le nombre d'hélophytes a tendance à être plus faible pour les étangs en tête de bassin versant (cette tendance n'est pas significative au seuil de 5%, mais elle l'est au seuil de 10% : p.valeur < 0,1%). Par contre, le nombre d'hydrophytes et la VMC ne sont pas significativement différents en fonction de la connexion hydrographique.

La roche mère n'a pas d'influence significative sur le nombre de macrophytes, le nombre d'habitats ou la VMC, bien que les étangs sur grès, calcaire et alluvions semblent en moyenne plus riches que les autres. Là encore, les échantillons sont faibles, seulement 4 étangs sur calcaire et 8 sur alluvions. L'unique étang sur basalte a été écarté de cette analyse.

L'occupation du bassin versant n'a pas non plus d'influence sur le nombre de macrophytes, le nombre d'habitats ou la VMC, bien que les étangs mixtes et forestiers semblent plus riches que les autres, tandis que les étangs urbains semblent plus pauvres.

IV.3.3. Analyse non-inférentielle sur le degré de diversité des étangs

Une méthode de statistique non-inférentielle mise en œuvre par le professeur Michel Godron à l'aide du progiciel ECHO a produit les tableaux ci-dessous indiquant la liaison existante entre les degrés de biodiversité des étangs et les variables descriptives observés pour chaque étang. Deux exemples caractéristiques sont présentés ci-dessous pour les variables « Entretien de la ripisylve » et « Alimentation des poissons » (Figures 14 et 15). Les résultats de l'ensemble des analyses sont présentés dans le Tableau 17.

Descripteur horizontal : 43 Biodiversité
Descripteur vertical : 17 Entretien rives

Codes pour le descripteur 43 Biodiversité
2.4 2.8 3.2 3.4 3.6 3.8 4.0 4.2 4.4 4.6 4.8 5.0 5.2 5.4

0	1	1	2	4	4	2	2	7	-4	0	0	0	0	0	
1	0	0	0	0	0	0	0	-7	4	3	3	2	2	3	

2.4 2.8 3.2 3.4 3.6 3.8 4.0 4.2 4.4 4.6 4.8 5.0 5.2 5.4

Figure 14 : Analyse statistique de la liaison entre l'entretien des rives de l'étang (0 : absence d'entretien, 1 : présence d'entretien) et le degré de biodiversité de l'étang

La première ligne du cœur du tableau (0) concerne l'absence d'entretien des rives (donc de la ripisylve), tandis que la deuxième ligne (1) concerne l'entretien effectif des rives. Les lignes en dessus et au-dessous des tirets correspondent aux degrés de biodiversité des étangs calculés à l'aide de la formule de Brillouin. La liaison entre l'entretien des rives et le degré de biodiversité de l'étang (également calculée avec la formule de Brillouin) est positive si le nombre d'étangs où la biodiversité est supérieure à la valeur attendue et négative dans le cas contraire. Elle est d'autant plus élevée en valeur absolue que l'écart entre la valeur observée et la valeur attendue est grand.

La première ligne du cœur du tableau montre que la liaison entre l'absence d'entretien (0) est positive pour les biodiversités faibles comprises entre 2,4 et 4,2. La deuxième ligne du cœur du tableau montre que la liaison entre la présence d'entretien (1) est positive, au contraire, pour les biodiversités fortes comprises entre 4,4 et 5,4. Les étangs dont la rive n'est pas entretenue ont donc

des biodiversités faibles ; au contraire, les étangs dont la rive est entretenue ont des biodiversités fortes. Ce tableau est beaucoup plus précis que le calcul d'un coefficient de corrélation, puisqu'il indique que la limite entre les biodiversités des rives non entretenues et celles des rives entretenues est située entre 4,2 et 4,4.

Descripteur horizontal : 43 Biodiversité
 Descripteur vertical : 21 Alimentation poissons

Codes pour le descripteur 43 Biodiversité

	2.4	2.8	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4
0	1	1	0	2	0	0	2	0	2	0	3	0	1	0
1	0	0	1	0	1	2	0	2	0	2	0	2	0	2

Figure 15 : Analyse statistique de la liaison entre l'alimentation des poissons (apports de céréales) et le degré de biodiversité de l'étang

Les lignes absence d'alimentation (0) et alimentation des poissons (1) montrent que les biodiversités sont très étalées lorsque les poissons ne sont pas nourris, de même que les biodiversités sont très étalées lorsque les poissons sont nourris. Autrement dit, la biodiversité est indépendante de l'alimentation des poissons.

Un autre cas où le coefficient de corrélation est pratiquement nul alors qu'il existe une relation fine entre la biodiversité et une des variables caractérisant l'étang est celui d'un tableau où les indices positifs forment un U.

Tableau 17 : Résultats des analyses statistiques de la liaison entre différentes variables et le degré de biodiversité de l'étang

Variable	Tendance	Conclusion
Age de l'étang	+	La biodiversité est en moyenne un peu plus forte lorsque l'étang est ancien
Pisciculture	+	La biodiversité est en moyenne un peu plus forte lorsqu'il y a de la pisciculture
Pêche à la ligne	-	La biodiversité est en moyenne un peu plus faible lorsqu'il y a de la pêche à la ligne
Chasse	+	La biodiversité est en moyenne un peu plus forte lorsqu'il y a de la chasse
Entretien de la ripisylve	++	La biodiversité est en moyenne nettement plus forte lorsque la ripisylve est entretenue
Profil des berges	++	La biodiversité est en moyenne nettement plus forte lorsque les berges ont une pente douce
Chaulage	/	La biodiversité est indépendante du chaulage
Fertilisation	+	La biodiversité est en moyenne un peu plus forte lorsque l'étang est fertilisé
Alimentation des poissons	/	La biodiversité est indépendante de l'alimentation des poissons
Assec récent	+	La biodiversité est en moyenne un peu plus forte lorsqu'il y a eu un assec dans les 6 dernières années
Vidange régulière	++	La biodiversité est en moyenne nettement plus forte lorsque l'étang est vidangé régulièrement
Fréquence de la vidange	+	La biodiversité est légèrement corrélée positivement avec la fréquence de la vidange
Temps passé depuis la dernière vidange	-	La biodiversité est légèrement corrélée négativement avec le temps passé depuis la dernière vidange
Surface de l'étang	++	La biodiversité est nettement corrélée positivement avec la surface de l'étang
Profondeur moyenne de l'étang	++	La biodiversité est nettement corrélée positivement avec la profondeur moyenne de l'étang
pH de l'eau	/	La biodiversité est indépendante du pH de l'eau
Conductivité de l'eau	/	La biodiversité est indépendante de la conductivité de l'eau
Transparence de l'eau	+	La biodiversité est légèrement corrélée positivement avec la transparence de l'eau

Les résultats des analyses sur le degré de biodiversité des étangs semblent montrer les mêmes tendances que les résultats de notre ACP et de nos tests sur les variables qualitatives.

IV.4. Comparaison de la biodiversité des étangs à celle d'autres types de plans d'eau

IV.4.1. Inventaire des espèces patrimoniales dans les autres plans d'eau

En plus des étangs, nous avons inventorié la végétation de plans d'eau d'agrément, de centres d'allotement, d'une mare et d'un plan d'eau de carrière. Ces plans d'eau sont physiquement très différents des étangs (créés récemment, beaucoup plus petits, aux berges très abruptes...) et ont une gestion complètement différente. Nous n'avons donc pas pu les inclure dans les statistiques car il

aurait été difficile de déterminer quelles sont les variables qui influencent la biodiversité du fait que la plupart des variables s'opposent entre les différents plans d'eau.

Nous avons relevé des espèces protégées, rares et/ou menacées dans ces autres plans d'eau. Dans les centres d'allotement, nous avons rencontré deux espèces protégées : la Littorelle des lacs (*Littorella uniflora*) et la petite Naïade (*Najas minor*), ainsi que 3 espèces vulnérables ou quasi-menacées : la Zannichellie des marais (*Zannichellia palustris*), le Myriophylle verticillé (*Myriophyllum verticillatum*) et le Potamot de Berchtold (*Potamogeton berchtoldii*). Nous avons également rencontré plusieurs espèces déterminantes, et notamment le Butome en ombelle (*Butomus umbellatus*) que nous n'avons jamais relevé dans les étangs.

Les centres d'allotement sont des ensembles de plans d'eau dans lesquels la pisciculture est plus intensive qu'en étang : ils contiennent beaucoup plus de poissons à l'hectare, qui sont généralement nourris, et ces plans d'eau sont généralement chaulés et fertilisés. Malgré cette activité agricole assez intensive, la diversité végétale des trois centres d'allotement inventoriés est plutôt importante, avec notamment la présence d'espèces patrimoniales dont deux sont protégées.

Dans les plans d'eau d'agrément, nous avons rencontré une espèce protégée, l'Osmonde royale (*Osmunda regalis*), ainsi que deux espèces vulnérables ou quasi-menacées, le Potamot graminée (*Potamogeton gramineus*) et la Baldellie fausse renoncule (*Baldellia ranunculoides*). Nous avons rencontré une autre espèce protégée aux abords du plan d'eau de carrière : l'Euphorbe de Séguier (*Euphorbia seguieriana*), qui n'est pas un macrophyte mais une espèce de milieux secs.

Ici encore, nous pouvons noter que malgré une diversité végétale plutôt faible, certains plans d'eau d'agrément et de carrière contiennent des espèces patrimoniales dont deux sont protégées.

IV.4.2. Comparaison de la diversité végétale

Il n'est pas possible de comparer la biodiversité végétale de chaque type de plan d'eau, car les échantillons sont trop faibles : un seul plan d'eau de carrière, une seule mare, 3 centres d'allotement (contenant chacun de nombreux bassins) et 21 plans d'eau d'agrément. Nous avons donc comparé la diversité végétale des étangs à celle des autres types de plans d'eau en général (qui englobent donc les plans d'eau d'agrément, de carrière, la mare et les centres d'allotement) dans les Figures 16, 17 et 18.

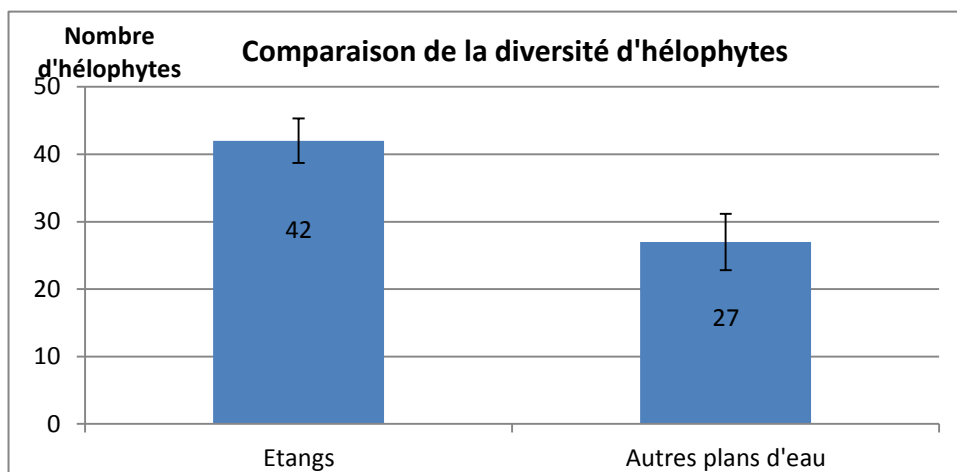


Figure 16 : Comparaison du nombre moyen d'hélophytes entre les étangs et les autres types de plans d'eau, avec l'intervalle de confiance au seuil de 5%. Le test de Student indique que les moyennes sont significativement différentes au seuil de 5‰ (p.valeur = 8,15e-07).

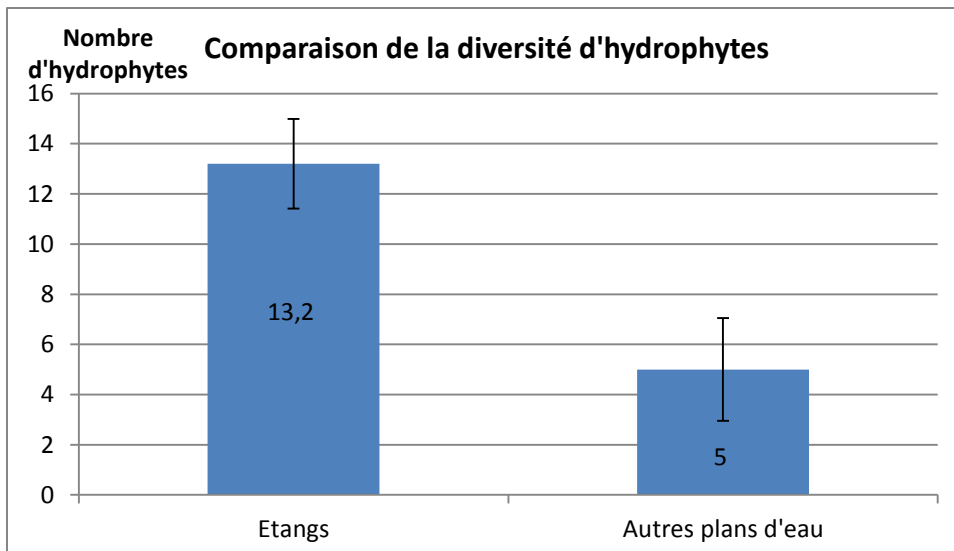


Figure 17 : Comparaison du nombre moyen d'hydrophytes entre les étangs et les autres types de plans d'eau, avec l'intervalle de confiance au seuil de 5%. Le test de Student indique que les moyennes sont significativement différentes au seuil de 5‰ (p.valeur = 1,293e-07).

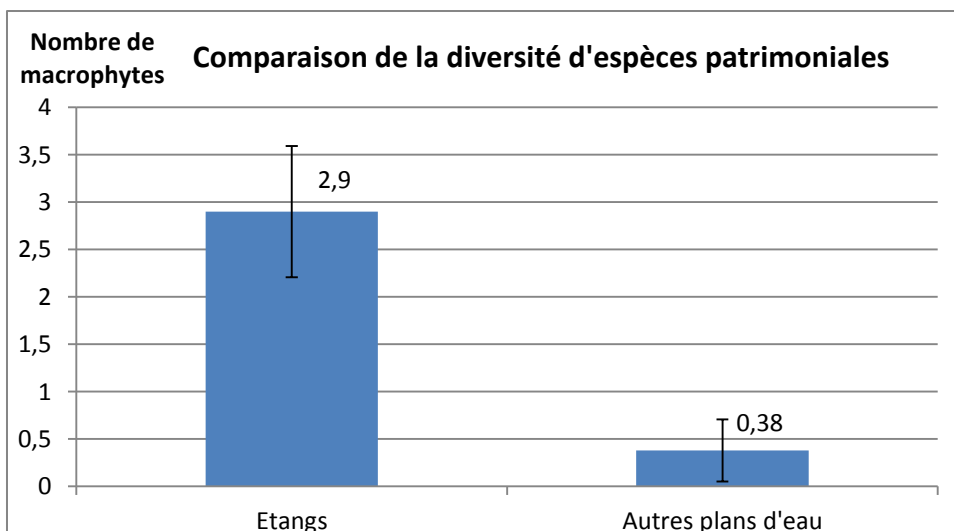


Figure 18 : Comparaison du nombre moyen d'espèces protégées, rares et/ou menacées entre les étangs et les autres types de plans d'eau, avec l'intervalle de confiance au seuil de 5%. Le test de Student indique que les moyennes sont significativement différentes au seuil de 5‰ (p.valeur = 2,359e-09).

Des tests paramétriques de Student de comparaison des moyennes sont utilisés afin de déterminer si les différences observées graphiquement sont significatives. Les résultats de ces tests indiquent que les étangs contiennent très significativement plus d'hélophytes, d'hydrophytes et d'espèces patrimoniales (protégées, rares et/ou menacées) que les autres types de plans d'eau.

V. DISCUSSION

V.1. Contexte de l'étude

V.1.1. Limites de la méthode

Le principal problème rencontré dans la méthodologie est lié à la variabilité des communautés végétales avec les conditions climatiques. En effet, la composition floristique varie avec la saison (les inventaires sont réalisés entre avril et octobre) mais également avec l'année de l'observation. En fonction de la température et de la pluviométrie les espèces peuvent être tout à fait différentes d'une année sur l'autre, notamment en termes d'abondance et donc de recouvrement. En 2010, 2012 et 2013, le printemps a été froid et humide, tandis qu'en 2011 il a été particulièrement chaud et sec donc certains étangs étaient en assec partiel. Conséquemment, sur plusieurs étangs visités 2 années différentes, de nouvelles espèces ont été inventoriées et au contraire d'autres n'ont pas été retrouvées. Par exemple, *Eleocharis ovata*, espèce vulnérable en Pays de la Loire, a été identifié sur 3 étangs en 2011 sur lesquels il n'était pas présent en 2010, car c'est une espèce qui ne peut se développer que dans des conditions d'exondation exceptionnelle (Lambert-Servien, 1995).

Si la méthode des quadrats sur transects permet d'obtenir une liste assez complète des espèces présentes sur l'étang, elle ne permet pas vraiment d'estimer l'abondance de chaque espèce. En effet, déplacer un quadrat de quelques centimètres seulement peut changer considérablement les abondances trouvées. Et là encore, la saison jouant un rôle sur le développement des plantes, le recouvrement au sol peut être différent. L'abondance des espèces reste une donnée intéressante, notamment pour la cartographie des différents groupements de végétation, mais ne sera pas prise en compte dans l'analyse des données.

Il n'est pas non plus à exclure qu'il y ait eu des erreurs de détermination, bien que toutes les espèces pour lesquelles il subsistait un doute aient normalement été vérifiées par le professeur Jacques Hauray. Suite à ces constatations il paraîtrait judicieux de visiter chaque étang au moins deux fois, durant deux années différentes et deux saisons différentes.

V.1.2. Intérêts et réserves des pisciculteurs et/ou propriétaires pour l'étude

D'après nos observations de terrain, de nombreux pisciculteurs et propriétaires se méfient de la réalisation d'un inventaire floristique ou faunistique sur leur étang de peur d'être « classés » en zone Natura 2000 et de ne plus pouvoir pratiquer librement les activités économiques qui ont pourtant forgé ces milieux. C'est également la raison pour laquelle ils souhaitent que la localisation précise de leurs étangs et les espèces qui y ont été trouvées restent confidentiels. Néanmoins, pour certains propriétaires et exploitants, ce n'est pas l'inventaire botanique qui pose problème mais le fait de passer une convention avec un organisme public : c'est la peur de « devoir » quelque chose.

La Mayenne est le département d'où proviennent le plus de demandes d'aides dans le cadre des « Actions Régionales de Gestion Durable des Etangs », ce qui peut être expliqué par la présence d'un Syndicat de Propriétaires d'Etangs très actif et du siège du Groupement des Aquaculteurs d'Eau Douce (GAED) dans ce département. Les propriétaires et/ou exploitants qui demandent des aides sont généralement des personnes impliquées dans l'organisation de la filière et ayant d'importants contacts avec le GAED, le SMIDAP et/ou un Syndicat de Propriétaires d'Etangs.

Les « Actions Régionales de Gestion Durable des Etangs » permettent aux propriétaires et aux exploitants d'obtenir des aides financières sans modifier leur mode de gestion, car ce sont leurs pratiques qui permettent l'installation et le maintien de la végétation aquatique. Bobbé (2010) a remarqué lors de ses entretiens que les propriétaires et pisciculteurs sont conscients de la valeur écologique et paysagère de leur bien et que le maintien des végétations fait partie de leurs priorités.

Ces aides apportent un soutien financier aux propriétaires et/ou exploitants pour la mise en assec estivale, la réalisation de travaux (consolider la digue par exemple) ou encore la lutte contre une espèce exotique envahissante (les Jussies par exemple). Un pisciculteur ayant un problème particulier comme les Jussies aura d'ailleurs tendance à demander plus facilement des aides.

Néanmoins, ce qui motive majoritairement les pisciculteurs est la lutte contre les espèces animales envahissantes, comme le Grand Cormoran (*Phalacrocorax carbo*), le Ragondin (*Myocastor coypus*) et le Rat musqué (*Ondatra zibethicus*). Le Cormoran est la « bête noire » des pisciculteurs, et ils peuvent enfin être indemnisés, du moins en partie, pour les pertes que ceux-ci leur ont occasionnées, et pour le temps passé à les effaroucher ou à les tirer. Pour certains exploitants, ce sont malheureusement les aides de la dernière chance. Par exemple, un pisciculteur nous a confié qu'il allait abandonner trois de ses étangs à cause de la prédation par le Cormoran, mais que les aides régionales qu'il allait percevoir lui permettraient de les garder encore 5 ans. Cependant, un conflit d'intérêts apparaît entre pisciculteurs et défenseurs des oiseaux : le tir légal du Cormoran est difficile à faire accepter (en Mayenne par exemple, certains exploitants ont le droit de tirer seulement 2 Cormorans par an), et les pisciculteurs considèrent que d'autres oiseaux piscivores tels que les hérons et les aigrettes, dont un grand nombre est protégé par la Directive Oiseaux (1979), sont presque autant problématiques.

Avec déjà 57 étangs (et centre d'allotement) privés inventoriés et le respect des souhaits de confidentialité des acteurs, le SMIDAP espère avoir de plus en plus de demandes d'aides, ce qui permettrait d'une part de donner du poids, au moins au niveau régional, à une filière souvent négligée, et d'autre part d'acquiescer de nouvelles données botaniques.

V.3. Intérêt écologique des étangs piscicoles

V.3.1. Biodiversité régionale

Notre étude a permis de recenser plus de 550 espèces végétales dont 227 macrophytes vasculaires indigènes dans 82 étangs des Pays de la Loire, soit 63,7% de la flore régionale des milieux humides et aquatiques d'eau douce. Concernant les hydrophytes, nous dépassons les 80% de la flore régionale inventoriés et concernant les amphiphytes nous atteignons presque les 70% de la flore régionale. La diversité en héliophytes est un peu plus faible, environ 60% de la flore régionale. En effet, la flore des milieux humides est bien plus diversifiée (282 héliophytes dans la région) que celle des milieux aquatiques (39 espèces d'hydrophytes) ou amphibies (36 espèces d'amphiphytes).

Outre les étangs, les milieux aquatiques et humides d'eaux douces comprennent les rivières et ruisseaux, les mares, les lacs, les réservoirs, les plans d'eau d'agrément, les marais, les tourbières, les prairies humides etc... Or, en inventoriant uniquement les étangs, nous avons déjà rencontré plus de 60% de la flore régionale, 80% des hydrophytes et 70% des amphiphytes.

Il faut également noter que nous n'avons inventorié qu'une centaine de plans d'eau (un peu plus de 1000 ha) dans la région, alors que le nombre total de plans d'eau supérieurs à 1000 m² dans les Pays de la Loire est estimé à 32 000 (soit 20 000 ha) (Trintignac *et al.*, 2008). Il est donc très probable que nous n'ayons pas répertorié l'ensemble des macrophytes présents dans les étangs de la région.

Nous pouvons donc conclure que les étangs tiennent une place prépondérante dans la diversité végétale des milieux humides et aquatiques des eaux douces.

V.3.2. Diversité végétale

Les tests de Student ont indiqué qu'il y a très significativement plus d'hélophytes, d'hydrophytes et d'espèces patrimoniales dans les étangs que dans les autres types de plans d'eau que nous avons inventoriés. De plus, le nombre moyen d'espèces de macrophytes trouvées dans les étangs (55 environ) est largement supérieur aux données de la bibliographie : au Royaume-Uni, dans les étangs et mares récents (créés au début des années 1990) de moins d'1 ha, Williams *et al.* (2008) trouvent en moyenne 36 espèces de macrophytes (de 27 à 50), tandis qu'Aquilina (2005) indique qu'il y a en moyenne 23 espèces de macrophytes dans les étangs et mares non pollués. Enfin en Suisse, la richesse moyenne de plantes aquatiques observée par Bedeaux (2001) dans 80 étangs est de 11,6 espèces.

L'inventaire des étangs a permis de répertorier 17 espèces protégées en Europe, en France ou dans les Pays de la Loire, 28 espèces rares et/ou menacées dans la région, et 8 habitats d'intérêt communautaire. De plus, une grande diversité de groupements de végétation a été relevée dans les étangs piscicoles, ce qui indique une grande diversité d'habitats pour les poissons mais aussi pour les oiseaux, amphibiens et invertébrés qui ont élu domicile dans ces milieux.

Cet inventaire présente déjà un intérêt à lui seul car il a permis de répertorier et de localiser précisément un grand nombre d'espèces protégées, rares et/ou menacées, fournissant ainsi des données botaniques précieuses pour le suivi des populations et des groupements végétaux en propriétés privées. Il prouve également l'intérêt et la nécessité de conserver ces étangs de pisciculture extensive des Pays de la Loire.

V.3.3. Valeur écologique

Les critères d'attribution des scores aux espèces végétales sont globalement plus stricts que ceux proposés dans la bibliographie (Oertli *et al.*, 2002 ; Williams *et al.*, 2004 ; Aquilina, 2005) puisqu'ils incluent des points négatifs pour la présence d'espèces exotiques et que les scores positifs des espèces sont moins élevés (score maximal de 20 au lieu de 32). Par ailleurs, des points ont été attribués aux espèces déterminantes en Pays de la Loire, ainsi qu'aux espèces protégées dans d'autres régions de France. Cependant, nous pouvons noter que certains macrophytes « basiques » peuvent également avoir un intérêt, notamment pour la qualité des habitats (roselière...).

Pour ne pas avoir une approche trop centrée sur les espèces, il paraissait nécessaire de tenir compte des habitats dans le classement en catégories écologiques. Au niveau des scores des espèces, la VMC doit être associée au nombre d'espèces de macrophytes car un étang ayant autant d'espèces d'intérêt qu'un autre mais plus d'espèces au total aura une VMC plus faible. Les catégories « Très Haute », « Haute » et « Intermédiaire » comprennent plus ou moins de macrophytes (dont certains rares, menacés et/ou protégés) et d'habitats. Ces 3 catégories présentent donc un intérêt en termes

de conservation, et les étangs concernés doivent être préservés : c'est le cas de presque 80% des étangs inventoriés. La catégorie écologique « Basique » ne contient pas d'espèces rares, menacées et/ou protégées (mais peut contenir des espèces déterminantes) et la catégorie « Dégradée » ne comprend aucune espèce remarquable ni aucun habitat d'intérêt, et contient des espèces invasives. Cette dernière catégorie ne présente pas d'intérêt en termes de conservation, les plans d'eau concernés doivent faire l'objet d'une restauration (notamment l'élimination des espèces invasives). Cependant, cela ne concerne qu'un peu plus de 3% des étangs.

V.4. Influence des variables sur les communautés végétales

Pour caractériser les communautés végétales, 4 variables quantitatives ont été choisies : le nombre d'hélophytes, le nombre d'hydrophytes et d'amphiphytes, le nombre d'habitats naturels et la VMC. Les deux ACP indiquent que ces 3 variables sont fortement corrélées.

V.4.1. Influence des variables physico-chimiques sur les communautés végétales

➤ Surface de l'étang

L'ACP indique que la surface des étangs est corrélée avec le nombre d'hélophytes, le nombre d'hydrophytes, le nombre d'habitats et la VMC. Cette tendance est confirmée par l'analyse non-inférentielle des degrés de diversité. En effet, la surface de l'étang peut avoir une influence sur la diversité spécifique, car un grand étang peut présenter des habitats plus diversifiés, et la pression humaine (par exemple, dans le cas d'une activité de pêche à la ligne) peut être réduite si l'étang est vaste, surtout s'il y a des endroits difficiles d'accès. Les 5 plus grands étangs de l'étude (surfaces allant de 40 à 75 ha) sont d'ailleurs classés en « Très Haute » catégorie écologique, et les 3 étangs classés en catégorie « Dégradée » mesurent moins d'1 ha.

Néanmoins, certains petits étangs présentent une biodiversité exceptionnelle par rapport à leur taille : par exemple, deux étangs de 3 et 4 ha sont classés en catégorie « Très Haute », et 5 étangs classés en catégorie « Haute » mesurent moins de 5 ha.

Par ailleurs, les conclusions de la bibliographie sur cette variable ne sont pas homogènes : Bedeaux (2001) et Oertli *et al.* (2002) estiment qu'il existe une relation positive entre taille de l'étang et richesse spécifique des végétaux aquatiques. D'un autre côté, Lambert-Servien (1995) indique que la superficie des étangs de son étude n'a pas d'influence sur la diversité végétale, et plusieurs autres études indiquent qu'un petit étang ou mare peut présenter une biodiversité disproportionnée par rapport à sa taille (Nicolet *et al.*, 2007 ; Céréghino *et al.*, 2008 ; Davies *et al.*, 2008a ; Davies *et al.*, 2008b ; EPCN, 2008).

Dans notre étude, la surface de l'étang a donc une influence positive sur la diversité végétale mais cela ne signifie pas pour autant que celle des petits étangs est systématiquement faible.

➤ Profondeur moyenne de l'étang

D'après l'ACP réalisée, la profondeur moyenne de l'étang ne présente pas de corrélation avec les variables liées à la végétation. Cependant, cette tendance est infirmée par l'analyse non-inférentielle

dans laquelle le degré de diversité des étangs est corrélé positivement à la profondeur moyenne des étangs. Mais d'après cette analyse également, la profondeur moyenne des étangs est corrélée à la surface des étangs (ce qui n'est pas le cas dans l'ACP), ce qui peut expliquer cette tendance.

Il faut également souligner que la profondeur moyenne est une variable assez homogène sur l'ensemble des étangs, car un étang n'est par définition jamais profond et ne présente pas de stratification thermique ou chimique. En effet, la faible profondeur des étangs est importante en pisciculture car elle favorise les échanges d'éléments nutritifs entre l'eau et la vase et permet un réchauffement de l'eau plus important (Otto-Bruc, 2001).

Nous ne pouvons donc pas conclure que la profondeur moyenne de l'étang ait une influence sur la diversité végétale.

➤ Transparence de l'eau

L'ACP indique que la transparence est légèrement corrélée avec les variables de végétation. Cette tendance est confirmée par l'analyse non-inférentielle des degrés de diversité. Une eau assez transparente est en effet nécessaire à la croissance de certaines espèces, notamment parmi les hydrophytes.

Cette influence est surtout perceptible lorsque les eaux sont très turbides : les 3 étangs les plus turbides (secchi compris entre 16 et 22 cm) ne contiennent que 2 à 7 hydrophytes et amphiphytes et sont classés en catégories écologiques « Basique » ou « Dégradée ». La bibliographie confirme qu'une turbidité trop importante est néfaste pour les amphiphytes et les hydrophytes, en particulier pour les Characées (Lambert-Servien, 1995 ; Bedeaux, 2001 ; Akasaka *et al.*, 2010 ; Del Pozo *et al.*, 2010). A noter également qu'un bon étang piscicole présente généralement une turbidité comprise entre 30 et 60 cm (Barbe *et al.*, 2000).

➤ Chimie de l'eau

L'ACP indique que le pH et la conductivité ne présentent pas de corrélation avec les variables liées à la végétation. Cette absence de corrélation est confirmée par l'analyse non-inférentielle des degrés de diversité.

Ces variables présentent des optima pour la croissance du poisson, ce qui explique pourquoi elles sont globalement homogènes sur l'ensemble des étangs et qu'elles n'influencent pas les communautés végétales. Cadieu (2002) considère que pour favoriser la croissance piscicole, la conductivité doit être comprise entre 200 et 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (valeurs de milieux plutôt eutrophes) et le pH entre 6,5 et 8,5. La dureté présente un optimum entre 7 et 18 TH (soit 4 à 10 GH) car un étang pauvre en calcium aura une faible productivité piscicole (Otto-Bruc, 2001). Pour chacune de ces variables, entre de 70% à 90% de nos mesures sont comprises dans ces optima, le reste étant légèrement supérieur ou légèrement inférieur. Cependant, l'influence de certaines variables chimiques de l'eau ont été notées dans la bibliographie : par exemple, Otto-Bruc (2001) a montré une influence de l'alcalinité (dureté carbonatée) et de la conductivité sur la composition floristique des étangs.

Nous pouvons donc conclure que dans notre étude le pH et la conductivité de l'eau n'ont pas d'influence sur la diversité végétale, mais il est donc possible que ces variables aient eu une influence si nous avons inventorié d'autres plans d'eau qui n'étaient pas destinés à l'élevage du poisson (au sens pisciculture ou pêche de loisir).

➤ Âge de l'étang

Les tests de Student indiquent que l'âge de l'étang a une influence significative sur le nombre d'hélophytes : celui-ci est plus élevé lorsque l'étang est ancien. Cette tendance est confirmée par l'analyse non-inférentielle des degrés de diversité. Cependant, l'âge de l'étang n'a pas d'influence significative sur les autres variables liées à la diversité végétale, bien qu'une tendance soit observée concernant le nombre d'habitats. Cette influence sur le nombre d'hélophytes peut être expliquée par le mode de création des étangs : creusés pour les étangs récents, en barrant un cours d'eau pour les étangs anciens. Les étangs creusés ont généralement un potentiel plus faible (largeur et profil des berges) pour le développement des hélophytes. De plus, on ne crée plus de grands étangs : tous les étangs créés récemment sont petits (4,9 ha en moyenne) ce qui peut également expliquer cette tendance. Enfin, le temps nécessaire à la colonisation de certaines espèces peut également jouer un rôle dans la diversité végétale des étangs créés récemment.

Nous pouvons donc conclure que les étangs anciens sont plus riches en termes de diversité d'hélophytes que les étangs récents, certainement parce qu'ils sont assez différents physiquement.

➤ Connexion hydrographique de l'étang

Les tests de Kruskal et Wallis indiquent que la connexion hydrographique de l'étang a une influence significative sur le nombre d'habitats : celui-ci est plus élevé lorsque l'étang reçoit un cours d'eau temporaire que lorsque qu'il est en tête de bassin versant. Cependant, la connexion hydrographique n'a pas d'influence significative sur les autres variables liées à la diversité végétale, bien qu'une tendance soit observée concernant le nombre d'hélophytes. Cette influence sur le nombre d'habitats peut être expliquée par le remplissage plus lent et plus faible des étangs en tête de bassin versant, qui sont donc en général plus petits (7,5 ha en moyenne), et ont donc moins d'espace pour développer des habitats variés.

Nous pouvons donc conclure que les étangs en tête de bassins versants sont plus pauvres en termes de diversité d'habitats, et que contrairement à ce qu'affirment certains sages, les étangs traversés par un cours d'eau temporaire ou permanent n'ont pas une biodiversité plus faible que les autres.

➤ Roche mère et occupation du bassin versant

D'après les tests de Kruskal et Wallis, la roche mère n'a pas d'influence significative sur la diversité végétale, mais certains échantillons sont petits et les tests non-paramétriques sont peu puissants. Néanmoins, les étangs sur grès, calcaire et alluvions semblent en moyenne plus riches que les autres. Nous avons par ailleurs observé que les végétations des milieux calcaires et acides sont assez différentes en termes de composition floristique.

D'après les tests de Kruskal et Wallis, l'occupation du bassin versant n'a pas d'influence significative sur la diversité végétale, mais là encore, certains échantillons sont petits et les tests non-paramétriques sont peu puissants. Néanmoins, les étangs mixtes et forestiers semblent plus riches que les autres, tandis que les étangs urbains semblent plus pauvres.

Il faudrait donc inventorier plus d'étangs pour confirmer ou infirmer les tendances observées pour ces deux variables. Nous ne pouvons actuellement pas conclure que la roche mère et l'occupation du bassin versant aient une influence sur la diversité végétale.

V.4.2. Influence des pratiques d'usage et de gestion sur les communautés végétales

➤ Usage de l'étang

Les tests de Student indiquent qu'il y a significativement plus d'hydrophytes dans les étangs privés, à vocation de pisciculture et utilisés pour la chasse que dans les autres. De plus, il y a significativement moins d'hydrophytes dans les étangs utilisés pour la pêche à la ligne que dans les autres. Ces tendances sont confirmées par l'analyse non-inférentielle des degrés de diversité.

Nous avons vu qu'il s'agit en réalité de deux groupes d'étangs qui s'opposent : les étangs privés, à vocation de pisciculture et de chasse contiennent plus d'hydrophytes que les étangs publics utilisés pour la pêche à la ligne. Nous pouvons donc conclure que la pisciculture a une influence positive sur la diversité des hydrophytes. Dans les paragraphes suivants, nous allons essayer de déterminer grâce à quelles pratiques de gestion.

Concernant la pêche à la ligne, il faut noter que dans la région la pêche « no-kill » est souvent pratiquée : elle se base sur la pêche de poissons fouisseurs (carpes) qui sont ensuite remis à l'eau : il y a donc souvent une forte densité de poissons fouisseurs dans les étangs de pêche à la ligne, ce qui peut réduire le développement de la végétation aquatique. Néanmoins, Linton et Goulder (2000) considèrent que la richesse spécifique est supérieure dans les étangs et mares où il y a de la pêche à la ligne que dans ceux où il n'y a pas d'activité (abandon) car les perturbations par piétinement sont importantes pour le maintien et la restauration de la diversité des populations de plantes de zones humides. Notre échantillonnage ne contient qu'un seul étang totalement abandonné (aucune gestion pour la pisciculture, la chasse ou la pêche à la ligne), mais c'est effectivement l'étang qui contient le moins d'hélophytes et d'hydrophytes que nous ayons inventorié.

Concernant l'empoisonnement des étangs piscicoles, nous avons testé uniquement la présence d'Amours blancs, car ces poissons étant herbivores ils pourraient avoir un impact sur la végétation aquatique. Les tests de Student indiquent que la présence de ces poissons n'a pas d'influence sur la diversité végétale, y compris sur les hydrophytes. Introduits en quantité raisonnable (< 40 kg/ha), les Amours blancs n'ont donc pas d'influence négative sur la diversité végétale. En effet, la pisciculture dans les étangs inventoriés est toujours extensive. Cependant, seuls 6 étangs sur les 46 à vocation piscicole contiennent des Amours blancs, ce qui constitue un faible échantillon.

➤ Vidange

Les tests de Student indiquent qu'il n'y a pas d'influence significative d'une vidange régulière sur les variables liées à la végétation. Cependant, une tendance est observée (significative au seuil de 10%) concernant le nombre d'hydrophytes qui serait plus faible lorsque l'étang n'est pas vidangé. Cette tendance est confirmée par l'analyse non-inférentielle des degrés de diversité. De plus, Gaillard (2010) indique que la fluctuation des niveaux d'eau favorise le développement de la végétation des rives, à condition que la pente de l'étang soit inférieure à 60 %. La vidange a donc un impact direct sur le développement des ceintures végétales.

Nous avons par ailleurs remarqué que les étangs qui ne sont pas vidangés ont tendance à s'envaser (certains étangs présentaient plus d'1m de vase par endroit, ce qui empêche le développement de la végétation aquatique) puis à s'atterrir (certains étangs présentent de vastes saulaies en leur milieu). Aucun des étangs vidangés régulièrement ne présente ces caractéristiques.

Par contre, l'ACP indique que la fréquence de la vidange (tous les 1 à 3 ans pour les étangs piscicoles, tous les 3 à 6 ans pour les étangs de pêche à la ligne qui sont vidangés) n'est pas corrélée aux variables de végétation. Cependant, l'analyse non-inférentielle indique le degré de biodiversité est légèrement corrélée positivement avec la fréquence de la vidange, et légèrement corrélé négativement avec le temps passé depuis la dernière vidange.

Nous pouvons donc conclure que les étangs vidangés régulièrement ont tendance à présenter une plus grande diversité d'hydrophytes que les autres, et que la fréquence de la vidange et le fait de ne pas laisser trop de temps s'écouler entre deux vidanges ont une influence plutôt positive sur la diversité végétale des étangs. La bibliographie confirme que les pratiques de gestion telles que la vidange et la mise en assec entraînent un rajeunissement cyclique de l'écosystème qui entretient une forte biodiversité (Otto-Bruc, 2001 ; Jousset, 2007 ; Le Bihan et Font, 2008 ; Broyer *et al.*, 2009 ; Vallod et Wezel, 2010 ; Prompt et Guillerme, 2011).

➤ Mise en assec

Les tests de Student indiquent que la mise en assec n'a pas d'influence sur les variables de diversité végétale. Cependant, les analyses non-inférentielles indiquent que la biodiversité est en moyenne un peu plus forte lorsque l'étang a été mis en assec dans les six dernières années. En effet, l'assec tout comme la vidange permet d'éviter les cas d'extrême envasement et l'atterrissement de l'étang. De plus, les pisciculteurs affirment que l'année qui suit l'assec, une explosion de la végétation est observée.

L'année de l'observation doit donc avoir une grande importance pour cette variable : certains étangs ont été inventoriés plusieurs années après leur mise en assec, et d'autres pendant un assec ; il est donc difficile de déterminer l'influence réelle de cette variable. Il faudrait pour cela inventorier plus d'étangs en assec, et réaliser un suivi sur plusieurs années d'observations : année avant l'assec, année pendant l'assec, et les années suivant l'assec jusqu'à n+5 environ.

➤ Apports au système

Le chaulage, pratiqué en eau ou en assec, augmente le pH de l'eau et favorise la minéralisation au fond de l'étang. La fertilisation minérale ou organique augmente la richesse en éléments nutritifs et par conséquent, la productivité de l'étang (Otto-Bruc, 2001). A noter que dans les étangs étudiés, la fertilisation est toujours organique (fumier ou lisier). Ces pratiques ont donc une influence directe sur la qualité de l'eau. L'alimentation des poissons correspond à des apports de céréales (maïs, blé, orge), granulés, tourteaux de noix ou farine de soja durant la période estivale (Otto-Bruc, 2001).

Les tests de Student indiquent que le chaulage, la fertilisation et l'apport de complément alimentaire n'ont pas d'influence sur les variables liées à la végétation. Cependant, les étangs chaulés auraient tendance à avoir une VMC plus forte que les autres, et les étangs fertilisés à avoir une plus grande diversité d'hydrophytes (résultats significatifs au seuil de 10%). Les analyses non-inférentielles confirment que les étangs fertilisés ont une biodiversité un peu plus forte en moyenne et que l'alimentation des poissons est indépendante de la biodiversité ; par contre ces analyses indiquent que le chaulage lui aussi est indépendant de la biodiversité. En effet, ces analyses tiennent compte de la diversité des macrophytes, mais pas des scores des espèces sur lesquels la VMC est basée.

Il est possible que le chaulage permette le développement d'espèces qui ne poussent habituellement pas dans les milieux acides, ayant pour certaines une forte valeur patrimoniale. Cependant, seuls 13 étangs sur les 82 sont chaulés, cette tendance serait donc à vérifier. La fertilisation quant à elle rend les eaux un peu plus eutrophes, et peut donc permettre à divers d'hydrophytes de se développer, la majorité des hydrophytes rencontrés étant des espèces d'eaux mésotrophes à eutrophes. Cependant, seuls 9 étangs sur les 82 sont fertilisés, cette tendance serait donc à vérifier.

Nous pouvons dans tous les cas conclure que ces pratiques ne sont pas néfastes pour la diversité végétale. Broyer *et al.* (2009) n'ont d'ailleurs constaté aucune influence négative de ces pratiques sur la biodiversité. Cependant, Otto-Bruc (2001) et Vallod et Wezel (2010) considèrent que la fertilisation et le chaulage jouent un rôle dans la composition floristique du plan d'eau, ce qui serait à étudier.

➤ Profil des berges

Les tests de Student indiquent que le profil des berges (en pente douce ou abrupte) a une influence très significative sur les 4 variables de végétation (VMC, nombre d'hélophytes, nombre d'hydrophytes et nombre d'habitats) : les étangs qui ont des berges en pente douce ont une diversité végétale beaucoup plus forte que les autres. Cette tendance est confirmée par l'analyse non-inférentielle des degrés de diversité. En effet, des berges en pente douce permettent l'installation de vastes ceintures de végétation qui forment une succession végétale selon un gradient hydraulique (Figure 19), tandis que des berges aménagées en pente abrupte simplifient ou suppriment complètement ces ceintures (Foisil *et al.*, 1999 ; Otto-Bruc, 2001 ; Broyer *et al.*, 2009).

Le développement de ces ceintures de végétation a une influence à la fois sur les hélophytes, les hydrophytes et les amphiphytes. De nombreuses espèces patrimoniales se développent dans les zones de marnages (inexistantes dans le cas de berges abruptes), ce qui explique que la VMC soit plus forte. Le profil des berges dépend à la fois de la topographie du terrain, de la manière dont l'étang a été créé (un étang creusé à des berges plus abruptes qu'un étang créé en barrant un cours d'eau) et de la gestion (la vidange notamment, qui permet de développer les zones de marnage).

Les étangs « Dégradés » présentent tous des berges abruptes, de même que plus de 70% des étangs « Basiques ». Inversement, tous les étangs en « Très Haute » catégorie écologique et 86% des étangs en « Haute » catégorie écologique ont des berges en pente douce. Nous pouvons donc conclure que plus les berges de l'étang sont douces, plus la diversité des communautés végétales est forte.

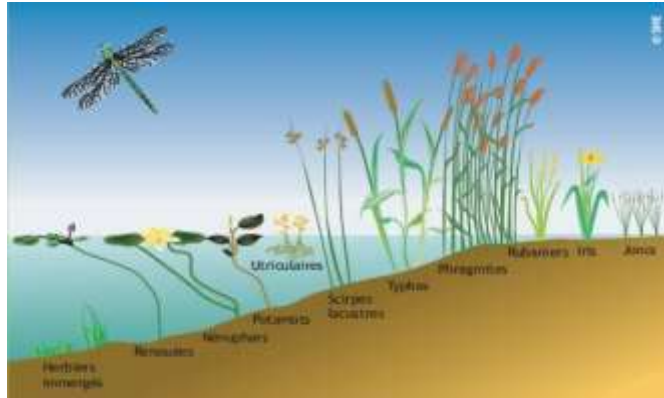


Figure 19 : Succession végétale d'une berge d'étang (Sologne Nature Environnement)

➤ Entretien des berges et de la ripisylve

Les tests de Student indiquent que l'entretien des rives a une influence très significative sur les 4 variables de végétation (VMC, nombre d'hélophytes, nombre d'hydrophytes et nombre d'habitats) : les étangs dont la ripisylve est entretenue ont une diversité végétale beaucoup plus forte que les autres. Cette tendance est confirmée par l'analyse non-inférentielle des degrés de diversité.

En effet, l'absence d'arbres riverains permet le développement des ceintures de végétation, tant au niveau des hélophytes que des hydrophytes et des amphiphytes. De plus, de nombreuses espèces patrimoniales se développent dans les zones de marnages (inexistantes dans le cas d'une forte colonisation par la végétation arborée), ce qui explique que la VMC soit plus forte. L'absence de ripisylve dépend directement du gestionnaire, car les saules et les aulnes poussent spontanément aux abords des étangs.

Nous avons d'ailleurs pu observer durant ces 4 années d'études l'évolution de la végétation herbacée d'un étang après la coupe des arbres riverains : au fur et à mesure, d'importantes cariçaies et roselières se sont (ré)installées là où les arbres avaient été coupés : cette action de restauration de la végétation herbacée a donc été efficace.

Tous les étangs « Dégradés » ou « Basiques » présentent des ripisylves non entretenues. Au contraire, plus de 90% des étangs en « Très Haute » catégorie écologique et presque 70% des étangs en « Haute » catégorie écologique présentent des ripisylves entretenues. Nous pouvons donc conclure que la diversité des communautés végétales est plus importante lorsque les berges des étangs sont entretenues.

V.4.3. Conclusion sur les variables influençant la diversité floristique

Les résultats présentés permettent de conclure que plusieurs variables physico-chimiques, d'usages et de gestion ont une influence significative sur la diversité végétale des étangs, et en particulier sur les hydrophytes. C'est le cas notamment de la surface de l'étang, de l'ancienneté de l'étang et surtout de la vocation de pisciculture à travers les pratiques de gestion extensives.

Ce sont à la fois l'origine du plan d'eau ainsi que sa gestion piscicole (vidange, mise en assec, entretien de la ripisylve, aménagement des berges en pente douce, apports au système en quantités raisonnables et qualité de l'eau) qui permettent l'installation et le maintien de la biodiversité végétale exceptionnelle observée dans cette étude.

VI. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'étude phytoécologique réalisée, avec l'appui des données bibliographiques, permet de comprendre comment une activité économique, la pisciculture en étang, a forgé et maintient une biodiversité exceptionnelle. Nous avons pu observer cette diversité floristique dans les 82 étangs inventoriés en Pays de la Loire, en identifiant environ 270 espèces de macrophytes dont 45 protégées, rares et/ou menacées. Enfin, nous avons essayé de mettre en relation cette biodiversité avec les variables écologiques et les pratiques de gestion piscicole employées par les pisciculteurs.

Les résultats montrent que les étangs piscicoles sont des réservoirs de biodiversité végétale, qu'ils jouent un rôle prépondérant dans la biodiversité régionale, et que cette biodiversité est plus importante que celle trouvée dans d'autres types de plans d'eau. Il va de soi que cette diversité floristique doit être préservée. Or, nous avons démontré que les pratiques de gestion traditionnelle de la pisciculture en étang telles que la vidange, la mise assec, l'entretien des rives, l'aménagement des berges en pente douce et la qualité de l'eau nécessaires à la production de poissons permettent l'installation et entretiennent cette végétation particulière. Ces pratiques employées depuis plusieurs siècles doivent donc être maintenues. La prédation par le Grand Cormoran rend la pisciculture extensive d'étang de moins en moins rentable et donne aux exploitants un sentiment d'échec grandissant, c'est donc la filière toute entière qui doit être soutenue si l'on veut sauvegarder la biodiversité des étangs piscicoles, et dans le même temps développer une activité économique durable.

L'année 2013 était la dernière année de cette étude, mais d'autres étangs piscicoles seront inventoriés dans les années à venir dans le cadre des ARGDE, et pourront venir enrichir ces résultats. Continuer l'inventaire des étangs des Pays de la Loire ne pourra qu'ajouter de la valeur à ce travail. A noter que pour que l'étude soit plus complète, il aurait fallu inventorier les autres compartiments biotiques (invertébrés, oiseaux, amphibiens...) mais actuellement rien n'est prévu sur cet aspect.

Cette étude comprend également une restitution des connaissances aux propriétaires et gestionnaires d'étangs et autres plans d'eau. Cela s'appuie sur la réalisation de comptes rendus des inventaires réalisés dans chaque étang ou plan d'eau avec des conseils de gestion personnalisés, ainsi que par la rédaction d'un « Guide de bonnes pratiques pour la gestion piscicole des étangs », et d'une flore numérique des étangs, tous deux accessibles sur le site internet du SMIDAP.

Liste des Figures

Figure 1 : Cartographie des 82 étangs inventoriés dans la région des Pays de la Loire, par départements et par bassins hydrographiques	10
Figure 2 : Répartition des 82 étangs inventoriés dans la région des Pays de la Loire, par départements et par bassins hydrographiques	10
Figure 3 : Exemples photographiques d'un transect et de deux quadrats réalisés sur un étang.....	13
Figure 4 : Distribution des 82 étangs inventoriés selon la roche mère.....	23
Figure 5 : Distribution des 82 étangs inventoriés selon l'occupation du bassin versant	23
Figure 6 : Distribution des 82 étangs inventoriés selon le type de connexion hydrographique	24
Figure 7 : Fréquences des différents types d'usages des 82 étangs inventoriés (exprimées en pourcentage)	25
Figure 8 : Fréquence des différentes espèces de poissons élevées dans les 46 étangs piscicoles inventoriés (exprimées en pourcentage)	26
Figure 9 : Fréquences des différentes techniques de gestion utilisées dans les 82 étangs inventoriés (exprimées en pourcentage)	27
Figure 10 : Nombre de macrophytes moyen (détaillé en nombre d'hélophytes et en nombre d'hydrophytes et d'amphiphytes) dans les 82 étangs inventoriés, avec l'intervalle de confiance au seuil de 5%.....	28
Figure 11 : Nombre moyen d'espèces déterminantes, rares et/ou menacées, protégées et invasives dans les 82 étangs inventoriés, avec l'intervalle de confiance au seuil de 5%	28
Figure 12 : Répartition des 82 étangs inventoriés en catégories écologiques, suivant les critères présentés dans les Tableau 13	30
Figure 13 : Représentation graphique de l'Analyse en Composantes Principales sur les 3 premiers axes.....	31
Figure 14 : Analyse statistique de la liaison entre l'entretien des rives de l'étang (0 : absence d'entretien, 1 : présence d'entretien) et le degré de biodiversité de l'étang.....	36
Figure 15 : Analyse statistique de la liaison entre l'alimentation des poissons (apports de céréales) et le degré de biodiversité de l'étang.....	37
Figure 16 : Comparaison du nombre moyen d'hélophytes entre les étangs et les autres types de plans d'eau, avec l'intervalle de confiance au seuil de 5%. Le test de Student indique que les moyennes sont significativement différentes au seuil de 5‰ (p.valeur = 8,15e-07).	39
Figure 17 : Comparaison du nombre moyen d'hydrophytes entre les étangs et les autres types de plans d'eau, avec l'intervalle de confiance au seuil de 5%. Le test de Student indique que les moyennes sont significativement différentes au seuil de 5‰ (p.valeur = 1,293e-07).....	40
Figure 18 : Comparaison du nombre moyen d'espèces protégées, rares et/ou menacées entre les étangs et les autres types de plans d'eau, avec l'intervalle de confiance au seuil de 5%. Le test de Student indique que les moyennes sont significativement différentes au seuil de 5‰ (p.valeur = 2,359e-09).	40
Figure 19 : Succession végétale d'une berge d'étang (Sologne Nature Environnement).....	50

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Enjeux et objectifs de l'étude.....	3
Tableau 2 : Proportion de macrophytes recensés dans les étangs inventoriés par rapport à l'ensemble des macrophytes de milieux humides ou aquatiques d'eau douce rencontrés dans les Pays de la Loire.....	15
Tableau 3 : Espèces protégées relevées dans les étangs (d'après Lacroix <i>et al.</i> , 2008).....	16
Tableau 4 : Espèces rares et/ou menacées dans les Pays de la Loire relevées dans les étangs (d'après Lacroix <i>et al.</i> , 2008 et Le Bail <i>et al.</i> , 2012).....	17
Tableau 5 : Espèces déterminantes dans les Pays de la Loire relevées dans les étangs (d'après la Liste des espèces floristiques déterminantes en Pays de la Loire de la DREAL, 2009).....	18
Tableau 6 : Macrophytes exotiques envahissants relevés dans les étangs (d'après la Liste des plantes vasculaires invasives des Pays de la Loire de Dortel <i>et al.</i> , 2013).....	19
Tableau 7 : Autres espèces exotiques envahissantes relevées dans les étangs (d'après la Liste des plantes vasculaires invasives des Pays de la Loire de Dortel <i>et al.</i> , 2013).....	20
Tableau 8 : Habitats des eaux douces stagnantes inventoriés dans les étangs (d'après CORINE Biotopes de Bissardon <i>et al.</i> , 1997 et le Cahier d'Habitats Humides Natura 2000 de Bardat <i>et al.</i> , 2001).....	21
Tableau 9 : Habitats des prairies humides et mégaphorbiaies inventoriés dans les étangs (d'après CORINE Biotopes de Bissardon <i>et al.</i> , 1997 et le Cahier d'Habitats Humides Natura 2000 de Bardat <i>et al.</i> , 2001).....	22
Tableau 10 : Habitats de végétation de ceinture des bords des eaux inventoriés dans les étangs (d'après CORINE Biotopes de Bissardon <i>et al.</i> , 1997).....	22
Tableau 11 : Distribution des variables quantitatives représentant les caractéristiques physico-chimiques des étangs.....	23
Tableau 12 : Attributions des scores aux espèces végétales relevées (d'après Oertli <i>et al.</i> , 2002 et Williams <i>et al.</i> , 2004).....	29
Tableau 13 : Critères de classement des étangs inventoriés en catégories écologiques (d'après Aquilina, 2005).....	30
Tableau 14 : Résultats des tests de Student de comparaison des moyennes sur le nombre d'hélophytes, le nombre d'hydrophytes, le nombre d'habitats et la VMC des 82 étangs inventoriés pour différentes variables bimodales d'usage.....	33
Tableau 15 : Résultats des tests de Student de comparaison des moyennes sur le nombre d'hélophytes, le nombre d'hydrophytes, le nombre d'habitats et la VMC des 82 étangs inventoriés pour différentes variables bimodales de gestion.....	34
Tableau 16 : Résultats des tests de Kruskal et Wallis de comparaison des moyennes sur le nombre d'hélophytes, le nombre d'hydrophytes, le nombre d'habitats et la VMC des 82 étangs inventoriés pour différentes variables multimodales.....	35
Tableau 17 : Résultats des analyses statistiques de la liaison entre différentes variables et le degré de biodiversité de l'étang.....	38

BIBLIOGRAPHIE

- Akasaka M., Takamura N., Mitsuhashi H., Kadono Y. 2010. – Effects of land use on aquatic macrophyte diversity and water quality of ponds. *Freshwater biology*. Vol. 55, No. 4, 909-922.
- Angélibert S., Marty P., Céréghino R., Giani N. 2004. – Seasonal variations in the physical and chemical characteristics of ponds: implications for biodiversity conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. Vol. 14, No. 5, 439-456.
- Aquilina R. 2005. – Ecological survey of freshwaters at Alderney Recreation Ground, Poole, Dorset. 23 p.
- Auderset Joye D., Oertli B., Lehmann A., Juge R., Lachavanne J.B. 2006. – The prediction of macrophyte species occurrence in Swiss ponds. *Hydrobiologia*. Vol. 570, No. 1, 175-182.
- Bachasson B. 1997. – Mise en valeur des étangs. 2nd ed. Editions Tec et Doc Lavoisier, 176 p.
- Balvay G. 1980. – Fonctionnement et contrôle du réseau trophique en étang. In Billard, « La pisciculture en étang ». INRA, 47-79.
- Banas D. 2001. – Flux de matières en étangs piscicoles extensifs : Rétention, Sédimentation, Exportation. Thèse de l'Université de Metz, 237 p.
- Barbe J., Schlumberger O., Bouretz N. 2000. – Evaluation de la production piscicole potentielle des étangs. *Ingénieries*. No. 22, 49-62.
- Bardat J., Bioret F., Botté F., Boulet V., Cornier T., Delahaye T., Dupieux N., de Foucault B., Gaudillat V., Grillas P., Guerlesquin M., Guyot I., Haury J., Lacoste A., Lambert E., Lazare J.-J., Le Clainche N., Muller S., Plaige V., Rameau J.-C., Yavercovski N. 2001. – Cahiers d'habitats Natura 2000. Tome 3 – Habitats humides, 456 p.
- Barnaud A., Bonnemaire J., Clément O., Forraz M., Fostier A., Gérard A., Girard S., Jouan Y., Lazard J., Le Bail P.-Y., Levadoux M., Médale F., Tocqueville A. 2007. – 5 scénarios pour la pisciculture française en 2021. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) – Pôle d'Hydrobiologie, 24 p.
- Bedeaux C. 2001. – La diversité floristique des étangs genevois. Détection des hot-spots et relation avec les variables morphologiques. Université de Tours, Laboratoire d'Ecologie et de Biologie Aquatique de l'Université de Genève, 84 p.
- Biggs J., Williams P., Whitfield M., Fox G., Nicolet P. 2002. – A guide to monitoring the ecological quality of ponds and canals using PSYM. Ponds Conservation Trust : Policy & Research Environment, Agency Project Leader, 13 p.
- Billard R., 1980. L'étang et l'agriculture des eaux. La pisciculture en étang, Eds INRA, PARIS, 15-28.
- Billard R. 2010. – *Derrière chez moi, y'a un étang – Les étangs, textes d'hier ; regards d'aujourd'hui et de demain*. Editions Quae, 303 p.
- Bissardon M., Guibal L., Rameau J.-C. 1997. – CORINE Biotopes – Version originale – Types d'habitats français. ENGREF, 175 p.
- Blondel L., Devineau P., Histace C. 2008. – Les étangs solognots, un patrimoine à préserver. Sologne Nature Environnement (SNE), Agence de l'Eau Loire-Bretagne, 16 p.
- Bobbé S. 2010. – Etude de l'impact de la population des grands cormorans sur les activités piscicoles et les milieux qui en dépendent. Ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche, Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, ITAVI, INRA, SciencesPo, 95 p.
- Bouin N., 2002. – Reconnaissance et valorisation des étangs de production piscicole en région Pays de la Loire. Université de Metz, SMIDAP, 63 p.
- Broyer J., Curtet L., Benmergui M., Chapuis A., Belloc A., Paligot S., Florit A., Guyot V. 2009. – Influence de la gestion piscicole sur la biodiversité des étangs continentaux en France – Contribution à la mise en œuvre des mesures aqua-environnementales. Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage (ONCFS), 76 p.

- Cadiou G. 2002. – Budget en eau des étangs piscicoles du Jura – Etude quantitative, qualitative et impact sur l'environnement. Conseil Régional de Franche-Comté, Syndicat Régional des Exploitants d'Etangs de Franche-Comté et de Bourgogne, 157 p.
- Céréghino R., Biggs J., Oertli B., Declerck S. 2008. – The ecology of European ponds: defining the characteristics of a neglected freshwater habitat. *Hydrobiologia*. Vol. 597, No.1, 1-6.
- Clément B. 1986. – Typologie des zones humides de Bretagne – Recherche de bio-indicateurs. Université de Rennes 1, S.R.E.T.I.E. Ministère de l'environnement, 151 p.
- Croft M.V., Chow-Fraser P. 2009. – Non-random sampling and its role in habitat conservation: a comparison of three wetland macrophyte sampling protocols. *Biodiversity and conservation*. Vol. 18, No. 9, 2283-2306.
- Davies B.R., Biggs J., Williams P.J., Lee J.T., Thompson S. 2008a. – A comparison of the catchment sizes of rivers, streams, ponds, ditches and lakes: implications for protecting aquatic biodiversity in an agricultural landscape. *Hydrobiologia*. Vol. 597, No. 1, 7-17.
- Davies B.R., Biggs J., Williams P.J., Whitfield M., Nicolet P., Sear D., Bray S., Maund S. 2008b. – Comparative biodiversity of aquatic habitats in the European agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Vol. 125, No. 1-4, 1-8.
- Del Pozo R., Fernández-Aláez C., Fernández-Aláez M. 2010. – An assessment of macrophyte community metrics in the determination of the ecological condition and total phosphorus concentration of Mediterranean ponds. *Aquatic Botany*. Vol. 92, No. 1, 55-62.
- Deliry P., Cadiou G. 2007. – Etude de l'impact des étangs implantés sur ou en dérivation des cours d'eau de première catégorie en tête de bassin hydrographique. Syndicat Régionale des Exploitants d'étang de Franche-Comté/Bourgogne, Conseil Régional de Franche-Comté, Bureau d'Etudes Eaux Continentales, 96 p.
- Dortel F., Lacroix P., Le Bail J., Geslin J., Magnanon S., Vallet J. 2013. – Liste des plantes vasculaires invasives des Pays de la Loire. Conservatoire Botanique National de Brest, Antenne régionale des Pays de la Loire, 38 p.
- DREAL des Pays de la Loire. 2009. – Liste des espèces floristiques déterminante en Pays de la Loire. Document xls. [En ligne].
- Dutartre A., Bertrin V. 2009. – Mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau dans les plans d'eau – Méthodologie d'étude des communautés de macrophytes en plans d'eau. Cemagref, Unité de Recherche Réseau Epuración et Qualité des Eaux. 28 p.
- EPCN (European Pond Conservation Network). 2007. – Developing the Pond Manifesto. *Annales de Limnologie – International Journal of Limnology*. Vol. 43, No. 4, 221-232.
- EPCN (European Pond Conservation Network). 2008. – The Pond Manifesto. EPCN, Ramsar, MAVA, 20 p.
- Fiot M. 2011. – Les conditions de pérennité et de développement de la pisciculture d'eau douce en Pays de la Loire. Syndicat Mixte pour le Développement de l'Aquaculture et de la Pêche en Pays de la Loire (SMIDAP), Université de Nantes, 110 p.
- Foisil C., Durbec A., Fougeirol D., Michelot J.-L., Morand A. 1999. – Zones humides : typologie et caractéristiques in Les zones humides et la ressource en eau – Guide technique. Agence de l'eau Loire-Bretagne, Etude sur l'eau n°89, 38 p.
- Gaillard T. 2010. – L'impact des pratiques culturelles en pisciculture d'étang sur leurs qualités écologiques. Filière Lorraine d'Aquaculture Continentale (FLAC), Région Lorraine, Conservatoire des Sites Lorrains, Universités de Nancy et de Metz, 84 p.
- Gaudillat V., Haury J. 2002. – Cahiers d'habitats Natura 2000 – Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire – 3 : Habitats humides. coll. B. Barbier & F. Peschadour (eds). La Documentation Française, 457 p.
- Glasser T., Maurer N. 2004. – Plan de gestion de l'étang de Lindre 2004-2014. Conseil Général de Moselle, Domaine de Lindre, 112 p.
- Godreau V., Bornette G., Frochot B., Amoros C., Castella E., Oertli B., Chambaud F., Oertli D., Craney E. 1999. – Biodiversity in the floodplain of Saône: a global approach. *Biodiversity and Conservation*. Vol. 8, No. 6, 839-864.

- Godron M. 2012. – *Ecologie et évolution du monde vivant – Volume 2 – L'échelle crée le phénomène*. Editions L'Harmattan, 1742 p.
- Haury J., Peltre M.C., Muller S., Thiébault G., Trémolières M., Demars B., Barbe J., Dutartre A., Daniel H., Bernez I., Guerlesquin M., Lambert E. 2000. – Les macrophytes aquatiques bioindicateurs des systèmes lotiques – Intérêt et limites des indices macrophytiques. Synthèse bibliographique des principales approches européennes pour le diagnostic écologique des cours d'eau. UMR INRA-ENSA EQHC Rennes & CREUM-Phytoécologie Univ. Metz, Agence de l'eau Artois-Picardie, 101 p. + ann.
- Indermuehle N., Angélibert S., Rosset V., Oertli B. 2010. – The pond biodiversity index "IBEM": a new tool for the rapid assessment of biodiversity in ponds from Switzerland – Part 2. Method description and examples of application. *Limnetica*. Vol. 29, No. 1, 105-120.
- Jousset A. 2007. – Plan de gestion 2008-2012 de sept étangs de Bresse jurassienne. Fédération Départementale des Chasseurs du Jura, Université de Poitiers, 59 p.
- Lacroix P., Le Bail J., Hunault G., Brindejonc O., Thomassin G., Guitton H., Geslin J., Poncet L. 2008. – Liste rouge régionale des plantes vasculaires rares et/ou menacées en Pays de la Loire. Conservatoire Botanique National de Brest, Antenne régionale des Pays de la Loire, 87 p.
- Lambert-Servien E. 1995. – Contribution à l'étude phytoécologique des étangs de l'Anjou et de ses proches limites. Thèse de l'Université de Rennes 1, 127 p.
- Lambert-Servien E., Haury J., Guerlesquin M. 1998. – Variabilité spatio-temporelle des groupements végétaux d'un étang angevin (France). *Annals of Limnology*. Vol.34, No.1, 23-33.
- Lambert-Servien E., Clémenceau G., Gabory O., Douillard E., Haury J., 2006. – Stonewort (Characeae) habitats and human activities in the Pays-de-la-Loire region, France. *Hydrobiologia*. No.570, 107-115.
- Le Bail J., Lambert E., Magnanon S. 2012. – Pour un inventaire actualisé des Characées dans l'ouest de la France. *E.R.I.C.A – Revue du Conservatoire Botanique National de Brest*. No. 25, 75-90.
- Le Bihan J., Font M. 2008. – Synthèse sur les zones humides françaises à destination des gestionnaires, élus et acteurs de terrain – Les étangs. Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables, Parcs Naturels Régionaux de France, 64 p.
- Le Louarn H., Birkan M. 2000. – The impact of physicochemical and biological characteristics of ponds on the nesting of the common pochard (*Aythya ferina*) in Mayenne. *Game & wildlife science*. Vol.17, No.3, 129-146.
- Linton S., Goulder R. 2000. – Botanical conservation value related to origin and management of ponds. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. Vol. 10, No.2, 77-91.
- Maisonneuve J.-L. 2000. – Plan de gestion de l'étang de Beaumont (Sologne). ENSA Rennes, Conservatoire du Patrimoine Naturel de la Région Centre, 65 p.
- Mouchart A., Tocqueville A. 2005. – Budget en eau des étangs piscicoles – Etude quantitative et qualitative et impact sur l'environnement. ACTA, ITAVI, ADARC, SEPIB, Université de Metz. Dossier No. 01/03-3, 68 p.
- Nicolet P., Ruggiero A., Biggs J. 2007. – Second European Pond Workshop: Conservation of pond biodiversity in a changing European landscape. *Annales de Limnologie – International Journal of Limnology*. Vol. 43, No. 2, 77-80.
- Oertli B., Auderset Joye D., Castella E., Juge R., Lachavanne J.B. 2000. – Diversité biologique et typologie écologique des étangs et petits lacs de Suisse. Laboratoire d'Ecologie et de Biologie Aquatique, Université de Genève. 341 p.
- Oertli B., Auderset-Joye D., Castella E., Juge R., Cambin D., Lachavanne J.B. 2002. – Does size matter? The relationship between pond area and biodiversity. *Biological Conservation*. Vol. 104, No. 1, 59-70.
- Oertli B., Céréghino R., Hull A., Miracle R. 2009. – Pond conservation: from science to practice. *Hydrobiologia*. Vol. 634, No. 1, 1-9.
- Otto-Bruc C., Haury J., Lefeuvre J.-C., Dumeige B., Pinet F. 2000. – Variations temporelles des populations de *Caldesia parnassifolia* (L.) Parl. dans les étangs de la Brenne (Indre, France). *Acta botanica gallica*. Vol.147, No.4, 375-397.

- Otto-Bruc C. 2001. – Végétation des étangs de la Brenne (Indre) – Influence des pratiques piscicoles à l'échelle des communautés végétales et sur une espèce d'intérêt européen : *Caldesia parnassifolia* (L.) Parl. Thèse du Muséum National d'Histoire Naturelle, 432 p.
- Prompt E., Guillerme N. 2011. – Les étangs piscicoles, un équilibre dynamique. Les cahiers techniques. Conservatoire Rhône-Alpes des Espaces Naturels, 27 p.
- Sager L., Lachavanne J.-B. 2009. – The M-NIP: a macrophyte-based Nutrient Index for Ponds. *Hydrobiologia*. Vol. 634, No. 1, 43-63.
- Schlumberger O. 2002. – Mémento de pisciculture d'étang. 4e édition. CEMAGREF, 237p.
- Soumassière C., Dutartre A., Cheyrou D. 2000. – Caractérisation de la qualité physico-chimique des eaux et des peuplements de macrophytes aquatiques de la Réserve Naturelle des Marais de Bruges – Contribution à la mise en place d'un suivi scientifique. Cemagref, Unité de recherche qualité des eaux. SEPANSO, étude n°55, 91 p.
- Trintignac P., Kerleo V. 2004. – Impact des étangs à gestion piscicole sur l'environnement. Syndicat Mixte pour le Développement de l'Aquaculture et de la Pêche en Pays de la Loire (SMIDAP), 68p.
- Trintignac P., Bouin N., Kerleo V. 2007. – Guide de bonnes pratiques pour la gestion piscicole des étangs dans les Pays de la Loire. Syndicat Mixte pour le Développement de l'Aquaculture et de la pêche en Pays de la Loire (SMIDAP), Syndicat des Propriétaires Fermiers Exploitants Poitou Vendée, Groupement des Aquaculteurs d'Eau Douce (GAED), 196 p.
- Trintignac P., Cotinaud-Lhuillier J., Brisard J.-F. 2008. – Evolutions géographiques et sociales des étangs et autres plans d'eau artificiels dans la région des Pays de la Loire. Syndicat Mixte pour le Développement de l'Aquaculture et de la Pêche en Pays de la Loire (SMIDAP), 75 p.
- Vallod D., Wezel A. 2010. – Influence des pratiques agropiscicoles sur la biodiversité des étangs de la Dombes (Ain, France) en vue d'une valorisation de produits du terroir. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne].
- Williams P., Biggs J., Whitfield M., Thorne A., Bryant S., Fox G., Nicolet P. 1999. – *The pond book – A guide to management and creation of ponds*. The pond conservation trust, 105 p.
- Williams P., Whitfield M., Biggs J., Bray S., Fox G., Nicolet P., Sear D. 2004. – Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England. *Biological conservation*. Vol. 115, No. 2, 329-341.
- Williams P., Whitfield M., Biggs J. 2008. – How can we make new ponds biodiverse? A case study monitored over 7 years. *Hydrobiologia*. Vol. 597, No. 1, 137-148.
- Wood P.J., Greenwood M.T., Agnew M.D. 2003. – Pond biodiversity and habitat loss in the UK. *Area*. Vol. 35, No. 2, 206-216.

Liste des Annexes

- **Annexe 1** : Convention type des « Actions Régionales de Gestion Durables des Etangs »....p59
- **Annexe 2** : Fiche de pré-diagnostic.....p60
- **Annexe 3** : Fiche d'inventaire.....p61
- **Annexe 4** : Classement des étangs en catégories écologiques.....p62

Annexe 1 : Convention type des « Actions Régionales de Gestion Durables des Etangs »

DEMANDE D'AIDE AUX ENTREPRISES AQUACOLES D'EAU DOUCE ET
PISCICULTURES EXTENSIVES EN ETANGS

NOM

Prénom

Préciser dans quel cadre s'effectue la demande : Propriétaire (uniquement fiches A1-A3-A7) Exploitant (uniquement fiches A1-A2-A4-A5-A6 et A7 sous conditions) Propriétaire/Exploitant.

Préciser le lieu dit, la commune et le nom de l'étang concerné par la demande :

Préciser si besoin la raison sociale
(SIRET)

ADRESSE
.....
.....
.....

Téléphone.....Email.....

Préciser l'aide ou les aides demandée(s) :

- (A1) Pré-diagnostic et inventaire **OBLIGATOIRE**
- (A2) Conservation des formations végétales constituant les habitats des étangs
- (A3) Restauration de la végétation aquatique ou aménagement favorable pour la végétation (zone délimitée lors du pré-diagnostic)
- (A4) Mise à sec estival des étangs (au moins 1 sur les 5 ans) (remise en eau au plus tôt le 15/08)
- (A5) Elimination des espèces végétales invasives (exotiques envahissantes)
- (A6) Lutte contre les espèces animales envahissantes
- (A7) Entretien ou amélioration des structures annexes (digues, fossés d'alimentation en eau, systèmes de vidange, ouvrages annexes...)

Je demande à bénéficier de l'aide attribuée par la Région des Pays de la Loire au titre de la pisciculture d'étang et m'engage au respect des conditions d'attribution et d'application correspondantes.

L'étang concerné a ou devra avoir un usage de pisciculture (au sens définition européenne).

Je m'engage ainsi à respecter et à mettre en œuvre les actions régionales pour lesquelles je me suis engagé pendant une durée de 5 ans.

Fait à Le

Signature

Pièces jointes :

- Relevé d'identité bancaire.
- SIRET ou extrait K-bis
- Fiche des aides de *minimis* renseignée.

Annexe 2 : Fiche de pré-diagnostic

Fiche de pré-diagnostic		Date : ___ / ___ / ___
Étang : _____		
Propriétaire : _____ Exploitant : _____		
Gardiennage (coordonnées gardiens) : _____		
Commune (Département) : _____ (_____)		
Lieu dit : _____		
<hr/>		
Caractéristiques générales :		
Superficie : _____ ha Superficie du BV : _____ ha		
Nombre d'étangs/ superficies (si fractionnés) : _____		
Profondeur moyenne : _____ m Age (à défaut l'âge au lieu) : _____		
Étang : eaux « closes » ; de barrage ; en chaîne d'étang (question) _____		
Tête de BV : oui non ; Bassin hydrographique : _____		
Occupation du BV : _____		
Roche-mère : _____		
<hr/>		
Mode de gestion :		
Poissons élevés : Carpe _____ ; Tanche _____ ; Black Bass _____ ; Brochet _____ ; Perche _____ ; Sandre _____ ; Silure _____ Gardon _____ ; Rotengle _____ ; Autres : _____		
Poissons présents : _____		
Vidange : non oui Fréquence (date) : _____		
Alimentation étang : Affluents BV (travaux) Autres : _____		
Temps de remplissage : _____		
Assec : Jamais Raisons : _____ Oui Date du dernier : _____ Fréquence : _____		
Chaulage : Jamais Oui Fréquence : _____ Produits (et quantités) : _____		
Fertilisation : Jamais Oui _____		
<hr/>		
Compléments alimentaires/ Appât : Jamais Oui _____		
Faucardage : Jamais Oui _____		
Activités (autres que pisciculture) : Non Classe _____ Pêche à la ligne _____ Autres : _____		
<hr/>		
Présence d'espèces nuisibles :		
Espèces végétales invasives : Jussie Myriophylle du Brésil Renouée Lagarosiphon Elodée (E. canadensis ; E. nuttallii) Egéria		
Espèces animales invasives : Ragondin Rat musqué Perche soleil Poisson chat Ecrevisse exotique (E. de Louisiane E. américaine E. Californienne) Ibis sacré Erismature rousse		
Espèces problématiques : Cormoran Héron Aigrette Mouette Rat gris Nénuphar Autres : _____		
<hr/>		
Actions demandées :		
Action A1 : Convention de base (pré-diagnostic, inventaire floristique)		
Action A2 : Conservation des habitats		
Action A3 : Restauration de la végétation aquatique		
Action A4 : Mise en assec « estivale »		
Action A5 : Elimination des espèces végétales invasives		
Action A6 : Lutte contre les espèces animales envahissantes		
Action A7 : Entretien des structures annexes		

Annexe 4 : Classement des étangs en catégories écologiques

Dénomination	Espèces protégées	Espèces rares ou menacées	Macrophytes	Habitats	VMC	Catégorie écologique
E_ALL_53	3	3	96	32	1,76	Très Haute
E_BAR_53	0	0	48	14	1,8	Basique
E_BDB_53	0	1	58	19	1,36	Intermédiaire
E_BEA_44	1	1	57	19	1,37	Intermédiaire
E_BEN_44	1	0	59	17	1,54	Haute
E_BLI_44	3	11	86	34	2,35	Très Haute
E_BOD_53	0	0	36	15	0,89	Basique
E_BOI_72	0	0	24	6	1	Dégradée
E_BON_72	4	4	95	34	1,98	Très Haute
E_BON_49	0	0	41	6	1,07	Basique
E_BOUG_85	1	6	83	28	1,60	Haute
E_BOUP_85	0	2	56	18	1,07	Intermédiaire
E_CAB_44	0	0	50	12	1	Basique
E_CHAN_53	0	1	60	18	1,18	Intermédiaire
E_CHAT_85	0	3	63	21	1,51	Haute
E_CHAU_53	0	3	64	20	1,36	Intermédiaire
E_CLE_44	2	1	68	25	1,51	Haute
E_COR_49	0	1	48	14	1,25	Intermédiaire
E_COUB_44	2	3	54	16	1,81	Haute
E_COUD_49	0	0	31	5	1,23	Basique
E_COUH_44	2	5	63	21	1,90	Très Haute
E_COUM_44	3	3	41	13	2,34	Très Haute
E_COUR_44	0	3	71	23	1,14	Haute
E_CUR_53	1	6	104	34	1,58	Très Haute
E_DAV_72	0	6	53	17	1,56	Haute
E_ETA_72	0	1	47	20	1,28	Intermédiaire
E_FENG_53	0	0	39	14	1,08	Basique
E_FENP_53	0	1	38	13	1,16	Intermédiaire
E_FOR_53	1	3	96	27	1,25	Haute
E_FRO_44	0	0	26	8	1,12	Basique
E_FOU_85	1	0	50	15	1,48	Intermédiaire
E_GAL_53	0	1	56	15	1,20	Intermédiaire
E_GDP_53	1	8	78	23	1,83	Très Haute
E_GME_53	0	9	109	31	1,50	Très Haute
E_GMO_53	2	2	47	15	1,98	Haute
E_GOUE_53	1	2	78	21	1,38	Haute
E_GOUG_44	1	0	34	8	1,47	Intermédiaire
E_GOUP_44	0	0	16	4	1,19	Dégradée
E_GRU_44	1	1	34	10	1,47	Intermédiaire
E_GSI_72	2	5	70	24	1,90	Très Haute
E_GUI_53	0	0	45	13	1,16	Basique
E_GUY_53	0	0	22	8	1,05	Basique
E_HUN_44	1	0	52	19	1,40	Intermédiaire
E_JAR_44	0	1	33	9	1,30	Intermédiaire

E_LAN_53	0	0	30	13	0,93	Basique
E_MAI_53	1	2	42	16	1,76	Haute
E_MAR_72	1	1	56	19	1,59	Haute
E_MDB_53	0	0	46	13	1,13	Basique
E_MDD_72	0	0	36	7	1,31	Intermédiaire
E_MDH_53	0	1	43	17	1,14	Intermédiaire
E_MOL_72	0	0	26	8	1,04	Basique
E_MON_53	0	2	50	17	1,34	Intermédiaire
E_MOT_53	0	5	65	17	1,51	Haute
E_NAL_85	0	0	12	3	1,08	Dégradée
E_NDC_72	0	1	49	16	1,29	Intermédiaire
E_NDR_85	0	3	68	20	1,24	Haute
E_NDS_72	0	1	37	11	1,30	Intermédiaire
E_NEU_53	4	9	93	32	2,28	Très Haute
E_PAV_49	0	4	46	17	1,48	Haute
E_PDC_53	0	0	31	10	1,06	Basique
E_PER_49	3	3	56	21	2,00	Très Haute
E_PIN_44	1	0	42	14	1,45	Intermédiaire
E_PLE_44	0	1	62	21	1,18	Intermédiaire
E_POI_44	2	7	94	33	1,79	Très Haute
E_PRE_53	0	0	55	18	1,05	Intermédiaire
E_PRO_44	3	7	111	33	1,69	Très Haute
E_PVI_44	4	4	76	24	2,12	Très Haute
E_ROC_44	0	1	49	13	1,06	Intermédiaire
E_ROC_53	0	1	63	15	1,03	Intermédiaire
E_ROSG_53	0	5	70	19	1,37	Haute
E_ROSP_53	0	0	49	13	1,10	Basique
E_SAL_53	0	4	43	13	1,56	Haute
E_SAU_49	4	3	71	24	2,08	Très Haute
E_SBL_49	0	2	41	14	1,51	Intermédiaire
E_SMAG_44	1	2	51	14	1,73	Haute
E_SMAP_44	1	1	24	8	2,04	Intermédiaire
E_SNI_49	0	1	72	22	0,99	Intermédiaire
E_SOU_53	1	3	61	24	1,62	Haute
E_TER_53	1	1	77	22	1,44	Haute
E_TRE_49	1	3	41	16	1,76	Haute
E_TRI_44	0	0	35	10	1,00	Basique
E_VIL_53	1	4	71	18	1,52	Haute