



HAL
open science

Étude de l'influence de la gestion piscicole sur les anatidés nicheurs des étangs de Sologne et proposition de mesures de gestion en faveur de leur habitat

Chloé Boullard

► **To cite this version:**

Chloé Boullard. Étude de l'influence de la gestion piscicole sur les anatidés nicheurs des étangs de Sologne et proposition de mesures de gestion en faveur de leur habitat. Sciences agricoles. 2014. dumas-01090502

HAL Id: dumas-01090502

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01090502>

Submitted on 3 Dec 2014

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

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

AGROCAMPUS OUEST

CFR Angers

CFR Rennes



Année universitaire : 2013-2014

Spécialité :

Génie de l'Environnement

Spécialisation (et option éventuelle) :

Préservation et Aménagement des Milieux-
Ecologie Quantitative

Mémoire de Fin d'Études

d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage

de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage

d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Etude de l'influence de la gestion piscicole sur les anatidés nicheurs des étangs de Sologne et proposition de mesures de gestion en faveur de leur habitat

Par : Chloé Boullard



Crédit photo : Valla T.

Soutenu à Rennes le 19 septembre 2014

Devant le jury composé de :

Président : Manuel Plantegenest

Maître de stage : Sylvain Richier

Enseignant référent : Yannick Outreman

Specialiste : Loïc Marion, UMR Ecobio

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Fiche de confidentialité et de diffusion du mémoire

Confidentialité :

Non Oui si oui : 1 an 5 ans 10 ans

Pendant toute la durée de confidentialité, aucune diffusion du mémoire n'est possible⁽¹⁾.

A la fin de la période de confidentialité, sa diffusion est soumise aux règles ci-dessous (droits d'auteur et autorisation de diffusion par l'enseignant).

Date et signature du maître de stage⁽²⁾ :

24/09/2014

Droits d'auteur :

L'auteur⁽³⁾ autorise la diffusion de son travail

Oui Non

Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement⁽⁴⁾

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire (joindre dans ce cas la fiche de conformité du mémoire numérique et le contrat de diffusion)

Date et signature de l'auteur : 22/09/2014

Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant :

L'enseignant juge le mémoire de qualité suffisante pour être diffusé

Oui Non

Si non, seul le titre du mémoire apparaîtra dans les bases de données.

Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement⁽⁴⁾

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire

Date et signature de l'enseignant : 23/09/2014

Yannick OUTREMAN

(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.

(2) Signature et cachet de l'organisme

(3) Auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études

(4) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont apporté leur aide durant la réalisation de ce mémoire.

Tout d'abord, il me semble important de remercier tous les propriétaires et gestionnaires qui ont autorisé l'accès à leurs étangs et sans qui l'étude n'aurait pas pu être réalisée.

Je tiens à remercier mon maître de stage, Sylvain Richier, pour ses conseils tout au long de l'étude, ainsi que l'ensemble des personnes également impliquées dans les suivis : Luc Barbier, Erwan Blottière, et les agents des services départementaux du Cher, du Loir-et-Cher et du Loiret

Tout particulièrement, Christophe Renaud et Bruno Riotton pour le temps qu'ils nous ont consacré pour partager leurs connaissances en botanique, Richard Lamberet et David Dardon pour leur aide lors de la finalisation de l'échantillon

Yannick Outreman, mon tuteur, pour son appui en statistiques

Thibaut Valla, pour ses réponses à mes interrogations sur l'étude de l'an dernier

Toutes les personnes de la Délégation interrégionale Centre-Ile de France pour leur accueil et notamment Emmanuelle De Araujo pour sa disponibilité et son appui technique

Joël Broyer et Laurence Curtet pour leur accueil en Dombes et leur soutien pour le traitement statistique des données

Le directeur et les employés du centre de formation du Bouchet pour leur accueil chaleureux

Sylvain Devillard et Alain Foulon de la Fédération De Chasse du Loiret, pour leur réponse à mes interrogations et leur accueil

Messieurs Doyon et Hennequart, pisciculteurs, pour le temps qu'ils nous ont accordé

Pierre Bourdaud, pour son appui tout au long du stage

Sommaire

1. Introduction	1
1.1. Les étangs de Sologne accueillent une biodiversité importante.....	1
1.2. L'évolution des pratiques de gestion a un impact présumé sur la biodiversité des étangs.....	2
1.3. Les anatidés sont utilisés comme indicateurs de la qualité de l'environnement.....	3
2. Matériel et Méthodes.....	6
2.1. Moyens techniques et protocole d'échantillonnage	6
2.2. Suivi des anatidés	8
2.3. Enquête de gestion	9
2.4. Prélèvement de sédiments et mesure de la transparence.....	10
2.5. Suivi de végétation	11
2.6. Méthodes d'analyse des données	12
2.6.1. Détermination du nombre de couples et de nichées d'anatidés.	12
2.6.2. Prise en compte des données.....	13
2.6.3. Traitement des données.....	13
3. Résultats	15
3.1. Premiers résultats à l'issue de l'enquête de gestion	15
3.2. Facteurs environnementaux et modes de gestion influençant la reproduction des anatidés.....	16
3.2.1. Description des étangs et liens entre facteurs environnementaux, modes de gestion et réussite de la reproduction.....	16
3.2.2. Explication des liens entre facteurs environnementaux, modes de gestion, et réussite de la reproduction.....	20
3.3. Influence des variables environnementales sur les herbiers de macrophytes.	23
4. Discussion	23
4.1. Limites et biais	23
4.2. Premiers résultats à l'issue de l'enquête de gestion	26
4.3. Explication des liens entre facteurs environnementaux, modes de gestion et réussite de la reproduction.....	26
4.4. Influence des variables environnementales sur les herbiers de macrophytes	28
5. Conclusion.....	29
6. Bibliographie.....	
7. Sitographie	
Annexes	
Annexe 1 : Exemple d'une fiche de terrain pour le dénombrement des adultes.....	
Annexe 2 : Exemple d'une fiche de terrain pour le dénombrement des nichées.	
Annexe 3 : Fiche utilisée pour l'enquête de gestion	
Annexe 4 : Exemple d'une fiche de terrain pour le suivi de la végétation	
Annexe 5 : Description des dimensions de l'ACM « anatidés » par les variables qualitatives ou les modalités.....	

Glossaire des abréviations

- **ACM** : Analyse des Correspondances multiples.
- **DOCOB** : Document d'objectifs (plan de gestion du site Natura 2000).
- **CNERA** : Centre National d'Etudes et de Recherches Appliquées.
- **GLM** : Modèle Linéaire Généralisé.
- liste **MAR** : premières lettres des termes désignant les marais et autres zones humides dans un grand nombre de pays européens.
- **ONCFS** : Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage.
- **UICN** : Union Internationale de Conservation de la Nature.
- **ZPS** : Zone de Protection Spéciale.
- **ZNIEFF** : Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique.

Liste des figures

Figure 1 : Cycle de vie « type » d'un étang (source : Mayeux, 2012 ; d'après Banas, 1997 ; Bouin, 2002).....	1
Figure 2 : Cartographie des principales régions d'étangs françaises (source : Boullard C.).	4
Figure 3 : Représentation de notre échantillon d'étangs (en rouge) réparti sur les 3 départements d'étude (source : Boullard C.).....	8
Figure 4 : gauche) Benne Van Veen (crédit photo : Boullard C., mars 2014) et droite) Schéma du prélèvement des sédiments (source : Boullard C.).....	10
Figure 5 gauche haut) Exemple d'un étang en végétation haute, droite haut) Exemple d'un étang en végétation basse, et bas) Exemple d'un étang en saule (crédits photos : Boullard C. , juillet 2014).	11
Figure 6 : Facteurs environnementaux et de gestion dans le plan factoriel 1-2 issu de l'ACM (absence-présence : modalités du facteur « herbier », cf Tableau 5).	17
Figure 7 : Individus étangs dans le plan factoriel 1-2 issu de l'ACM.....	17
Figure 8 : Variables illustratives dans le plan factoriel 1-2 issu de l'ACM.	17
Figure 9 : Facteurs environnementaux et de gestion dans le plan factoriel 3-4 issu de l'ACM (absence-présence : modalités du facteur « herbier », cf Tableau 5).	19
Figure 10 : Individus étangs dans le plan factoriel 3-4 issu de l'ACM.....	19
Figure 11 : Variables illustratives dans le plan factoriel 3-4 issu de l'ACM.	19
Figure 12 : Répartition du nombre de couples de canards plongeurs (divisé par $\sqrt{\text{Surface}}$) selon la fréquence de vidange* (à gauche) et la catégorie de végétation** (à droite) (*1 : 1-2-3 ans, 2 : entre 4 et 10 ans, 3 : supérieure à 10 ans/ **1 : végétation haute, 2 : végétation basse, 3 : Saulaie).....	21
Figure 13 : Répartition du nombre de couples de canards plongeurs (divisé par $\sqrt{\text{Surface}}$) selon l'assec (à gauche) et l'amendement (à droite) réalisés ou non.	21
Figure 14 : Répartition du nombre de couples de canards plongeurs (divisé par $\sqrt{\text{Surface}}$) selon les différentes modalités des interactions assec+amendement* (à gauche) et fréquence de vidange+herbiers** (à droite) (*A : assec, a : amendement/ **1 : 1-2-3 ans, 2 : entre 4 et 10 ans, 3 : supérieure à 10 ans).	22
Figure 15 : Répartition de la densité de nichées de canards plongeurs selon la fréquence de vidange (1 : 1-2-3 ans, 2 : entre 4 et 10 ans, 3 : supérieure à 10 ans).	22
Figure 16 : Evolution du nombre cumulé des éclosions en fonction de la date.....	24

Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse de l'ensemble des suivis réalisés dans le cadre de l'étude.....	6
Tableau 2 : Echantillon établi au début de l'étude 2014.....	7
Tableau 3 : Intervalles des classes obtenues avec la méthode de discrétisation sur le jeu de données des 59 étangs de l'ACM « anatisés » (en jaune), des 58 étangs de l'ACM « herbiers » (en vert), et des 59 étangs des variables à expliquer des 2 GLM « anatisés » (en bleu). *HB : héliophytes bas, / *HH :héliophytes hauts.	14
Tableau 4 : Echantillon final à l'issue de l'étude 2014.....	15
Tableau 5 : Récapitulatif des variables de l'ACM (en rouge pour les variables rentrant dans la construction de l'ACM, en vert pour les variables illustratives) et des facteurs et covariables du GLM « anatisés » (en rouge) (*HB=héliophytes bas, HH=héliophytes hauts ; **données quantitatives, dont les modalités sont valables pour l'ACM, mais pas pour le GLM, ce qui est logique).....	16
Tableau 6 : Récapitulatif des variables de l'ACM et du GLM « anatisés ».	16

1. Introduction

1.1. Les étangs de Sologne accueillent une biodiversité importante.

Il n'existe pas de définition précise du terme « étang ». Mais il est tout de même possible de caractériser un étang par une étendue d'eau douce stagnante le plus souvent créée par l'homme à partir d'une dépression topographique naturelle, et possédant un système de vidange. Sa superficie est supérieure à 1000 m² (en dessous, il s'agit plus d'une mare ou d'un bassin). Il est de faible profondeur (généralement inférieure à trois mètres), d'où une absence de stratification thermique permanente, contrairement au lac, où les rayons solaires ne pénètrent pas jusqu'au fond (Faverot, 2011 ; Le Bihan et Font, 2008). Les étangs traditionnels ont été aménagés au cours des siècles, dans le but premier de produire des poissons, et secondairement pour d'autres utilisations compatibles : réserve d'eau, abreuvement des animaux ou chasse (Hennequart, 1999 ; Ingénierie de l'Environnement et de l'Aménagement, 2011). L'étang piscicole est donc à la fois un écosystème et un espace de production de biomasse piscicole (Broyer, 2007).

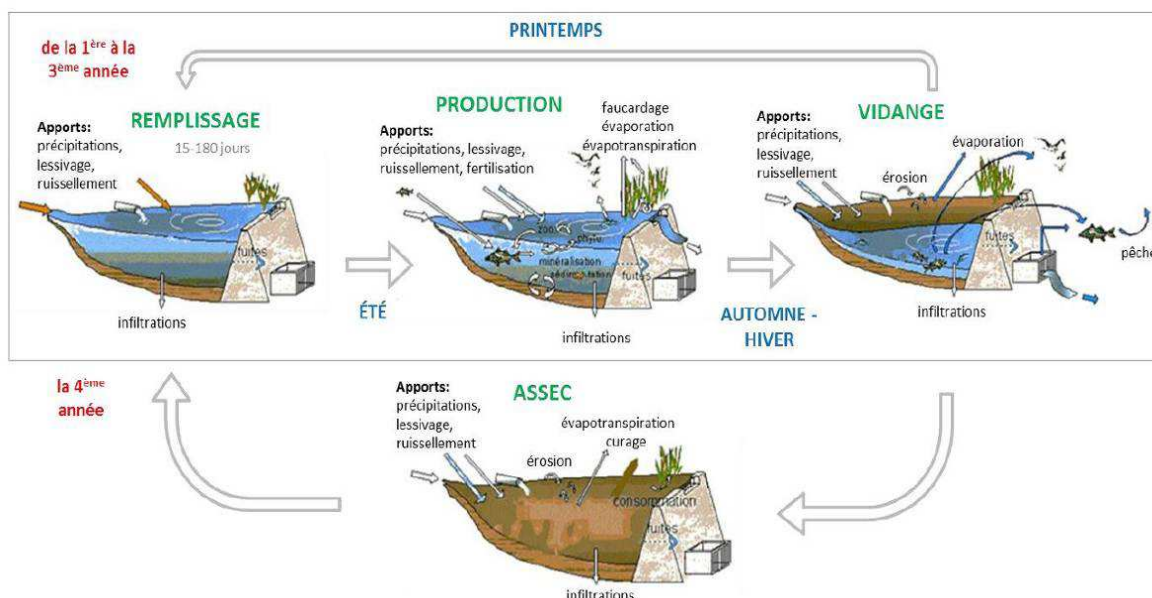


Figure 1 : Cycle de vie « type » d'un étang (source : Mayeux, 2012 ; d'après Banas, 1997 ; Bouin, 2002).

L'exploitation piscicole d'un étang s'effectue selon un cycle (Figure 1). Le remplissage de l'étang se déroule entre l'automne et le printemps de l'année N, puis l'empoissonnement est réalisé. La vidange et la pêche de l'étang ont lieu entre octobre et mars de l'année N+1 (ou N+2, ou N+3, etc.. Ceci dépendant de la fréquence de pêche). Grâce à une bonde, ouvrage de vidange, on vide l'étang progressivement. Une quantité d'eau suffisante est conservée dans la "pêcherie" (trou en eau plus profond creusé devant la bonde) afin que les poissons restent en vie lors de la vidange et de la pêche. Une phase supplémentaire intervient parfois: l'assec. L'étang, après la pêche, n'est pas rempli, et reste asséché pendant au moins un an ce qui permet la minéralisation naturelle de la matière organique des sédiments. L'étang est soit labouré et mis en culture (avoine, maïs...), soit inexploité, et une végétation spontanée s'installe (Faverot, 2011 ; Le Bihan et Font, 2008).

Créés dès le Moyen-âge, les étangs sont particulièrement abondants dans sept régions de France: la Dombes, le Forez, la Lorraine, la Brenne, la Bresse, la Champagne

humide et la Sologne (Trotignon, 2000). Les complexes d'étangs piscicoles constituent des réservoirs importants de biodiversité, et leur capacité d'accueil des oiseaux à différentes phases de leur cycle annuel est largement reconnue (Bernard, 2008 ; Bukacinska *et al.*, 1996). La Sologne constitue d'ailleurs une zone humide d'importance internationale pour différentes raisons. Tout d'abord, elle compte plus de 3 000 étangs sur près de 500 000 hectares. Ensuite, sa richesse floristique était évaluée à plus de 1 200 espèces de plantes supérieures, avec une cinquantaine de mammifères et plus de 200 espèces d'oiseaux recensées en 1999 (Sajaloli, 1999). En effet, sa localisation géographique au creux de la Loire en fait une région privilégiée pour l'accueil des oiseaux migrateurs. La Sologne figure dès 1965 sur la liste MAR de l'UICN, et a été intégrée dans l'inventaire des zones humides d'importance internationale pour les oiseaux d'eau en 1980 (Groupe ornithologique de Sologne nature environnement, 1999). L'étroite intrication entre milieux humides et secs, ouverts et forestiers, ajoute à la spécificité de la Sologne (Sajaloli, 1999). Une Zone de Protection Spéciale (ZPS) « Etangs de Sologne » de 29 624 hectares a été désignée en 2006 dans le département du Loir-et-Cher. Elle accueille un grand nombre d'espèces figurant à l'Annexe I de la Directive Oiseaux, avec notamment trente espèces observées au cours des vingt dernières années, dont le Héron pourpré (*Ardea purpurea*), le Busard des roseaux (*Circus aeruginosus*) ou encore la Guifette moustac (*Chlidonias hybrida*). Le site Natura 2000 inclut 11 ZNIEFF de type I (Ingénierie de l'Environnement et de l'Aménagement, 2011).

1.2. L'évolution des pratiques de gestion a un impact présumé sur la biodiversité des étangs.

Depuis deux décennies, un abandon de l'exploitation piscicole régulière de nombreux étangs de Sologne est constaté. Un pisciculteur qui exploite les étangs chez les propriétaires peut perdre aujourd'hui entre un et deux propriétaires tous les ans (Doyon, pisciculteur, communication personnelle, 8 juillet 2014). Les raisons de cette déprise sont multiples : Les étangs piscicoles de Sologne, avec leurs sols peu fertiles, sont exploités de façon extensive, sans fertilisation ni apport d'aliments complémentaires pour la plupart. Les eaux de ruissellement des bassins versants pourraient apporter des éléments fertilisants, mais la plupart des terres sont aujourd'hui inexploitées ou remplacées par la forêt. Le volume des productions piscicoles est donc assez faible. A cela s'ajoute les prix de vente bas des poissons, qui n'ont pas changé depuis plusieurs décennies alors que les frais généraux de gestion des étangs augmentent régulièrement. Le faible bénéfice de l'exploitant se transforme en déficit au moindre incident. Pour accentuer le tout, depuis les années 80, l'hivernage d'importants groupes de Grand cormoran (*Phalacrocorax carbo*) semble poser problème. En 1999, les pisciculteurs évaluaient la perte financière résultant de leur prédation à 20-25% du potentiel de production des étangs solognots (Hennequart, 1999). Cependant, dans la région de la Dombes, une étude réalisée par l'ONCFS et l'école vétérinaire de Lyon au cours des automnes 1996 et 1997 a abouti à des résultats plus mitigés : les prélèvements directs par le Héron cendré et le Grand cormoran ont été estimés à 4 à 5 % de la production totale, auxquels s'ajoutent les pertes dues aux poissons blessés non commercialisables, évaluées à environ 3% de la production totale (Broyer *et al.*, 2005). Les cormorans sont protégés totalement depuis 1976. Selon les exploitants et les pisciculteurs, face à leur multiplication importante et aux dégâts causés, cette mesure de protection ne devrait pas être maintenue. Cependant, des autorisations de tir ont été accordées, mais de façon trop parcimonieuse selon les exploitants et pisciculteurs (Hennequart, 1999).

Or en moins de trente ans, en l'absence de gestion, un étang peut "naturellement" disparaître. En effet, dans les premières années après la création d'un étang, des espèces dites pionnières apparaissent (élatine, potamots à feuilles étroites, renoncules, etc.). Puis la matière

organique s'accumule, et des plantes de plus grande taille dominant (grands potamots, châtaignes d'eau). Si l'étang est riche en nutriments, cette accumulation entraîne la disparition des végétaux aquatiques au profit du phytoplancton ainsi que l'atterrissement progressif de l'étang, principalement avec le développement des herbiers de bordure (roselières, jonchaies). En l'absence de gestion, ces derniers sont progressivement remplacés par des boisements, notamment les saules, au fur et à mesure de l'exhaussement du plancher de l'étang. Ceci aboutit à terme à la disparition de l'étang (Faverot, 2011).

Différentes études sont menées dans plusieurs régions afin d'évaluer l'impact de l'activité piscicole sur la biodiversité. On peut citer une étude menée en Brenne (centre de la France), en 1999, 2000 et 2001, période pendant laquelle l'activité piscicole dans cette région était un peu plus intensive qu'aujourd'hui. Cette étude a mis en évidence le fait que l'application de fumier favoriserait l'augmentation du nombre de poissons, mais également de la biomasse d'invertébrés (potentiellement proies pour les canards, ce qui limite la concurrence avec le poisson). Cependant, la pisciculture serait favorable à la reproduction des canards jusqu'à un certain seuil : à condition que le stock de poissons soit en dessous de 500kg/ha, que la turbidité de l'eau ne gêne pas le développement d'herbiers de macrophytes et que des ceintures d'hélophytes assez larges soient disponibles pour la nidification (Broyer et Curtet, 2011). Il est important de préciser que ce seuil a été obtenu en Brenne, région où le chargement piscicole (en carpes principalement) influe sur les herbiers de macrophytes par affouillement direct et par mise en suspension des sédiments, d'où une turbidité accrue qui gêne les herbiers. Le terme « herbiers de macrophytes » est utilisé pour des plantes totalement immergées ou avec des feuilles flottant à la surface et/ou l'inflorescence au dessus de l'eau, et incluant certaines espèces poussant en larges patches au milieu des étangs (Broyer et Curtet, 2012).

Sans aller jusqu'au comblement total des étangs, la Sologne est en marche vers un abandon de la gestion de ses étangs. On peut citer les populations de Butor étoilé (*Botaurus stellaris*) et de Blongios nain (*Ixobrychus minutus*) qui se sont effondrées et se comptent désormais en quelques rares unités, tout comme le Busard des roseaux (*Circus aeruginosus*). Ces espèces souffrent probablement d'une régression générale des roselières due à plusieurs facteurs, notamment l'atterrissement des étangs, la pression d'herbivorie exercée par les ragondins, l'anoxie, et le manque de nutriments dans l'eau et le sédiment. Cette régression des roselières semble également affecter la Rousserolle turdoïde (*Acrocephalus arundinaceus*) et la Locustelle luscinoïde (*Locustella luscinioides*) (Groupe ornithologique de Sologne nature environnement, 1999) dont les effectifs nicheurs ont disparu.

1.3. Les anatidés sont utilisés comme indicateurs de la qualité de l'environnement.

L'utilisation d'indicateurs de biodiversité revient à considérer que la présence de ces espèces ou ensemble d'espèces est censée augmenter la probabilité que d'autres éléments de biodiversité puissent être trouvés sur le même site (BROYER *et al.*, 2009). Ici nous allons plus particulièrement nous intéresser à l'indicateur anatidés nicheurs. La famille des *Anatidae* regroupe les canards (groupe des *Anatinae*), mais également les oies et les cygnes (groupe des *Anserinae*). Les caractères communs à ces oiseaux, aux pieds au moins en partie palmés et dont les jeunes savent nager peu après leur naissance, datent au moins de 50 millions d'années (Broyer, 2006). L'utilisation des oiseaux comme bio-indicateurs est abordée par de nombreuses autres études, en milieu continental (Paillisson *et al.*, 2002) comme marin (Einoder, 2009 ; Piatt *et al.*, 2007). Mais les anatidés sont également considérés comme de bons indicateurs de biodiversité (Queensland Government, 2013). En effet, les canards sont fortement liés aux ceintures de végétation qui leur servent de lieu de nourrissage, de zones de

dissimulation des nids, et de protection contre la prédation (Broyer, 2006 ; Broyer et Calenge, 2010 ; Nummi et Pöysä, 1995). Leur capacité de déplacement par le vol leur permet de rapidement s'installer dans de nouvelles zones ou de quitter des zones dégradées et de refléter ainsi des changements rapides des milieux. De plus, le régime alimentaire des canards est très diversifié puisque selon les espèces ou leur stade de vie, ils peuvent être herbivores, granivores, et même carnivores. Ils sont donc connectés avec les divers maillons de la chaîne alimentaire (Curtet *et al.*, 2004 ; Hanson et Butler, 1994 ; Service technique de l'Office National de la Chasse, 1988). Les caractéristiques d'indicateurs écologiques des anatidés, la relative simplicité de leur suivi et l'intérêt socio-économique pour les gestionnaires (notamment pour la chasse) font que le choix s'est porté sur ce groupe.

Les stationnements hivernaux étaient compris entre 7 000 à 10 000 canards en 1999 en Sologne. Ceux-ci demeurent limités en raison notamment de l'importante pression de chasse qui s'exerce. En période estivale, outre le Canard colvert, la Sologne héberge six autres espèces de canards nicheurs. En 1999, on comptait de façon estimative 200-300 couples de Fuligule milouin, 50 couples de Canard souchet, 50 couples de Canard chipeau, 50 couples de Fuligule morillon, 100 couples de Sarcelle d'hiver et quelques couples de Sarcelle d'été (Groupe ornithologique de Sologne nature environnement, 1999).

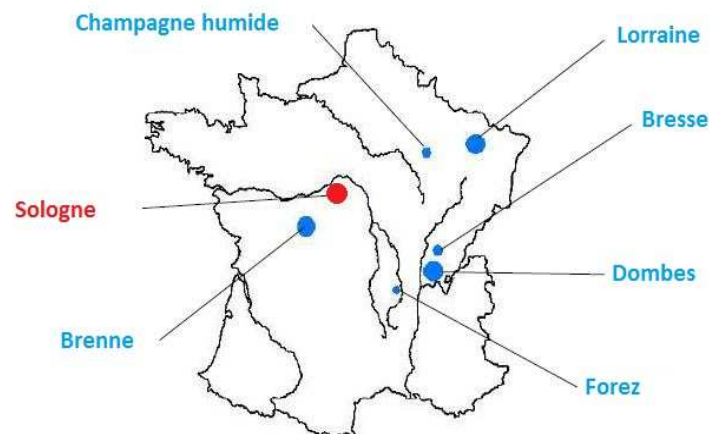


Figure 2 : Cartographie des principales régions d'étangs françaises (source : Boullard C.).

Certaines populations d'anatidés, en France, sont suivies annuellement, depuis plusieurs décennies pour certaines régions : en Dombes depuis le début des années 1970, en Forez depuis le début des années 1980, en Brenne et sur le lac de Grand-Lieu depuis la fin des années 1990. Depuis 2002, dans cinq régions d'étangs piscicoles (Dombes, Forez, Brenne, Champagne, Sologne), un réseau coordonné par l'ONCFS (Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage), en collaboration notamment avec des Fédérations départementales de chasseurs, réalise des dénombrements utilisant un protocole d'échantillonnage identique (Broyer, 2007). C'est d'ailleurs au sein de l'ONCFS, établissement public sous la double tutelle des Ministères chargés de l'Ecologie et de l'Agriculture, que je réalise mon stage. L'ONCFS a plusieurs missions, dont les principales sont la police de l'environnement et de la chasse, la recherche sur la faune sauvage et ses habitats, l'appui technique et le conseil aux administrations, collectivités territoriales et gestionnaires (Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage, 2012). Un pôle interne sur les étangs continentaux a été mis en place en 2011. Son objectif est d'établir, par la recherche et l'expérimentation, des références techniques sur la gestion des étangs. La promotion des modes de gestion favorables à la biodiversité est au cœur des projets du pôle étangs continentaux dans différentes régions d'étangs piscicoles françaises : Dombes, Brenne, Forez, Champagne Humide, Bresse et Sologne (Figure 2). Tous les projets du pôle sont appuyés par la station de la Dombes (département de l'Ain) du CNERA Avifaune migratrice de l'ONCFS. C'est dans ce cadre que

s'intègre l'accomplissement d'une étude de l'influence de la gestion piscicole sur la biodiversité des étangs en Sologne.

L'impact des modifications des pratiques piscicoles ayant été étudié dans d'autres régions, notamment depuis treize ans dans la Dombes, la Sologne reste peu étudiée. C'est une région particulière, de par la faible « densité » géographique de ses étangs, son activité cynégétique importante, mais aussi sa géologie : sables et argiles qui occupent 80 % de son territoire (Pesme, 1999). L'étude en Sologne a réellement débuté en 2013, sur la base d'une pré-étude en 2012. Elle consiste à réaliser le suivi d'indicateurs de biodiversité sur un échantillon d'étangs afin d'évaluer les impacts des différentes pratiques de gestion. L'objectif en 2013 était de mettre en place cette étude en Sologne et de se faire une idée des relations entre certains indicateurs de biodiversité et les principales caractéristiques des étangs (Valla, 2013). Deux indicateurs ont été étudiés en 2013 : la richesse spécifique de l'avifaune aquatique nicheuse ainsi que les anatidés nicheurs. Au cours de l'étude 2014, on y ajoute la richesse spécifique des odonates (suivi auquel je n'ai pas pris part), ainsi que les herbiers de macrophytes (suivi auquel j'ai participé). L'objectif premier de notre travail cette année est de poursuivre celui de l'an passé, et de mieux connaître l'effet des modifications des pratiques piscicoles sur les anatidés nicheurs des étangs de Sologne. En effet, les particularités météorologiques du suivi 2013 (précipitations importantes) ont rendu nécessaire une autre année de suivi. Nous avons également rajouté cette année, en plus du suivi odonate et des herbiers de macrophytes (indicateurs de biodiversité), une étude des sédiments des étangs (à laquelle j'ai pris part), afin de mieux connaître les caractéristiques des étangs. Les indicateurs de la biodiversité des étangs sont étudiés d'une part en considérant les variables environnementales (suivi des ceintures de végétation, ou herbiers de macrophytes, ces derniers étant également des indicateurs de biodiversité) et d'autre part grâce aux caractéristiques de gestion des étangs sur lesquels ils vivent. Concernant les herbiers, il s'agit d'une « variable » environnementale de par le rôle important de leurs graines dans l'alimentation des anatidés (Curtet *et al.*, 2004), mais aussi en tant qu'abri pour les invertébrés, source de nourriture pour les anatidés (Broyer et Curtet, 2010). Ce sont également des indicateurs de biodiversité car ils sont soumis aux variations de gestion du milieu, qui permettent ou non leur développement (exigences écologiques importantes) (Broyer et Curtet, 2012).

Il paraît important, de par les spécificités de la Sologne, de prendre en compte d'autres facteurs, par exemple l'effet de la chasse et notamment de l'agrainage réalisé sur les étangs. Dans le contexte de déprise piscicole, l'objectif second de notre étude est donc d'apprécier le rôle complémentaire voire alternatif d'une chasse de qualité sur la biodiversité des étangs de Sologne. Quelques hypothèses de recherches peuvent être posées à la base de ce travail, que nos données vont nous permettre de vérifier ou non pour la Sologne :

-Les étangs dont la fréquence de vidange est supérieure à dix ans (abandonnés du point de vue piscicole) attireraient moins les couples d'anatidés et seraient moins favorables à l'élevage des jeunes. Cette hypothèse est formulée en s'appuyant sur les résultats d'études réalisées dans des contextes bien différents de la Sologne (Broyer et Calenge, 2010 ; Broyer et Curtet, 2012 ; Bukacinska *et al.*, 1996), il s'agit donc de vérifier cet aspect pour la Sologne.

-Les étangs en roselière et jonchaie seraient plus favorables aux anatidés que les étangs en saule. Cette hypothèse a été inspirée par l'étude bibliographique (Bukacinska *et al.*, 1996 ; Trotignon, 2000) : il s'agit encore de vérifier ceci en Sologne.

-Les herbiers de macrophytes seraient favorables à la reproduction des anatidés. Encore une fois, même si des études ont été réalisées dans d'autres régions (Broyer et Curtet, 2010 ; Broyer et Curtet, 2012 ; Curtet *et al.*, 2004), il est intéressant d'évaluer le rôle des herbiers dans le contexte particulier de la Sologne.

-Les étangs avec un agrainage annuel seraient moins favorables à la reproduction des anatidés. Ces étangs seraient souvent en saule, ils attireraient les couples, mais ne seraient pas favorables à l'élevage de jeunes. Ces dernières hypothèses ont été formulées par rapport au ressenti des agents des services départementaux de l'ONCFS, vu l'importance de l'activité cynégétique en Sologne.

Nous présenterons tout d'abord notre méthode d'échantillonnage initiale, nos protocoles de suivis, puis nos méthodes de traitement des données. Les résultats seront ensuite exposés puis discutés. Ceci nous permettra de valider ou non certaines de nos hypothèses, et nous aidera à formuler des prémices de propositions de mesures de gestion en faveur de l'habitat des anatidés, ainsi que des améliorations pour l'étude si celle-ci se poursuit.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Moyens techniques et protocole d'échantillonnage

Pour cette étude, plusieurs personnes sont impliquées, intervenant ponctuellement ou à plusieurs reprises (Tableau 1). Les actions dans lesquelles j'ai été impliquée (les seules que je décrirai par la suite) sont mises en couleur dans le Tableau 1. L'objectif est de suivre un échantillon d'une soixantaine d'étangs avec des caractéristiques précises, qui nous permettent d'étudier si l'abandon progressif de la pisciculture a un impact sur la biodiversité des étangs. On croise deux descripteurs :

-La périodicité de vidange de l'étang associée à une prise de poissons, souvent dans un but de production piscicole (parfois juste pour le loisir).

-Les ceintures de végétation, qui ont un potentiel d'accueil de biodiversité (Broyer et Curtet, 2010).

Tableau 1 : Synthèse de l'ensemble des suivis réalisés dans le cadre de l'étude.

Actions	Départements	41	45	18
Echantillonnage/ Contact propriétaire	Moyens humains	Moi /2 ^{ème} stagiaire en Master 2/ 1 ingénieur de l'ONCFS / Responsable du pôle étangs continentaux en Sologne/ appui agents Services Départementaux éventuels		
	Nb d'étangs	60		
Sédiment+1 ^{er} passage et transparence	Moyens humains	Moi /2 ^{ème} stagiaire en Master 2/ 1 ingénieur de l'ONCFS / Responsable du pôle étangs continentaux en Sologne/ appui agents Services Départementaux éventuels		
	Nb d'étangs	60		
Suivi anatidés +transparence				
Enquête de gestion	Moyens humains	Moi /2 ^{ème} stagiaire en Master 2/ 1 ingénieur de l'ONCFS		
Relevés ceintures hélophytes				
Relevés herbiers	Nb d'étangs	25/25/10		
Suivi avifaune nicheuse	Moyens humains	agents Services Départementaux	agents Services Départementaux	agents Services Départementaux
	Nb d'étangs	35	14	11
Suivi Odonates	Moyens humains	Agents Services Départementaux éventuels		
	Nb d'étangs	15/15		
Relevés flore remarquable des vasières		Pas réalisé cette année: niveaux d'eau trop importants		
Flash herbiers		Pas réalisé cette année		

La périodicité de vidange est divisée en trois catégories permettant de représenter le gradient de gestion. La première regroupe des étangs vidangés régulièrement (lors des trois dernières années). La seconde représente des étangs vidangés plus irrégulièrement (périodicité de vidange comprise entre quatre et dix ans). Ce sont souvent des étangs en phase d'abandon piscicole, ou (plus rarement) des étangs longtemps abandonnés mais dans une phase de légère reprise. Pour finir, la troisième catégorie comprend des étangs qui n'ont pas été vidangés lors des dix dernières années, ou dont la périodicité de vidange est de dix ans ou plus (souvent uniquement pour des travaux). Ce sont des étangs abandonnés au niveau piscicole. Le choix de nos catégories a été motivé par la littérature (Bachasson, 2012) et l'expérience de l'ONCFS en Dombes, puis conforté par la remarque d'un pisciculteur, qui n'accepte l'exploitation d'un étang que s'il est pêché tous les ans, deux voire trois ans. Au-delà, les stocks ne poissons ne sont plus gérables. En effet, dans un étang donné, la réussite de la reproduction d'une espèce de poisson désirée peut varier d'une année à l'autre, et cette espèce peut alors se voir concurrencée par une autre espèce non désirée (Doyon, pisciculteur, communication personnelle, 8 juillet 2014).

Pour les ceintures de végétation, les trois catégories sont : les hélrophytes hauts, les hélrophytes bas et la saulaie (catégories détaillées plus tard). Alors que les hélrophytes hauts et bas sont considérés comme des habitats à fort potentiel (Bukacinska *et al.*, 1996 ; Trotignon, 2000), les saulaies sont considérées comme des habitats à plus faible potentiel.

Les étangs n'ont pas été choisis de façon aléatoire pour deux raisons : dans le contexte de déprise piscicole, beaucoup d'étangs auraient été abandonnés ou peu gérés, et il fallait obtenir les autorisations des propriétaires (ce qui n'arrive pas toujours). Le but n'est pas d'avoir un échantillon représentatif, mais un échantillon qui nous permette de comparer l'effet des modes de gestion tout en prenant en compte l'effet de la végétation. Notre suivi n'est pas diachronique, c'est-à-dire qu'il ne consiste pas en un suivi de l'évolution des mêmes étangs sur plusieurs années. En effet, ceci n'aurait pas été réalisable à cause des assecs, des changements de gestion et/ou de propriétaires, qui entraînent une variation de l'échantillon d'année en année. Notre suivi est donc synchronique, c'est-à-dire qu'il consiste en l'étude de différents étangs pendant une période précise.

Tableau 2 : Echantillon établi au début de l'étude 2014

Végétation \ Pisciculture	Hélrophytes Hauts	Hélrophytes Bas	Saule	TOTAL
1-2-3 ans	8	8	7	23
Entre 4 et 10 ans	5	7	7	19
>10 ans	5	6	7	18
TOTAL	18	21	21	60

Dans le cadre de mon stage, j'ai participé dans un premier temps à la mise en place générale de l'étude. Nous nous sommes basés sur les données de la pré-étude 2012 et de l'étude 2013 pour la composition de notre échantillon 2014. Il est important de préciser que la Sologne est composée en majorité de domaines privés de quelques dizaines à plusieurs centaines d'hectares. Sans l'autorisation des propriétaires, l'étude aurait été impossible. Les 57 propriétaires d'étangs ayant donné leur accord pour la réalisation de l'étude sur leur propriété en 2013 ont tous été recontactés dans le courant du mois de mars pour un rendu personnalisé du suivi de l'année passée, mais aussi pour connaître d'éventuels changements dans la gestion de leurs étangs. Par exemple, les étangs en assec ont du être remplacés, de même que les étangs ne correspondant plus aux critères de végétation voulus. Grâce aux informations des Services Départementaux de l'ONCFS, puis à la prise de contact avec les nouveaux propriétaires, nous avons pu compléter notre échantillon de départ 2014 constitué de soixante étangs (Tableau 2). Au-delà des critères de vidange et de végétation, tous les

étangs de l'échantillon devaient respecter des critères précis. La taille des étangs jouant un rôle important sur leur potentiel d'accueil de biodiversité (Brown et Dinsmore, 1986 ; Paracuellos et Tellería, 2004) les étangs devaient être supérieurs à trois hectares (d'après un constat fait dans les autres régions d'étangs étudiées par l'ONCFS) et ne pas être trop grands non plus (trop difficiles à suivre). De plus, les étangs ne devaient pas comporter de berges trop abruptes, qui ne permettent pas l'implantation de ceintures de végétation favorables à la nidification des oiseaux. Comme on peut le voir sur la Figure 3, l'échantillon établi est réparti sur le Loiret, le Loir et Cher et le Cher.

Les fiches de relevés de terrain établies en 2013 ont du être adaptées à l'étude 2014 (cf parties suivantes). La phase de terrain consiste ensuite à réaliser le suivi proprement dit et l'enquête de gestion. Une dernière étape consistera à étudier les données récoltées cette année. Le budget pour mener l'étude pour l'année 2013 était d'environ 7000 euros, sans tenir compte de l'investissement des agents de l'ONCFS compris dans leurs missions techniques à effectuer (Valla, 2013). En 2014, il était d'environ 12 000 euros en comptant l'indemnité accordée à un stagiaire supplémentaire (un seul stagiaire en 2013, deux en 2014) et l'analyse de sédiments.



Figure 3 : Représentation de notre échantillon d'étangs (en rouge) réparti sur les 3 départements d'étude (source : Boullard C.).

2.2. Suivi des anatiidés

Au sein des *Anatidae*, notre étude se concentre plus particulièrement sur les *Anatinae* (canards). Parmi ceux-ci, on trouve en Sologne la classe des *Anatini* (canards de surface) avec le Canard colvert (*Anas platyrhynchos*), le Canard chipeau (*Anas strepera*), et plus rarement la Sarcelle d'hiver (*Anas crecca*), le Canard souchet (*Anas clypeata*) et la Sarcelle d'été (*Anas querquedula*). On trouve aussi la classe des *Aythiini* (canards plongeurs), composée du Fuligule milouin (*Aythya ferina*) et du Fuligule morillon (*Aythya fuligula*) (Broyer, 2006 ; Ingénierie de l'Environnement et de l'Aménagement, 2011 ; Issa et Boutin, 2010). Alors que les canards de surface se nourrissent essentiellement de feuilles et graines de plantes

aquatiques, les canards plongeurs se nourrissent également de mollusques prélevés sous l'eau. Le Fuligule morillon peut également capturer des crustacés. Par contre, les jeunes de toutes les espèces absorbent des protéines animales sous forme d'insectes, de vers, de petits mollusques et crustacés. En effet, l'apport de telles protéines est important pour leur croissance (Curtet *et al.*, 2004 ; Service technique de l'Office National de la Chasse, 1988). Bien sûr, selon les espèces, les dates de ponte, la durée de couvain ainsi que l'âge d'envol diffèrent (nous y reviendrons par la suite).

Tous les étangs de l'échantillon ont subi un suivi hebdomadaire du 15 avril au 31 juillet, afin de couvrir l'essentiel de la période de reproduction des anatidés (voir Tableau 1 pour mon implication). Les femelles, mâles et couples des différentes espèces sont dénombrés séparément, ainsi que les nichées (Annexes 1 et 2). Concernant les adultes, on relève leur comportement et la distribution des individus des deux sexes sur chaque plan d'eau (en couples, individus isolés, rassemblements), avec une attention particulière de la mi-avril à la fin mai, qui correspond à la période de cantonnement. Le détail de la structure des rassemblements permet d'obtenir une meilleure estimation du nombre de couples cantonnés potentiellement nicheurs (cf partie 2.5.). Concernant les canetons, leur âge et leur nombre sont systématiquement notés pour chaque famille observée. Ceci permet de connaître le nombre de nichées apparues au fil de la saison sur chaque étang, en évitant les doubles comptages (Broyer, 2007).

Mon comptage est réalisé sur le même point d'observation (ou les deux mêmes points d'observation selon la taille de l'étang) chaque semaine. La durée d'observation est d'au minimum quinze minutes, durée qui peut augmenter en fonction de la taille de l'étang et du nombre d'oiseaux. Il s'agit d'un protocole correspondant aux méthodes absolues de dénombrement, qui ont pour objectif de fournir un chiffre le plus proche de la réalité du nombre d'individus d'une population d'oiseaux sur une surface bien déterminée, et plus précisément de la méthode du comptage au sol (Delany, 2011 ; Fonderflick, 2006 ; Joffre, 2014). Seulement, dans mon comptage, je me suis concentrée sur les anatidés. Sur le terrain, à l'aide de jumelles, d'une longue-vue, appuyée en cas de doute par un guide d'identification des espèces mais également un autre guide de détermination de l'âge des canetons, j'ai dénombré les individus de chaque espèce (Rousselot et Trolliet, 1991 ; Service technique de l'Office National de la Chasse, 1982 ; Svensson *et al.*, 2010).

Afin d'avoir le moins de biais possible, les étangs ont été suivis à des heures différentes chaque semaine. Aussi, en juin et juillet, les étangs ont été suivis entre 6h et 11h du matin, puis entre 16h et 22h. En effet, en cas de fortes chaleurs, les oiseaux se cachent dans les ceintures de végétation et sont ainsi moins visibles. Durant les heures chaudes, il nous était possible de réaliser les suivis de végétation et les enquêtes de gestion.

2.3. Enquête de gestion

C'est pour connaître ces caractéristiques de gestion des étangs qu'une enquête sous forme d'entretiens a été menée auprès des propriétaires et/ou gestionnaires des soixante étangs (Tableau 1). Il s'agissait d'une étude quantitative, avec des questions précises (Annexe 3). On a notamment retenu deux types de descripteurs : ceux concernant l'activité piscicole et ceux concernant l'activité cynégétique. A propos de l'activité piscicole, nous avons interrogé les propriétaires sur sa fréquence, l'amendement ou non de l'étang (chaulage, fertilisation, nourrissage des poissons), la gestion de l'assec (régularité, et type de gestion pendant l'assec) et nous avons essayé d'obtenir le rendement piscicole, si possible. A propos de la chasse, il s'agissait essentiellement de savoir si une chasse au gibier d'eau était réalisée, si celle-ci était faite sur du gibier sauvage et/ou lâché (et dans ce cas d'obtenir la date de lâcher), et si l'étang était agrainé toute l'année. On peut cependant noter que les deux

descripteurs ne sont pas vraiment distincts : par exemple, un assec peut être réalisé sur un étang à des fins cynégétiques (nous y reviendrons plus tard). D'autres questions ont été posées, concernant la régulation du ragondin, ou encore la présence ou non de Jussie (*Ludwigia grandiflora* et *Ludwigia peploides*). Ces questions supplémentaires ne servent pas directement à l'étude, mais nous permettent de mieux connaître les étangs, et d'obtenir de l'information pour les années à venir. Pour finir, nous avons interrogé les propriétaires sur les perspectives de gestion à court terme de leurs étangs, pour une éventuelle poursuite de l'étude dans les années à venir. La réalisation de ces enquêtes est difficile et assez chronophage. Les propriétaires n'étaient pas toujours joignables, habitant souvent à Paris. Pour beaucoup d'étangs, les informations ont été obtenues grâce aux gardes particuliers gérant la propriété, mais parfois présents depuis peu. Il a donc fallu parfois contacter plusieurs personnes afin d'avoir l'information la plus complète possible.

Au-delà de ces enquêtes de gestion, nous avons rencontré deux pisciculteurs exploitant les étangs de Sologne. Ces rencontres ont été très riches d'enseignement. Malgré toutes ces informations sur la gestion des étangs, il nous a tout de même semblé important de connaître quelque chose de plus, résultat de la gestion mais également d'un potentiel « naturel » de l'étang : la « richesse » de ses sédiments.

2.4. Prélèvement de sédiments et mesure de la transparence

On a également mesuré cette année certaines caractéristiques de l'étang pouvant être influencées plus ou moins directement par la gestion mise en place sur les étangs. L'analyse étant réalisée pour la première fois cette année, il s'agit d'une analyse de sol classique relevant : les teneurs en azote total (g/kg), carbone organique (g/kg), calcaire total (g/kg), phosphore (mg/kg), potassium échangeable (mg/kg), calcium échangeable (mg/kg), magnésium échangeable (mg/kg) et pH de l'eau.

Pour cela, des prélèvements de sédiments ont été réalisés grâce à une benne Van Veen (Figure 4 gauche, Tableau 1) de fin mars à mi-avril, avant le développement de la végétation qui pourrait puiser dans les nutriments du sédiment et ainsi biaiser l'évaluation du niveau de trophie. Suite au constat d'une répartition non homogène de la vase sur quelques étangs en assec, nous avons choisi de réaliser les prélèvements en trois points sur une ligne perpendiculaire au bief sur chaque étang: un premier prélèvement dans le premier tiers à proximité du bief de l'étang (là où la vase s'accumule, et point le plus profond), un second entre le bief et le bord de l'étang, et le dernier près de la berge de l'étang (Figure 4 droite).

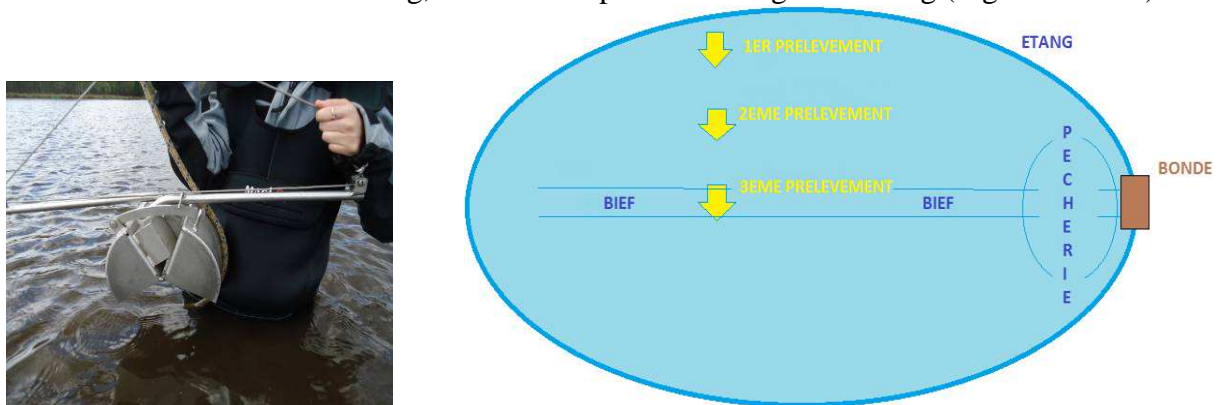


Figure 4 : gauche) Benne Van Veen (crédit photo : Boullard C., mars 2014) et droite) Schéma du prélèvement des sédiments (source : Boullard C.).

Ces trois prélèvements ont été mélangés dans une bassine, puis conditionnés dans un pot, et stockés dans un endroit frais et sombre. Ils ont été ensuite confiés au laboratoire chargé

des analyses. Après déshydratation dans une chambre de séchage, le laboratoire a mesuré les taux des différents sels minéraux ainsi que le pH.

On peut ajouter qu'en même temps que le suivi hebdomadaire des anatidés nicheurs, la transparence de l'eau a été relevée grâce à un disque de Secchi au niveau de la bonde. Il s'agit du point de plus grande profondeur, et où l'observateur ne risque pas de mettre en suspension les sédiments par son piétinement. Le disque est immergé dans l'eau et descendu jusqu'à ce que l'observateur ne puisse plus le distinguer. La profondeur est alors mesurée grâce aux graduations situées sur la cordelette. Les épisodes de météo défavorables (vent, pluie) survenus le jour ou dans les quatre jours précédant le relevé sont notés, car il y a un risque de mise en suspension des sédiments.

2.5. Suivi de végétation

Les ceintures de végétation aquatiques émergentes ont été quantifiées, ainsi que les herbiers aquatiques, de mi-juin à fin juillet. A l'aide des photos aériennes papier des étangs, de jumelles, de télémètres lasers et de waders, nous avons décrit sur le terrain les ceintures de végétation ainsi que les herbiers de macrophytes de chaque étang (Tableau 1).



Figure 5 gauche haut) Exemple d'un étang en végétation haute, droite haut) Exemple d'un étang en végétation basse, et bas) Exemple d'un étang en saule (crédits photos : Boullard C. , juillet 2014).

Pour les ceintures de végétation, nous avons distingué :

- La végétation haute (hélrophytes hauts) :
 - Phragmitaie : *Phragmites australis*
 - Typhaie : *Typha* sp.
 - Scirpaie : *Schoenoplectus lacustris*
 - Phalaridaie : *Phalaris arundinacea*
 - Grande glycériaie : *Glyceria maxima*
- La végétation basse (hélrophytes bas) :

- Jonchaies : *Juncus effusus/conglomeratus* majoritairement
- Iridaie : *Iris pseudacorus*
- Groupements à *Eleocharis palustris*, *Alisma plantago aquatica*, *Equisetum* sp.
- Cyperaceae : *Carex*
- La ceinture arbustive : Saulaie (*Salix* sp.) et *Alnus glutinosa*, *Betula* sp., etc.. (Voir Figure 5) (BROYER *et al.*, 2009).

Sur la fiche de terrain, à l'aide d'une photo aérienne de l'étang (Annexe 4) nous avons décrit, pour chaque « tronçon » de végétation différent de l'étang :

- Les types de végétation, c'est-à-dire l'espèce dominante ou les deux espèces dominantes
- La largeur de végétation, c'est-à-dire le nombre de mètres occupé par ce type de végétation perpendiculairement à la berge.
- L'emprise, c'est-à-dire le pourcentage du périmètre de l'étang occupé par un type de végétation donné
- La hauteur de cette végétation
- La profondeur immergée de cette végétation

Un transect a également été choisi (dans le type de végétation qu'on suppose présenter l'habitat le plus favorable), dans lequel nous avons décrit le pourcentage cumulé de clairières (c'est-à-dire le pourcentage d'eau sans hélophytes), ainsi que la présence éventuelle d'herbiers de macrophytes. Pour finir, lorsque des herbiers de macrophytes étaient présents sur la surface en eau libre au centre de l'étang, nous les avons décrits en déterminant les espèces dominantes, leur emprise (pourcentage de la surface totale en eau libre de l'étang occupée par ces herbiers), ainsi que leur recouvrement (densité dans chaque « patch » d'herbiers). Parmi les espèces d'herbiers de macrophytes trouvées dans les étangs, on peut citer *Myriophyllum spicatum*, *Lemna minor*, *Utricularia australis*, *Hydrocharis morsus-rana*, mais les plus abondants étaient *Nymphaea alba*, *Nuphar lutea* et *Potamogeton* sp.,

2.6. Méthodes d'analyse des données

2.6.1. Détermination du nombre de couples et de nichées d'anatidés.

Concernant les données récoltées sur les couples, leur analyse nécessite l'emploi d'un indice défini par Tournier (Tournier, 1990) et employé dans plusieurs études (Broyer, 2009 ; Elmberg, 2003 ; Gilbert *et al.*, 1998) : le nombre de couples cantonnés. Il permet de refléter l'attraction d'un étang pour les couples. En plus des couples observés, on utilise les mâles et les femelles isolés pour interpréter. De mi-avril à fin mai, si un mâle est seul, on peut supposer que la femelle est sur le nid. De même, la diminution du nombre de femelles observées (seules ou en couple) permet de supposer un début de ponte et de couvain. Par contre, les mâles et femelles non appariés se déplacent en groupe sur l'étang. L'information est donc surtout apportée par les individus seuls ou en couple. L'estimation du nombre de couples cantonnés nécessite une bonne connaissance de la biologie des anatidés. Avec E. Blottière (deuxième stagiaire pour l'étude 2014) nous avons déterminé ce nombre pour les soixante étangs de l'échantillon 2014 à l'aide de nos fiches de terrain (Annexe 1), et grâce aux conseils de J. Broyer (responsable scientifique du pôle et chef de l'équipe « habitat-zones humides » au sein du CNERA de la direction des études et de la recherche de l'ONCFS).

Pour le nombre de nichées sur chaque étang, on utilise également les fiches de terrain (Annexe 2). Ce nombre permet de refléter le potentiel d'accueil de l'étang pour l'élevage des canetons. L'âge des poussins noté chaque semaine permet de suivre les nichées dans le temps et ainsi de les distinguer les unes des autres. La date d'éclosion d'une nichée est déterminée en fonction de la première observation de celle-ci et de l'âge des jeunes qui la composent.

2.6.2. Prise en compte des données.

Il a fallu faire un tri dans les informations obtenues. Par exemple, pour les suivis sédiments, nous n'avons analysé que les résultats concernant les sels minéraux que nous jugions les plus importants du point de vue biologique (BROYER *et al.*, 2009 ; Trotignon, 2000) : le calcium échangeable (mg/kg), l'azote total (g/kg) et le phosphore (mg/kg). Concernant les relevés de végétation, nous avons rentré les données selon trois catégories de largeur : inférieure à 5 mètres, supérieure ou égale à 5 mètres, et supérieure ou égale à 10 mètres. Pour les saules, seul le pourcentage du périmètre occupé est évalué.

La surface en eau des étangs a été mesurée à l'aide d'un logiciel de cartographie (Quantum GIS[®]) et de photographies aériennes (BD ORTHO[®] IGN 2005, 2006 et 2008). Toutes les données ont été saisies, mises en forme et regroupées dans le même jeu de données avec Microsoft Office Excel[®].

2.6.3. Traitement des données.

Nous avons tout d'abord réalisé une Analyse des Correspondances Multiples (ACM) grâce au package FactoMineR, car nous avons plusieurs variables qualitatives et quantitatives. Nous avons donc codé les variables quantitatives par une discrétisation, avec comme critère celui d'équi-répartition des données (même nombre de données par classe) des variables quantitatives (voir Tableau 3). Pour cela, on applique la méthode des quantiles : dans la version stricte, à partir du nombre N de données et du nombre n classes, on en déduit le nombre F d'individus par classe, c'est-à-dire qu'on trie les données par ordre croissant et on met dans la classe 1 les F premières données, dans la classe 2 les F suivantes etc. J'ai utilisé la version relâchée, dans laquelle on met éventuellement plus de F données par classe afin de forcer les données égales à être dans une même classe.

L'ACM, en choisissant les étangs comme individus, permet de représenter les différentes modalités des variables et ainsi d'identifier des « affinités » entre elles, mais aussi de dégager des « types » d'étangs. Nous avons réalisé tout d'abord une ACM avec sept variables supposées influencer les anatidés, et en choisissant comme variables illustratives les couples et les nichées de canards plongeurs, canards de surface et toutes espèces confondues. La seconde ACM représente six variables supposées influencer la présence d'herbiers de macrophytes, en choisissant comme variable illustrative la variable herbiers (voir Tableau 3). La présence ou non d'herbiers est en effet considérée non seulement comme une variable environnementale (pouvant influencer les anatidés) mais également comme un indicateur de biodiversité des étangs.

La première ACM nous a permis d'avoir une description de notre jeu de données et de dégager plusieurs hypothèses. Pour confirmer les tendances observées sur l'ACM, et mieux expliquer nos données, des Modèles Linéaires Généralisés (GLM) ont été réalisés sur les mêmes données. Nous avons d'abord rentré les variables explicatives, puis éliminé successivement les interactions non significatives, puis les effets majeurs non significatifs et non présents dans les interactions significatives. Pour les GLM, nous nous sommes particulièrement attachés aux données concernant les canards plongeurs. En effet, dans notre étude, les canards de surface sont essentiellement représentés par les canards colverts (les canards chipeaux étant très peu présents). Or une partie d'entre eux est issue d'oiseaux lâchers, ayants perdu une partie de leur diversité génétique (Champagnon *et al.*, 2013), et donc sans doute moins aptes à choisir leur lieu de nidification et d'élevage de leurs jeunes. Nous y reviendrons dans la discussion. Un GLM a également été réalisé avec comme variable à expliquer, la présence ou non d'herbiers. Notons que l'approche GLM est intéressante car elle explique l'effet d'un facteur ou d'une interaction tout en considérant tous les autres

facteurs et leurs interactions. Les boîtes à moustache nous permettent ensuite de visualiser indépendamment des autres l'effet d'un facteur ou d'une interaction mis en évidence par le GLM.

Il est important de préciser qu'avant de réaliser l'ACM ou le GLM, nous avons préalablement vérifié que nos variables n'étaient pas corrélées. Par exemple, dans une logique purement piscicole, on aurait pu penser que la variable « périodicité de vidange » était corrélée à la variable « assec de moins de 5 ans ». Or, après vérification, ce n'est pas le cas. Par exemple, un étang abandonné au niveau piscicole, vidangé tous les dix ans en moyenne (souvent juste pour réaliser des travaux) peut avoir été vidangé il y a un an avec un assec pour réaliser un apport de chaux (limitation propagation de Jussie par exemple, ou intérêt cynégétique). Dans un second temps, nous avons retiré les individus avec des données manquantes (pas plus de deux par type d'analyse).

Tableau 3 : Intervalles des classes obtenues avec la méthode de discrétisation sur le jeu de données des 59 étangs de l'ACM « anatisés » (en jaune), des 58 étangs de l'ACM « herbiers » (en vert), et des 59 étangs des variables à expliquer des 2 GLM « anatisés » (en bleu). *HB : héliophytes bas, / *HH : héliophytes hauts.

		Classes		
		Faible ou nul	Moyen	Fort
Pourcentage du périmètre en HB* et/ou HH*>5 m	Intervalles	[0 ; 0,3]	[0,37 ; 0,7]	[0,75 ; 1]
	N	20	22	17
N couples toutes espèces /√S	Intervalles	[0 ; 0,9961]	[1,0213 ; 1,9467]	[1,9706 ; 11,5002]
	N	20	20	19
N couples surface /√S	Intervalles	[0 ; 0,6917]	[0,7189 ; 1,1680]	[1,2247 ; 4,6853]
	N	20	20	19
N nichées toutes espèces /S	Intervalles	[0 ; 0,1069]	[0,1130 ; 0,4548]	[0,4746 ; 2,3670]
	N	20	20	19
		Nul	Moyen (ou Faible)	Fort
N couples plongeurs /√S	Intervalles	0	[0,2306 ; 0,7811]	[0,9014 ; 6,8149]
	N	22	18	19
N nichées surface /S	Intervalles	0	[0,0248 ; 0,2419]	[0,2608 ; 1,0443]
	N	23	18	18
N nichées plongeurs /S	Intervalles	0	[0,0532 ; 0,2828]	[0,3057 ; 1,6907]
	N	33	13	13
		0	1	
N couples plongeurs /√S	Intervalles	[0 ; 0,4082]	[0,4574 ; 6,8149]	
	N	30	29	
N nichées plongeurs /S	Intervalles	0	[0,0532 ; 1,6907]	
	N	33	26	
		Faible	Fort	
Azote total (g/kg)	Intervalles	[0,36 ; 1,60]	[1,62 ; 20,27]	
	N	29	29	
Calcium échangeable (mg/kg)	Intervalles	[297 ; 1342]	[1363 ; 4701]	
	N	29	29	
Phosphore (mg/kg)	Intervalles	[22,78 ; 53,92]	[59,63 ; 237,43]	
	N	29	29	
		Inf.	Sup.	
Transparence	Intervalles	[20 ; 40]	[45 ; 125]	
	N	29	29	

Pour toutes les méthodes d'analyse, lorsque les variables à expliquer « nombre de couples » (Nc) ou « nombre de nichées » (Nn) étaient analysées, elles étaient respectivement divisées par la racine carrée de la surface (\sqrt{S}) ou la surface (S) de l'étang. On analyse donc

les rapports N_c/\sqrt{S} et N_n/S . Cette méthode est utilisée (Broyer et Calenge, 2010 ; Valla, 2013) afin de s'affranchir de l'effet surface de l'étang évidemment très important et bien connu (Brown et Dinsmore, 1986 ; Paracuellos et Tellería, 2004) mais qui ne nous intéresse pas dans notre problématique. En effet, \sqrt{S} est une fonction du périmètre, qui impacte plus les couples que les nichées, celles-ci étant davantage influencées par S . Un problème s'est posé pour les variables N_c et N_n : celles-ci ne suivent pas la loi normale, et ceci pour toutes les espèces confondues, pour les canards de surface mais aussi les plongeurs (vérifié par un test de Shapiro-Wilk), et ceci même lorsque l'on divise N_c et N_n respectivement par \sqrt{S} ou S . Pour l'ACM, ceci n'a pas posé de problème car on a codé nos données quantitatives. Par contre, pour réaliser un GLM, une variable quantitative doit suivre une loi identifiée pour pouvoir être traitée. N_c ou N_n étant des données de comptage, on peut penser à une loi de poisson. Par contre, N_c/\sqrt{S} et N_n/S ne sont plus des variables continues mais discrètes : elles ne suivent pas de loi de poisson. Une première tentative a donc consisté à mettre \sqrt{S} ou S en covariable du modèle. Le résultat était décevant : premièrement, le nombre de facteurs et de covariables dans le modèle est augmenté, ce qui n'est pas souhaitable. Deuxièmement, le modèle final n'est pas intéressant, la covariable \sqrt{S} ou S « écrase » les effets des autres facteurs/covariables. La solution à ce problème a été de coder les données N_c/\sqrt{S} et N_n/S , qui ont pris la valeur 0 pour une valeur inférieure ou égale à la médiane, et 1 pour une valeur supérieure à la médiane (Tableau 3). Les deux variables obtenues suivent une loi binomiale, un GLM a donc pu être réalisé.

3. Résultats

3.1. Premiers résultats à l'issue de l'enquête de gestion

Une comparaison de notre échantillon tel que conçu au début de l'étude (Tableau 2, partie 2.1.) avec celui obtenu à l'issue des enquêtes de gestion et suivi de végétation (Tableau 4) a été réalisée. En effet, lors de l'enquête de gestion et du suivi de végétation, la variation de certaines informations nous a amené à changer certains étangs de catégorie. Par exemple, un étang classé en catégorie « Saule » début mars peut voir sa végétation de bordure en *Eleocharis palustris* se développer au printemps. Or il s'agit d'un type de végétation basse à priori plus favorable à l'avifaune que les ligneux. Dans l'enquête de gestion, il a été constaté que certaines informations obtenues préalablement grâce à des entrevues courtes avec les gestionnaires étaient erronées. Au niveau de la végétation, les changements sont minimes. Par contre, on constate au final qu'au lieu de 23 étangs, 29 sont présents dans la catégorie de vidange « 1-2-3 ans », 15 au lieu de 19 dans la catégorie « entre 4 et 10 ans », et 16 au lieu de 18 dans la catégorie « >10 ans » (Tableaux 2 et 4).

Dans les deux premières catégories de vidange, huit étangs viennent d'arrêter ou vont arrêter l'activité piscicole cette année (Tableau 4).

Tableau 4 : Echantillon final à l'issue de l'étude 2014

Végétation \ Pisciculture	Hélophytes Hauts	Hélohytes Bas	Saule	TOTAL	Dont arrêt pisciculture
1-2-3 ans	10	9	10	29	4
Entre 4 et 10 ans	6	5	4	15	4
>10 ans	4	6	6	16	
TOTAL	20	20	20	60	

3.2. Facteurs environnementaux et modes de gestion influençant la reproduction des anatidés

3.2.1. Description des étangs et liens entre facteurs environnementaux, modes de gestion et réussite de la reproduction.

Afin de connaître les liens qui existent entre les facteurs environnementaux, le mode de gestion des étangs (ces derniers figurants en rouge dans le Tableau 5) et la présence plus ou moins forte de couples ou nichées d'anatidés (en vert dans le Tableau 5), une Analyse des Correspondances Multiples (ACM) a été réalisée (voir Tableau 3 pour les intervalles des classes pour les variables initialement quantitatives).

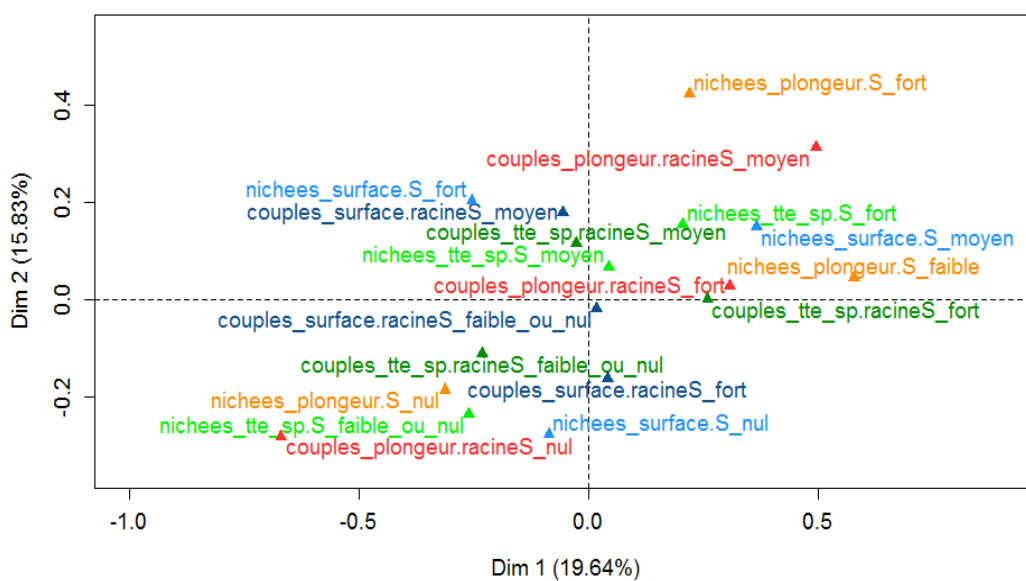
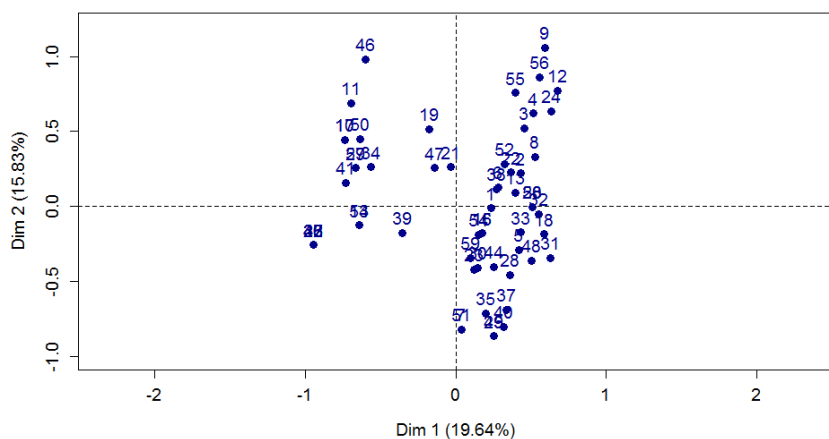
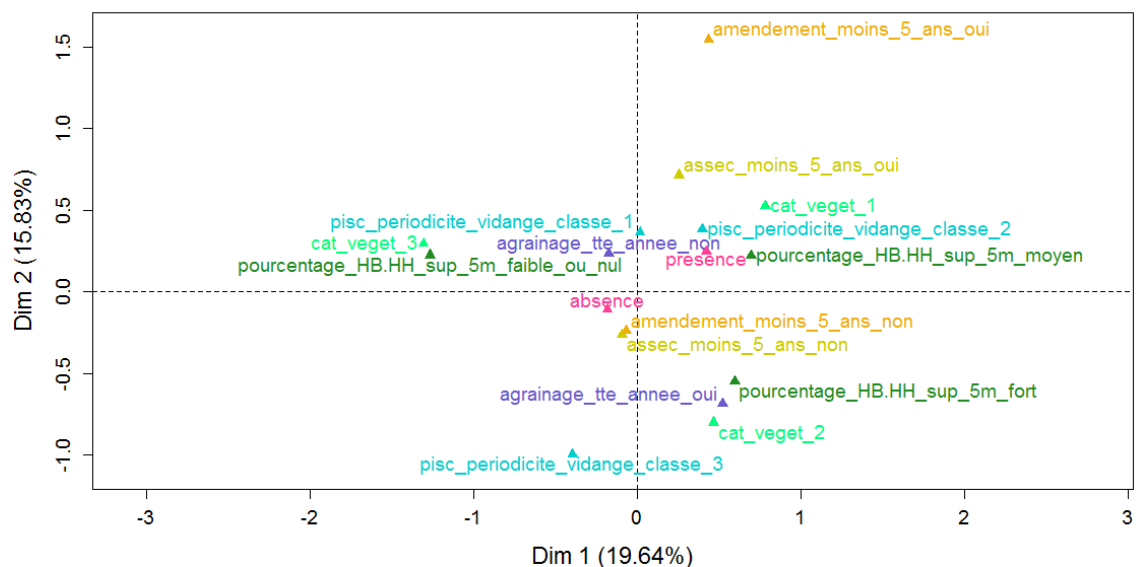
Les 4 premiers axes, qui extraient 59,68% de l'inertie totale, ont été interprétés (Tableau 6 et Annexe 5 pour la description des dimensions par les variables qualitatives ou les modalités).

Tableau 5 : Récapitulatif des variables de l'ACM (en rouge pour les variables rentrant dans la construction de l'ACM, en vert pour les variables illustratives) et des facteurs et covariables du GLM « anatidés » (en rouge) (*HB=hélophytes bas, HH=hélophytes hauts ; **données quantitatives, dont les modalités sont valables pour l'ACM, mais pas pour le GLM, ce qui est logique).

Abréviation sur R	Explication	Modalités
pourcentage_HB.HH_sup_5m**	Pourcentage du périmètre en *HB et/ou *HH>5 mètres	Faible ou nul/ Moyen/ Fort
assec_moins_5_ans	Assec réalisé il y a moins de 5 ans	Oui/ Non
agrainage_tte_annee	Agrainage fait toute l'année	Oui/ Non
Pisc_periodicite_vidange_classe	Périodicité de vidange	1/2/3 cf 2.1.
cat_veget	Catégorie de végétation	1= *HH// 2= *HB // 3= Saules cf 2.1.
Herbier	Présence d'herbiers	Présence/ Absence
amendement_moins_5_ans	Amendement réalisé il y a moins de 5 ans	Oui (chaulage ou fertilisation)/ Non
Couples_tte_sp.racineS**	Ncouples toutes espèces confondues/√S	Faible ou nul / Moyen/ Fort
Couples_surface.racineS**	Ncouples surface/√S	Faible ou nul/Moyen/ Fort
couples_plongeur.racineS**	Ncouples plongeurs/√S	Nul/ Moyen/ Fort
nichees_tte_sp.S**	Nnichées toutes espèces confondues/ S	Faible ou nul/ Moyen/ Fort
nichees_surface.S**	Nnichées surface/ S	Nul/ Moyen/ Fort
nichees_plongeur.S**	Nnichées plongeurs/ S	Nul/ Faible/ Fort

Tableau 6 : Récapitulatif des variables de l'ACM et du GLM « anatidés ».

	Valeur propre	Pourcentage de l'inertie totale	Pourcentage cumulé de l'inertie totale
dim 1	0.28	19.64	19.64
dim 2	0.23	15.83	35.46
dim 3	0.18	12.80	48.27
dim 4	0.16	11.41	59.68



L'axe 1, avec une part de 19,64% de l'inertie totale, oppose des étangs avec un pourcentage du périmètre en « HB et/ou HH>5 mètres » faible ou nul (HB : hélrophytes bas, HH : hélrophytes hauts) et en catégorie de végétation 3 (Saules) à des étangs avec un pourcentage du périmètre en « HB+ HH>5 mètres » moyen ou fort, et en catégorie de végétation 1 (hélrophytes hauts) (Tableau 5, Figure 6). L'axe 1 représente donc plutôt un gradient de végétation. Cet effet du pourcentage du périmètre en végétation haute et/ou basse supérieure à 5 mètres, ainsi que de la catégorie de végétation semble assez important, car l'on voit bien deux « groupes » d'individus sur l'axe 1 (Figure 7). On aurait d'un côté les étangs en végétation haute (majoritairement roselière), avec des ceintures de végétation de largeur supérieure à 5 mètres sur plus de 37% du périmètre (Tableau 3, partie 2.6.3.), et de l'autre les étangs en saule, avec moins de 30% du périmètre occupé par des ceintures de végétation supérieures à 5 mètres (Tableau 3, partie 2.6.3.). Si on regarde maintenant les variables illustratives (Figure 8) on voit que leur dispersion par rapport à l'axe 1 est assez faible. Les variables correspondant aux couples et nichées de canards plongeurs sont les plus corrélées à l'axe 1 (leurs modalités sont respectivement en rouge et orange sur la Figure 8). Le nombre de couples et nichées de canards plongeurs (voir Tableau 3 parti 2.6.3. pour les intervalles) semble plus important sur les étangs en roselière, avec des ceintures de végétation de largeur supérieure à 5 mètres sur plus de 37% du périmètre.

L'axe 2, qui extrait 15,83% de l'inertie totale, dissocie les étangs avec une périodicité de vidange supérieure à dix ans des étangs amendés il y a moins de cinq ans (Tableau 5, Figure 6). Il s'agit donc plutôt d'un gradient de gestion piscicole. L'effet de la gestion piscicole paraît relativement important car les étangs se dispersent relativement bien selon l'axe 2 (Figure 7). On peut remarquer que les variables illustratives (Figure 8) se dispersent peu selon l'axe 2. Les variables correspondant aux couples et nichées de canards plongeurs sont les plus corrélées à l'axe 2 (respectivement en rouge et orange sur la Figure 8). Le nombre de nichées et de couples de canards plongeurs semble plus important sur des étangs amendés il y a moins de cinq ans (signe d'une bonne gestion piscicole) que sur des étangs où la périodicité de vidange est supérieure à dix ans (c'est-à-dire où la gestion piscicole a été abandonnée).

On peut ajouter que les modalités « Saule » et « pourcentage du périmètre en HB et/ou HH>5 mètres faible ou nul » sont particulièrement proches dans le plan factoriel 1-2 : des étangs majoritairement en saules auraient tendance à avoir un pourcentage inférieur à 30 % de leur périmètre occupé par des ceintures de végétation haute et/ou basse de plus de 5 mètres (Figure 6, Tableau 3). Par contre, la modalité « catégorie de végétation 1 » (roselière) est plus proche de celle « pourcentage HB +HH>5 mètres moyen » et la modalité « catégorie de végétation 2 » (végétation basse) est plus proche de celle « pourcentage HB +HH>5 mètres fort ». Dans notre échantillon, on aurait donc des étangs en roselière avec des ceintures de végétation de largeur supérieure à 5 mètres sur une partie comprise entre 37 et 70 % du périmètre, et des étangs en jonchaie avec des ceintures de végétation de largeur supérieure à 5 mètres sur 75 à 100% du périmètre (Figure 6, Tableau 3). On peut d'ailleurs remarquer que les étangs prenant la modalité « agrainage toute l'année oui » semblent être du côté des étangs en jonchaie avec des ceintures de végétation de largeur supérieure à 5 mètres sur 75 à 100% du périmètre. On peut donc penser que les étangs de notre échantillon agrainés toute l'année sont plus des étangs avec des ceintures de végétation basses et développées que des étangs en saule.

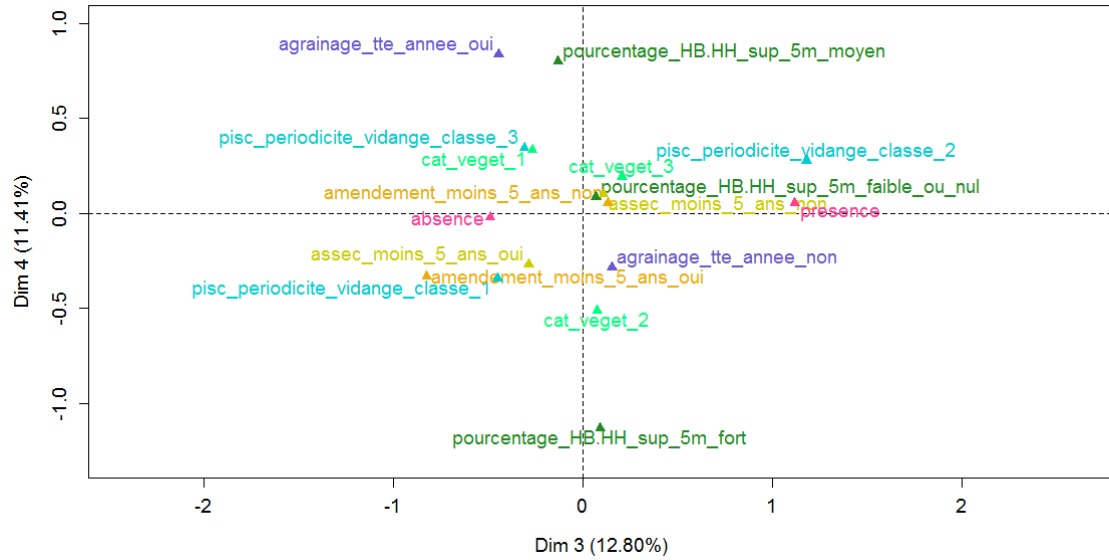


Figure 9 : Facteurs environnementaux et de gestion dans le plan factoriel 3-4 issu de l'ACM (absence-présence : modalités du facteur « hercier », cf Tableau 5).

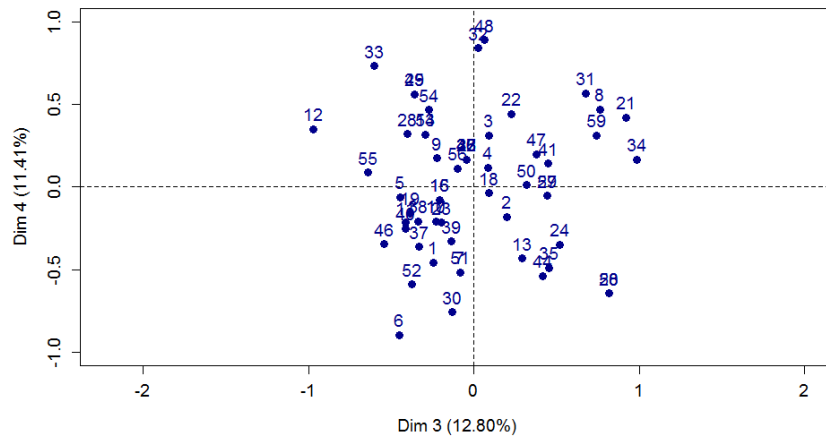


Figure 10 : Individus étangs dans le plan factoriel 3-4 issu de l'ACM.

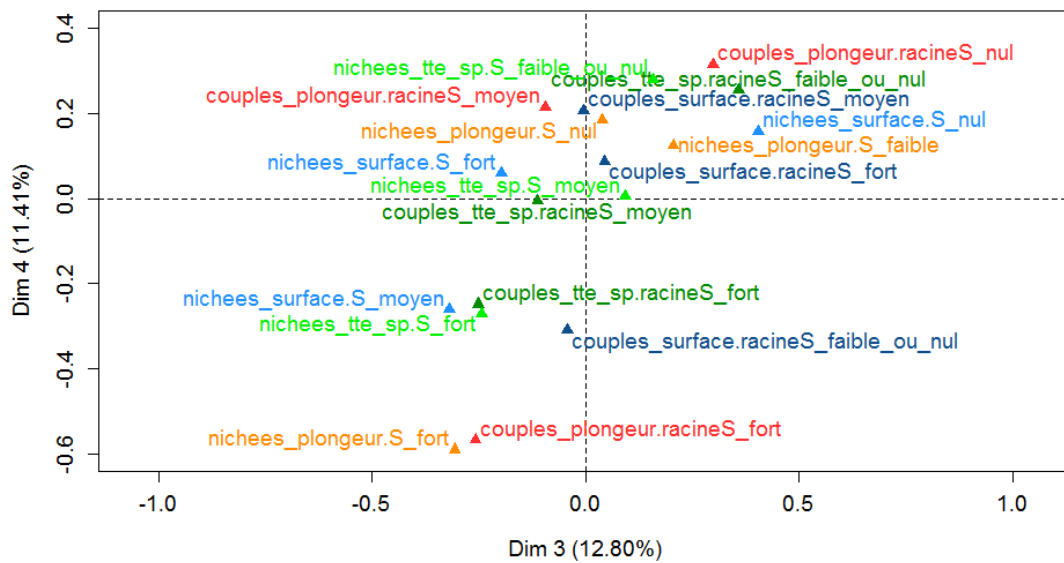


Figure 11 : Variables illustratives dans le plan factoriel 3-4 issu de l'ACM.

L'axe 3, avec ses 12,80 % de l'inertie totale, sépare plutôt des étangs avec des herbiers et une périodicité de vidange moyenne (catégorie 2) à des étangs amendés il y a moins de cinq ans, plutôt sans herbiers, et plutôt avec une catégorie de périodicité de vidange 1 ou 3 (respectivement 1-2-3 ans ou étangs abandonnés) (Tableau 5, Figure 9). Les étangs se dispersent bien selon cet axe (Figure 10). On pourrait alors penser que les herbiers se développent mieux sur des étangs vidangés tous les quatre à dix ans que sur des étangs vidangés plus régulièrement (1-2-3 ans), ou sur lesquels la gestion piscicole est à l'abandon. Il est difficile de dégager des tendances en regardant la Figure 11, car les variables illustratives se dispersent mal selon l'axe 3.

L'axe 4 extrait 11,4 % de l'inertie totale et semble dissocier les étangs avec un agrainage toute l'année et un pourcentage d'hélophytes (bas et/ou hauts) supérieurs à 5 mètres moyen des étangs avec un pourcentage d'hélophytes (bas et/ou hauts) supérieurs à 5 mètres fort (Tableau 5, Figure 9). Cet axe représente sans doute un gradient de gestion cynégétique des étangs, avec d'une part des étangs avec une végétation moyenne mais agrainés, et d'autre part des étangs avec une végétation importante. Cela voudrait dire qu'au sein de notre échantillon, les étangs agrainés toute l'année sont plus des étangs avec une végétation intéressante (ceintures de végétation de largeur supérieure à 5 mètres sur une partie comprise entre 37 et 70 % du périmètre) et non pas uniquement en saules. Rappelons que l'ACM nous donne un résultat quelque peu différent en considérant le plan factoriel 1-2. En effet, ce plan factoriel rapproche les étangs agrainés toute l'année des étangs plus en jonchaie et avec des ceintures de végétation importantes (largeur supérieure à 5 mètres sur 75 à 100% du périmètre). Mais le point commun reste le fait que les étangs agrainés toute l'année « s'éloignent » des étangs en saule, avec des ceintures de végétation peu importantes. On peut ajouter que l'on peut accorder un poids plus important aux résultats issus du plan factoriels 1-2 vu le pourcentage de l'inertie totale plus important qu'il extrait. Les étangs se dispersent assez bien selon l'axe 4 (Figure 10). Encore une fois, seules les variables illustratives concernant les canards plongeurs sont assez corrélées à l'axe pour être décrites (Figure 11). Les couples et les nichées de canards plongeurs semblent plus nombreux sur des étangs naturellement pourvus d'une végétation importante plutôt que sur des étangs avec une végétation de taille moyenne mais agrainés.

3.2.2. Explication des liens entre facteurs environnementaux, modes de gestion, et réussite de la reproduction.

L'approche des Modèles Linéaires Généralisés (GLM) va maintenant nous permettre d'expliquer les liens entre les facteurs environnementaux, les modes de gestion, et la présence plus ou moins forte de couples ou nichées d'anatidés. Les mêmes facteurs (ou covariables) sont gardés : en effet, dans les variables de l'ACM, aucune n'a pu être retirée, car toutes semblent avoir une influence. Comme indiqué dans la partie 2.6.3., nous avons transformé les variables à expliquer Nc/\sqrt{S} (Nombre de couples/ $\sqrt{\text{Surface}}$) et Nn/S (Nombre de nichées/ $\sqrt{\text{Surface}}$) afin que celles-ci suivent une loi binomiale (voir intervalles des classes sur le Tableau 3). Nous présenterons ici uniquement les GLM réalisés sur les couples et les nichées de canards plongeurs, pour les raisons expliquées dans la partie 2.6.3.

Pour la variable Nc/\sqrt{S} pour les plongeurs, le meilleur modèle retenu (AIC=49,4) est celui faisant intervenir les facteurs « périodicité de vidange » (pvalue=0,0219), « amendement moins de 5 ans » (pvalue=0,0437), « assec moins de 5 ans » (pvalue=0,0210), « catégorie de végétation » (pvalue=0,0003) et « présence d'herbiers » (pvalue=0,1281 : seul facteur non significatif, mais intervenant dans une interaction), avec les interactions « périodicité de vidange : présence d'herbiers » (pvalue=0,0217) et « amendement moins de 5 ans : assec

moins de 5 ans » (pvalue=0,0007). Ce modèle permet d'expliquer une partie importante de la variabilité d'abondance des couples de canards plongeurs (déviante résiduelle non significative : pvalue=0,99). Cependant, il ne permet pas de prédire le nombre de couples de plongeurs sur un étang : la pvalue de tous les « estimate » est supérieure à 0,05 pour toutes les modalités.

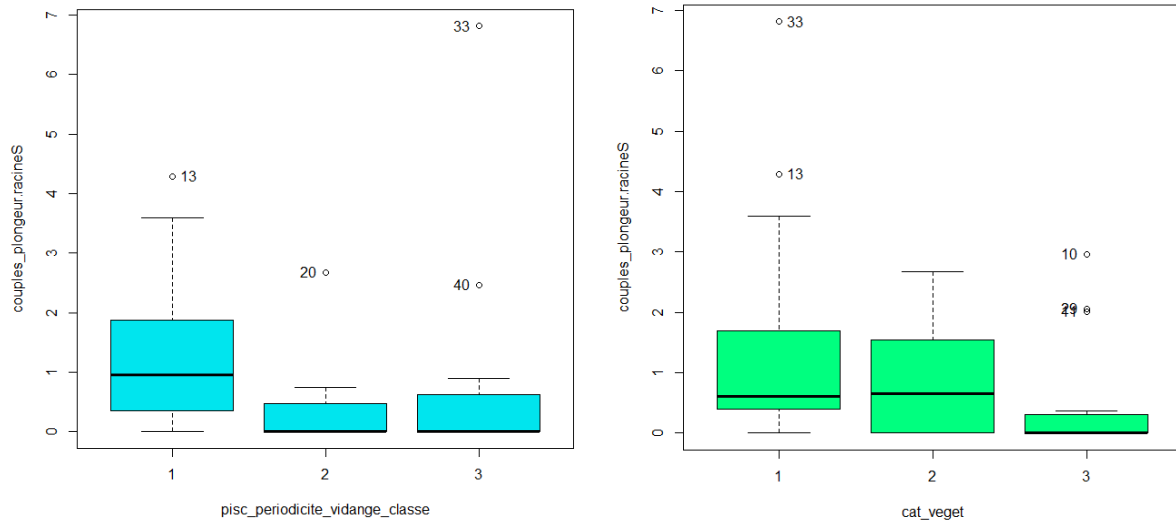


Figure 12 : Répartition du nombre de couples de canards plongeurs (divisé par $\sqrt{\text{Surface}}$) selon la fréquence de vidange* (à gauche) et la catégorie de végétation (à droite) (*1 : 1-2-3 ans, 2 : entre 4 et 10 ans, 3 : supérieure à 10 ans/ **1 : végétation haute, 2 : végétation basse, 3 : Saulaie).**

Comme l'ACM nous avait déjà amené à penser, la végétation haute (roselière) est donc favorable à la présence de couples de canards plongeurs (résultats du GLM et Figure 12 droite). Par contre, le pourcentage du périmètre en ceintures d'hélophytes supérieures à 5 mètres ne semble pas avoir d'effet sur les couples de canards plongeurs contrairement à ce que pouvait faire penser l'ACM. De même que l'ACM nous le faisait pressentir, le GLM nous montre l'effet négatif de l'abandon des étangs du point de vue piscicole (Figure 12 gauche).

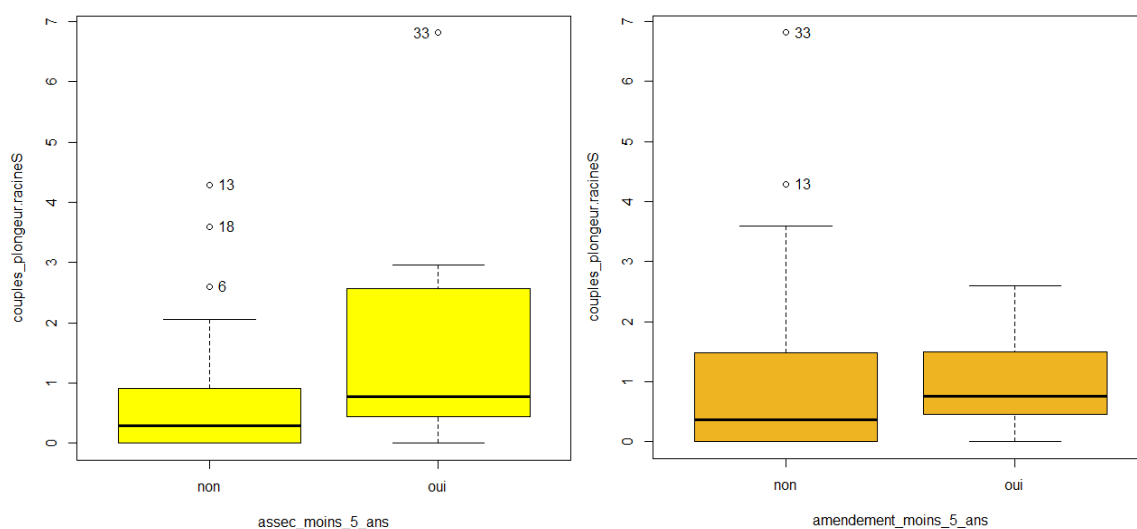


Figure 13 : Répartition du nombre de couples de canards plongeurs (divisé par $\sqrt{\text{Surface}}$) selon l'assec (à gauche) et l'amendement (à droite) réalisés ou non.

L'effet positif d'un amendement réalisé il y a moins de cinq ans est également confirmé (Figure 13 droite). Comme l'analyse de l'ACM nous incitait déjà à le penser, le GLM nous confirme que l'agrainage n'a pas vraiment d'effet sur les couples de canards plongeurs dans notre échantillon d'étangs. Par contre, le GLM nous montre l'attraction que constitue un assec datant de moins de cinq ans pour les couples de canards plongeurs (Figure 13 gauche).

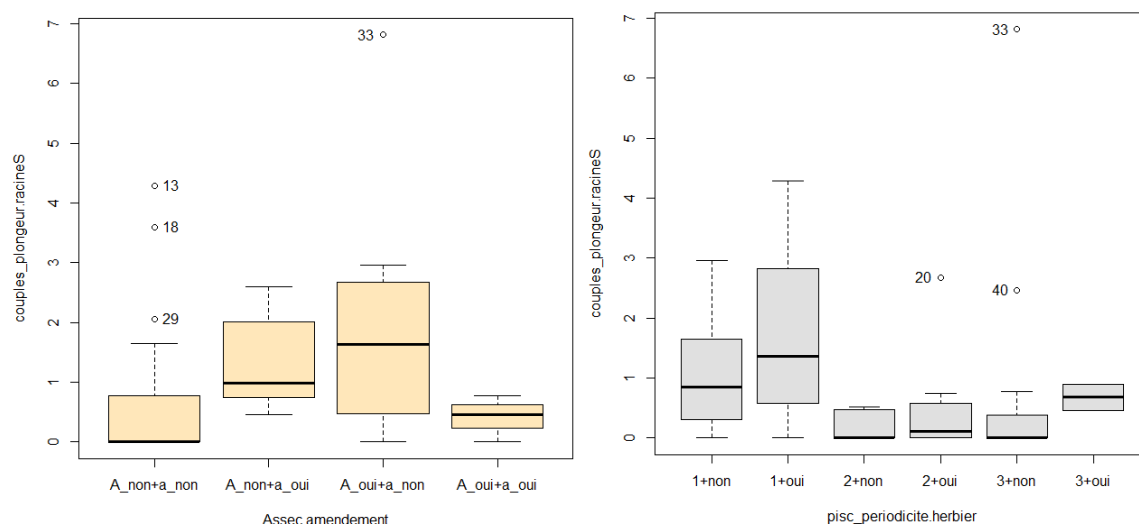


Figure 14 : Répartition du nombre de couples de canards plongeurs (divisé par $\sqrt{\text{Surface}}$) selon les différentes modalités des interactions assec+amendement* (à gauche) et fréquence de vidange+herbiers (à droite) (*A : assec, a : amendement/ **1 : 1-2-3 ans, 2 : entre 4 et 10 ans, 3 : supérieure à 10 ans).**

Le GLM fait aussi ressortir des interactions. En regardant la Figure 14 gauche, on peut fortement penser que la réalisation d'un assec seul ou d'un amendement seul (au moins tous les cinq ans) est favorable au cantonnement des canards plongeurs. Par contre, l'association des deux réalisés (dans les cinq ans) n'est pas bénéfique, ce qui pose question.

La Figure 14 droite nous montre encore l'effet positif d'une vidange régulière de l'étang, mais cet effet semble accentué par la présence d'herbiers de macrophytes. Il est intéressant de voir que la présence d'herbiers semble également « compenser » l'effet négatif d'un abandon de la pisciculture.

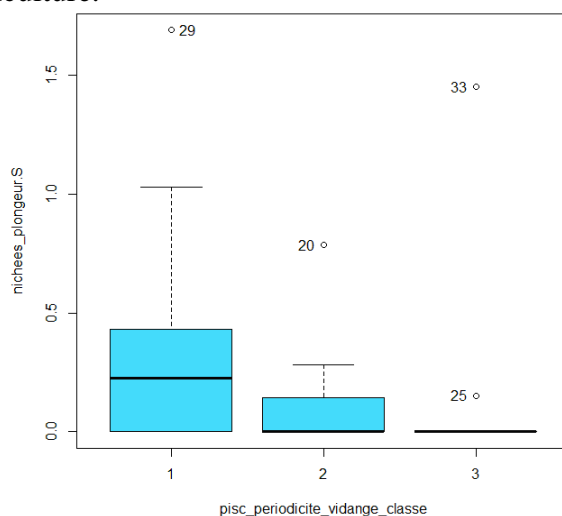


Figure 15 : Répartition de la densité de nichées de canards plongeurs selon la fréquence de vidange (1 : 1-2-3 ans, 2 : entre 4 et 10 ans, 3 : supérieure à 10 ans).

Concernant la variable Nn/S pour les plongeurs, le meilleur modèle retenu (AIC=76,3) est celui faisant intervenir le seul facteur « périodicité de vidange » (pvalue=0,0049). Ce modèle permet d'expliquer une partie importante de la variabilité d'abondance des nichées de canards plongeurs car la déviance résiduelle n'est pas significative (pvalue=0,09). Il y a significativement moins de nichées de canards plongeurs sur des étangs abandonnés du point de vue piscicole (pas de vidange depuis plus de dix ans) et ceci en ayant pris en compte l'effet des autres facteurs (estimate= -1,8124, pvalue=0,0479), comme l'ACM l'avait d'ailleurs fait ressortir. La Figure 15 nous permet d'illustrer cet effet. On peut noter que l'effet du pourcentage du périmètre en ceintures d'hélophytes supérieures à 5 mètres, de la catégorie de végétation ainsi que de l'amendement, supposé par la « lecture » de l'ACM, n'est pas confirmé par le GLM. Par contre, le GLM nous confirme que l'agrainage annuel n'a pas vraiment d'effet sur les nichées de canards plongeurs dans notre échantillon d'étangs.

3.3. Influence des variables environnementales sur les herbiers de macrophytes.

Dans les analyses suivantes, la présence ou non d'herbiers est considérée non seulement comme une « variable » environnementale mais également et surtout comme un indicateur de biodiversité des étangs (cf partie 1.3). Une ACM a été réalisée avec les variables qualitatives « amendement moins de 5 ans », « assec moins de 5 ans », et quantitatives codées (Tableau 3) « transparence », « azote », « phosphore » et « calcium échangeable ». Cette analyse n'a pas mis en évidence l'effet de ces variables environnementales sur les herbiers, les modalités de la variable illustrative « herbiers » (qualitative : absence-présence) étant vraiment trop peu corrélées aux premiers axes.

Après avoir constaté que la variable « herbiers » était distribuée selon la loi binomiale (présence-absence), nous avons cherché le meilleur GLM pouvant l'expliquer, en considérant au départ les mêmes facteurs (et covariables) que dans l'ACM. Le meilleur GLM (AIC: 71,1 et déviance résiduelle pourtant non significative : p=0,23) ne donne que des résultats n'ayant aucun sens biologique.

4. Discussion

4.1. Limites et biais

Il est important d'être conscient des biais et limites des différentes composantes de l'étude pour interpréter les résultats.

Tout d'abord, les canards sont un des meilleurs compromis trouvés en termes d'indicateurs pour s'approcher de la connaissance "du bon étang". Cependant, ils ne représentent qu'un « maillon » de l'écosystème, et il est important de le garder à l'esprit.

Comme expliqué dans la partie 3.1., notre échantillon n'est pas aussi équilibré que nous le souhaitions et le gradient des étangs est biaisé en faveur de certaines catégories (Tableau 4). Cependant, nous aurions pu craindre un échantillon encore plus déséquilibré, ce que nous expliquerons dans la partie 4.2.

Ensuite, la durée d'observation de quinze minutes pour le comptage anatidés est relativement faible, et il est possible de ne pas détecter certains adultes ou certaines nichées. Mais compte tenu des distances importantes à parcourir et des difficultés d'accès à certains étangs, ceci est le meilleur compromis possible, d'autant plus que les seize suivis hebdomadaires sur chaque étang ont compensé cette limite. Certains étangs présentent plus de risque de ne pas détecter certains individus à cause de leur configuration (taille importante ou

forme) diminuant la visibilité. Sur ces étangs, l'ajout d'un point d'observation supplémentaire minimise le risque de ne pas voir un individu, mais augmente celui de double comptage. Enfin, chacun des trois observateurs a suivi « ses » mêmes étangs pendant toute la période de terrain : il existe un léger biais « observateur » entre ces trois « groupes » d'étangs, même en considérant la faible complexité de l'identification des anatidés.

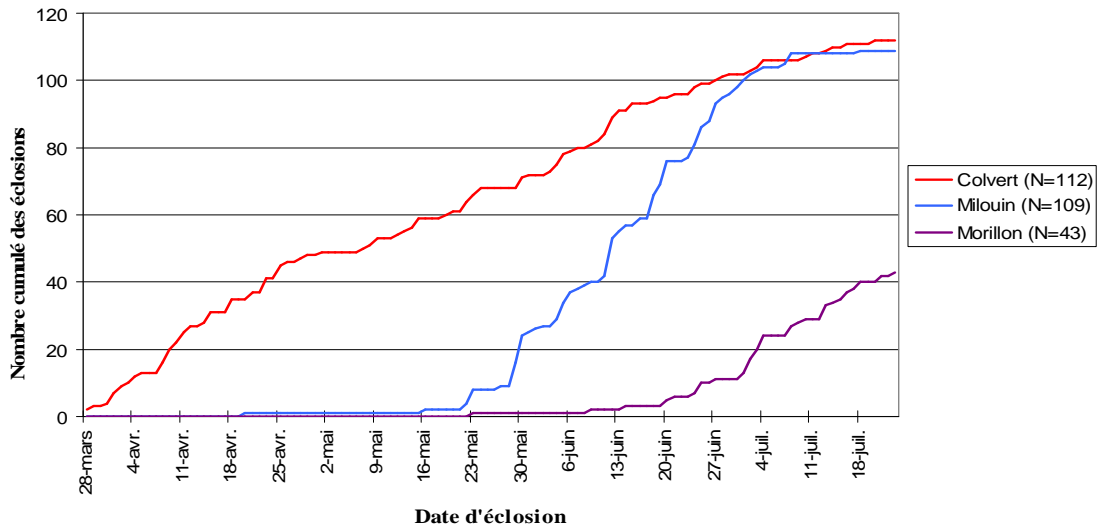


Figure 16 : Evolution du nombre cumulé des éclosions en fonction de la date

On peut noter que les dates de suivi des couples et des nichées ne sont pas optimales sur le plan biologique. Nous commençons le suivi mi-avril : à cette date, des couples (de Canard colvert notamment) peuvent déjà être formés (Fouque *et al.*, 2004). Le suivi se termine fin juillet, mais certaines éclosions peuvent encore avoir lieu à cette date. En effet, on peut visualiser (Figure 16) le palier atteint dès le 7 juillet environ pour les fuligules milouins, mais pas pour les canards colverts et les fuligules morillons. La dernière éclosion « enregistrée » date du 20 juillet pour les colverts, et du 23 juillet pour les morillons. Cependant, la fin des suivis étant le 31 juillet, et les jeunes étant aperçus souvent à l'âge de cinq jours ou plus, il est possible que des éclosions soient survenues par la suite. Cependant, les dates de suivi ont été choisies en connaissant ces limites, mais en considérant également la faisabilité de l'étude. Si nous avions demandé aux propriétaires de suivre leurs étangs après la fin du mois de juillet, nous aurions sans doute essuyé de nombreux refus, ceux-ci ne souhaitant pas être dérangés à l'approche de l'ouverture de la chasse (21 août pour les canards colverts) (arrêté ministériel du 24 mars 2006, modifié par les arrêtés du 2 août 2012 et du 18 juillet 2013). De plus, le « pic » d'éclosion semble tout de même terminé à la fin du mois de juillet.

La détermination de l'indice du nombre de couples présente des limites, de même que celle du nombre de nichées. L'indice du nombre de couples enregistré est a priori peu biaisé car il est fixé sur chaque étang à partir d'une interprétation des effectifs de mâles, de femelles, de couples visiblement formés, ainsi que des comportements observés au cours des visites hebdomadaires successives pendant toute la période de cantonnement (cf partie 2.6.1). Cependant, en considérant la mobilité des individus, sa détermination est parfois ardue. Il s'agit bien d'une estimation de l'attraction d'un étang pour la formation des couples. Pour les nichées, plusieurs biais existent. Celles-ci peuvent parfois changer d'étang pendant leur élevage (Broyer, 2006). Mais elles peuvent également être très bien dissimulées dans les ceintures de végétation, et, même si le risque est faible, il semble tout à fait possible de ne pas voir une nichée du tout, d'autant plus que sa durée de vie est courte. Les nichées observées pour la première fois sur un étang à un âge supérieur à une semaine sont donc soit des nichées ayant échappé précédemment à l'observateur, soit des nichées venues d'un autre étang.

Cependant, rappelons que l'objectif est d'estimer l'attraction des étangs pour l'élevage des jeunes. L'étude vise en effet davantage à la comparaison de plusieurs sites de nidification à l'échelle d'une région d'étangs qu'à obtenir un diagnostic précis de la nidification sur chaque étang.

Concernant encore la méthode de détermination du nombre de couples, on peut faire certaines remarques. Il est d'abord intéressant de noter l'augmentation constante des éclosions de Canard Colvert (Figure 16), qui commencent dès le mois de janvier (Fouque *et al.*, 2004), et semblent se poursuivre après le 23 juillet (comme dit précédemment). Cependant, la détermination des couples en considérant les observations de mi-avril à fin mai semble quand même assez correcte, la plupart des éclosions survenant entre mi-mai et mi-juin (Figure 16), sachant que la durée de ponte pour cette espèce est de 10 jours, et la période d'incubation de 28 jours (Fouque *et al.*, 2004). Par contre, on observe (Figure 16) une forte augmentation du nombre d'éclosions de morillons jusqu'au 18 juillet. La durée de ponte étant de 10 jours, et la durée d'incubation de 25 jours pour cette espèce (Fouque *et al.*, 2004), la fin du cantonnement s'étale probablement jusqu'à mi-juin. La méthode de détermination du nombre de couples détaillée en 2.6.1 mérite donc d'être améliorée : pour les morillons, il faut considérer les données jusqu'à la mi-juin. On peut préciser que malgré le protocole, de par notre ressenti de terrain, nous avons naturellement considéré les données jusqu'à mi-juin pour les morillons. Pour finir, pour les milouins, aucun problème ne se pose, la plupart des éclosions étant terminée un peu avant fin juin, avec des durées de ponte et d'incubation respectivement de 9 et 25 jours (Fouque *et al.*, 2004).

Beaucoup de facteurs confondant (et dont l'effet ne peut pas être pris en compte facilement) existent, et induisent donc un biais dans l'analyse. Par exemple, la prédation des nids est un facteur qu'il est difficile d'évaluer lors de simples visites sur la propriété. Une expérience menée spécifiquement à ce sujet par l'ONCFS sur dix étangs d'une propriété à l'aide de la méthode des faux nids (Jacquet, 2014) a mis en évidence un taux de prédation important imputable aux sangliers mais aussi aux corneilles et aux rats surmulots dans un contexte de chasse "intensive" avec agrainage annuel. Nos visites ne nous permettent pas non plus d'évaluer le nombre de ragondins, qui, lorsqu'ils sont nombreux, peuvent engendrer des dégâts importants sur les ceintures de végétation (Curtet *et al.*, 2008). Enfin, une étude menée en Dombes, Brenne, Forez et Champagne humide, a montré l'importance parfois plus forte de l'environnement de l'étang (prairie par exemple) que de sa gestion piscicole pour le succès de la reproduction des canards de surface (Broyer et Calenge, 2010).

Pour finir, lors de l'analyse de l'effet de la végétation sur les anatidés, on prend en compte le type de végétation ainsi que la taille des ceintures de végétation. Certaines informations, également relevées sur le terrain, n'ont pas pu être prises en compte dans le traitement des données, comme la hauteur d'eau ou la densité de cette végétation. Par exemple, une roselière de dix mètres de large peut attirer peu de couples parce qu'elle est trop dense ou qu'elle est peu immergée : elle ne constitue plus un habitat intéressant pour certaines espèces (Trotignon, 2000). Toutefois, le nombre de facteurs considérés est déjà très important en considérant le nombre d'étangs de l'échantillon, nous ne pouvions pas nous permettre d'analyser des facteurs supplémentaires. La solution serait d'avoir un échantillon avec beaucoup plus d'étangs, avec un effort d'échantillonnage encore plus important, ce qui paraît difficilement réalisable.

4.2. Premiers résultats à l'issue de l'enquête de gestion

L'analyse du Tableau 2, puis sa comparaison avec le Tableau 4, permet de suspecter un phénomène auquel nous avons réellement été confrontés : il a été plus difficile de trouver des étangs abandonnés (ou en cours d'abandon) que des étangs vidangés depuis trois ans ou moins (donc gérés). Cependant, il est important de prendre en compte les filtres qui nous ont permis de choisir les étangs : nous n'avons pas cherché des étangs sur les propriétés en enclos par exemple (caractérisant pourtant souvent des territoires à dominante chasse avec parfois une pisciculture au second plan voire abandonnée). De même, la limitation à trois hectares minimum nous a peut être privés d'étangs abandonnés, car on sait que la pisciculture extensive se concentre aujourd'hui en Sologne sur les grands étangs (Hennequart, pisciculteur, communication personnelle, 13 août 2014 ; Valla, 2013). Le fait que huit étangs viennent d'arrêter ou vont arrêter l'activité piscicole cette année, et ce dans les deux premières catégories de fréquence de vidange (1-2-3 ans, ou entre 4 et 10 ans), nous indique que la déprise piscicole a lieu, mais nous ne sommes pas encore dans l'abandon total des étangs.

Les erreurs dans les informations obtenues dans les courts entretiens lors de la préparation de l'étude sont sans doute dues à des oublis ou des imprécisions des propriétaires. Ceci pourrait traduire un intérêt de moins en moins important des propriétaires pour leurs étangs.

4.3. Explication des liens entre facteurs environnementaux, modes de gestion et réussite de la reproduction.

Une influence de la végétation sur la présence plus ou moins forte de couples et/ou nichées de canards plongeurs, a été révélée. Selon l'ACM, le nombre de couples et nichées de canards plongeurs semble plus important sur les étangs en végétation haute (majoritairement roselière), avec des ceintures de végétation de largeur supérieure à 5 mètres sur plus de 37 % du périmètre. L'approche GLM confirme seulement l'effet positif des hélophytes hauts pour les couples de canards plongeurs. En effet, en considérant la corrélation relativement faible des variables environnementales avec l'axe 1, mais surtout le pourcentage de l'inertie totale relativement faible dégagé par l'axe 1, on peut comprendre l'importance de la réalisation d'un GLM pour confirmer les tendances, mais surtout pour expliquer les liens. La végétation haute est donc importante pour l'attraction des couples de canards plongeurs. Ceci a également été mis en évidence en Sologne l'an dernier (Valla, 2013). Une étude réalisée en Dombes (Broyer et Calenge, 2010) montre qu'une surface en hélophytes hauts importante augmente le nombre de sites de nidification, facteur attractif pour les couples de canards plongeurs. De plus, la végétation haute abrite une part importante d'invertébrés (Bachasson, 2012), proies des poissons mais aussi des canards plongeurs (cf partie 2.2.).

L'approche GLM nous montre l'attraction que constitue la réalisation d'un assec au moins tous les cinq ans pour les couples de canards plongeurs au sein de notre échantillon. En effet, la pratique de l'assec aère les vases et accélère la minéralisation de la matière organique, favorisant la disponibilité en nutriments pour l'écosystème aquatique (Trotignon, 2000). Une étude montre que les ressources alimentaires végétales issues de l'assec sont fortement consommées par les anatidés (Curtet *et al.*, 2004). De plus, l'abondance des invertébrés dans le sédiment, qui semble être plus importante lors d'un assec, est un des facteurs qui influe sur la distribution des couples de canards plongeurs sur les étangs (Broyer et Calenge, 2010). Pour finir, l'assec ou les niveaux bas des étangs peuvent diminuer l'herbivorie par certains oiseaux d'eau ou par les ragondins (Curtet *et al.*, 2008), favorisant ainsi le développement des hélophytes hauts, eux même favorables à l'accueil des couples de plongeurs, comme dit juste

avant. La mise en assec est d'ailleurs ce que les pisciculteurs considèrent comme le minimum à réaliser lorsqu'ils exploitent un étang (Doyon, pisciculteur, communication personnelle, 8 juillet 2014). Cependant, la pratique de l'assec n'est plus trop répandue en Sologne (Bernard, 2008). Par exemple, au sein de notre échantillon, seul un peu plus de 25 % des étangs ont subi un assec dans les cinq dernières années.

L'effet négatif d'un abandon de la gestion piscicole (périodicité de vidange supérieure à dix ans) supposé par l'ACM pour les nichées et couples de canards plongeurs est confirmé dans l'analyse GLM. La vidange régulière de l'étang est donc bénéfique à la reproduction des anatidés, c'est d'ailleurs ce qui avait été mis en évidence l'an passé (Valla, 2013). En Sologne, la vidange est rarement suivie d'un assec, comme expliqué précédemment. Or le manque d'entretien du réseau de fossés et l'augmentation des milieux boisés ont réduit le ruissellement. Lorsqu'un étang a été vidé, le remplissage peut être long, et prendre même parfois plusieurs mois (Ingénierie de l'Environnement et de l'Aménagement, 2011). On peut alors penser que ces vidanges, en durant plus longtemps, pourraient produire un semblant d'assec. Ceci favoriserait l'abondance des invertébrés, de nourriture végétale, ainsi que le développement des roseaux, tout ceci étant attractif pour les canards plongeurs. On peut citer l'étude réalisée l'an dernier en Sologne qui montre que la vidange régulière est favorable aux hélophytes hauts (Valla, 2013). Ceci prouve encore l'importance de la vidange.

L'effet positif d'un amendement réalisé il y a moins de cinq ans supposé par l'ACM pour les nichées et couples de canards plongeurs est confirmé pour les couples de canards plongeurs dans l'analyse GLM. En effet, on sait que la fertilisation d'un étang augmente la biomasse des producteurs primaires (végétaux, algues) (Faverot, 2011) mais aussi des invertébrés des herbiers, et donc des canards plongeurs qui s'en nourrissent (Broyer et Curtet, 2011). Un chaulage permet d'optimiser la minéralisation de la matière organique (Faverot, 2011), ce qui indirectement favorise aussi le développement des végétaux. Or en Sologne, les pratiques d'amendement sont très rares car sans doute trop peu rentables dans un milieu naturellement très pauvre (seul un peu plus de 10 % des étangs de notre échantillon ont subi un amendement dans les cinq dernières années).

Grâce au GLM, on peut penser que la réalisation d'un assec seul ou d'un amendement seul (au moins tous les cinq ans) est favorable au cantonnement des canards plongeurs. Par contre, l'association des deux réalisés (dans les cinq ans) n'est pas bénéfique, ce qui pose question. On constate que seuls trois étangs sont dans cette situation, dont un complètement en saulaie, et l'autre dont la périodicité de vidange est entre quatre et dix ans (et dont la dernière pêche date de 2009). Ces deux étangs sont donc des cas particuliers, « tirant » sans doute vers le bas cette catégorie. On peut donc supposer ici que l'effet positif attendu logiquement par un cumul de deux facteurs positifs pris séparément serait annihilé par des conditions de végétation et/ou de fréquence de vidange défavorables.

Nous n'avons pas observé d'influence de l'agraine annuelle sur la reproduction des canards plongeurs (couples et nichées) au sein de notre échantillon, ceci étant supposé par l'ACM et confirmé par l'approche GLM. Ce résultat est sans doute dû au fait que, comme dit précédemment, les étangs agrainés toute l'année sont plutôt des étangs avec une végétation intéressante déjà présente, et non en saulaie. En d'autres termes, au sein de notre échantillon, les propriétaires qui ont les moyens d'agrainer toute l'année les ont sans doute aussi pour entretenir les ceintures de végétation ou pour mettre en assec leurs étangs. Sur ces étangs, l'agraine annuelle ne rajoute pas beaucoup à l'attrait qu'ils constituent « naturellement » pour les canards plongeurs.

L'étude n'a pas mis en évidence d'effet direct des herbiers de macrophytes sur les anatidés au sein de notre échantillon. En Dombes, il a pourtant été montré que les densités de couples et de femelles avec des jeunes sont plus importantes lorsque la couverture en herbiers de macrophytes est comprise entre 21 et 40 % de la zone totale d'étang, ceci sans doute lié à

la biomasse en invertébrés globalement plus importante (Broyer et Curtet, 2010). Par contre, grâce à l'approche GLM, on voit l'effet positif (sur le cantonnement des canards plongeurs) d'une vidange régulière de l'étang, qui semble amplifié par la présence d'herbiers de macrophytes. Ce lien est intéressant car il a été montré que les herbiers jouaient un rôle d'accueil important pour les invertébrés, d'autant plus lorsqu'ils sont accompagnés de ceintures d'hélophytes hauts qui leur servent probablement de refuge en hiver (Broyer et Curtet, 2011). Or l'étude réalisée l'an dernier en Sologne montre que la vidange régulière est favorable aux hélophytes hauts (Valla, 2013). Bien évidemment, la situation est sans doute bien plus complexe. La présence d'herbiers semble également « compenser » l'effet négatif (sur le cantonnement des canards plongeurs) d'une fréquence de vidange supérieure à dix ans. Ce dernier point nous confirme encore une fois la complexité de l'écosystème étang.

4.4. Influence des variables environnementales sur les herbiers de macrophytes

Nous n'avons pas trouvé d'influence significative des variables environnementales sur les herbiers de macrophytes lors de l'approche GLM. Pourtant, il a été montré que la transparence a une influence sur le développement des herbiers (Broyer et Curtet, 2012). Par ailleurs, le calcium (cf ce que nous avons dit sur le chaulage) optimise la minéralisation de la matière organique, ce qui favorise le développement des végétaux. De même, les sels d'azote (nitrates) et de phosphore (phosphates) sont indispensables à la production végétale (Trotignon, 2000). Mais ici, l'absence de résultat significatif est sans doute due à plusieurs choses. Tout d'abord, on peut pointer le faible nombre d'étangs ayant des herbiers (17 étangs sur 60). Ce faible nombre est peut-être dû à un biais : afin de caractériser leur végétation, nous avons parcouru les étangs en waders, mais nous sommes souvent restés sur les bords, les niveaux d'eau étant souvent importants. Il est donc possible que des herbiers situés au centre des étangs n'aient pas été aperçus. Ensuite, sur certains étangs trop profonds, les prélèvements de sédiments dans le bief n'ont pas été réalisables, alors que c'est l'endroit où la vase est théoriquement la plus abondante (en Sologne, les étangs ont des fonds sableux, et la vase semble « glisser » vers les zones les plus profondes, c'est-à-dire souvent le bief). La partie plus sableuse prélevée dans ces étangs ne reflète pas la richesse de la vase située dans le bief, participant sans doute au développement des herbiers.

Il est tout de même intéressant de parler des résultats de l'ACM, qui nous indique un lien entre la présence d'herbiers et la catégorie de vidange d'un étang. Au sein de notre échantillon, les herbiers semblent mieux se développer sur des étangs vidangés tous les quatre à dix ans que sur des étangs vidangés plus régulièrement (un-deux-trois ans), ou sur lesquels la gestion piscicole est à l'abandon. Pour expliquer l'effet défavorable d'une vidange régulière, on peut alors penser à la région de la Dombes, où l'assec semble défavorable aux herbiers (Broyer, responsable scientifique du pôle et chef de l'équipe « habitat-zones humides » au sein du CNERA de la direction des études et de la recherche de l'ONCFS, communication personnelle, 5 août 2014). En Dombes, l'assec est généralement associé à un labour avant la plantation de maïs, ce dernier étant sans doute le principal responsable. En Sologne, comme nous l'avons pointé précédemment, les étangs ne sont pas souvent associés à une gestion piscicole telle qu'en Dombes, et les asssecs réalisés il y a moins de cinq ans sont rares : seulement un peu plus d'un tiers des étangs en catégorie de vidange régulière ont subi un assec dans les cinq dernières années. Mais parmi ces neuf étangs vidangés au cours des trois dernières années et avec un assec datant de moins de cinq ans, seuls deux ont des herbiers. L'effet négatif de l'assec n'est donc pas improbable non plus. On peut alors penser au curage (enlèvement de vase) des étangs lors de l'assec. Au cours de notre phase de terrain

pour le prélèvement de sédiments, nous avons constaté que certains étangs avaient été trop curés, très peu de vase restant au milieu de l'étang. Sur un étang, il a même été observé que les canards plongeurs, s'alimentant habituellement sur toute la surface de l'étang, se concentraient à proximité des berges (Richier, Responsable du pôle étangs continentaux en Sologne, communication personnelle, 8 juillet 2014). Or la présence de vase permet un apport de matière organique et de nutriments nécessaires au développement des herbiers. En Sologne, l'effet défavorable de la vidange régulière pour les herbiers pourrait donc être expliqué, sans doute pour une petite partie, par le curage associé à l'assec (dans les neuf étangs vidangés au cours des trois dernières années et avec un assec datant de moins de cinq ans, trois ont été curés il y a moins de cinq ans, et n'ont pas d'herbiers). Au-delà de toutes ces hypothèses, afin d'appréhender cette « affection » des herbiers pour un rythme intermédiaire de vidange, on peut penser à ce que nous avons formulé dans la partie 1.2., où les herbiers de macrophytes (comme le potamot) semblent caractériser le début de la phase d'atterrissement d'un étang (Faverot, 2011). Il n'est donc pas si surprenant que les herbiers se développent mieux sur des étangs ni vraiment gérés, ni à l'abandon du point de vue piscicole.

5. Conclusion

Dans cette étude, nous avons cherché à connaître l'effet des modifications des pratiques piscicoles sur les anatidés nicheurs des étangs de Sologne, utilisés comme indicateurs de biodiversité. Nous avons validé (sur les canards plongeurs) l'hypothèse selon laquelle une périodicité de vidange supérieure à dix ans (abandon piscicole) a un effet négatif sur la reproduction des anatidés. On prouve également l'effet positif d'un assec et d'un amendement pour l'attraction des couples de canards plongeurs. Or ces pratiques ne sont plus vraiment répandues en Sologne. L'influence de la fréquence de vidange a été attribuée au remplissage long des étangs Solognots (diminution du ruissellement dans cette région) créant ainsi un semblant d'assec. Ensuite, il a été prouvé au sein de notre échantillon que les étangs en roselière, caractérisant souvent un entretien de la végétation, attirent davantage les couples de canards plongeurs. Les herbiers de macrophytes semblent également attractifs pour les couples de canards plongeurs, de par leur interaction avec la fréquence de vidange. Enfin, nous avons cherché à étudier l'effet des modifications des pratiques piscicoles sur un deuxième indicateur de biodiversité, les herbiers de macrophytes. Cependant, cette analyse n'a pas vraiment donné de résultat, à part un hypothétique effet de la fréquence de vidange, celle-ci devant sans doute être intermédiaire (entre quatre et dix ans) pour leur développement. Les caractéristiques de la pisciculture extensive étudiées semblent favorables aux anatidés des étangs de Sologne, on peut donc imaginer les conséquences négatives de leur abandon. Dans le contexte de déprise piscicole, l'objectif second de notre étude était d'apprécier le rôle complémentaire ou alternatif d'une chasse de qualité sur la biodiversité des étangs de Sologne. L'hypothèse selon laquelle les étangs avec un agrainage annuel sont moins favorables à la reproduction des anatidés, n'a pas été validée. Aucune influence (ni positive, ni négative) de l'agrainage annuel sur la reproduction des canards plongeurs n'a été mise en évidence au sein de notre échantillon. Cependant, dans notre échantillon, les étangs agrainés toute l'année sont plutôt des étangs avec une végétation intéressante déjà présente, et non en saulaie. On peut donc émettre l'hypothèse que l'effort d'agrainage est inutile pour les plongeurs lorsque les ceintures de végétation basses ou hautes sont assez importantes.

L'abandon des pratiques piscicoles caractéristiques de la gestion extensive traditionnelle, le fait que huit étangs de notre échantillon viennent ou vont arrêter l'activité piscicole cette année, mais surtout le nombre de propriétaires citant la fonction cynégétique comme la motivation principale pour garder leur étang, nous font penser que la pisciculture

n'est plus l'enjeu principal en Sologne. La chasse au gibier d'eau se pratique par exemple sur 80 % des étangs de notre échantillon. C'est ainsi que l'on peut évoquer le Grand cormoran, dont l'impact est présent, mais semble être une source de démotivation qui « s'ajoute » surtout aux autres: la perte des traditions, mais aussi l'intérêt prépondérant pour la chasse. Dans les années 90, des méthodes pour limiter notamment les prélèvements dus au Grand Cormoran étaient proposées, comme par exemple des refuges pour poissons ou encore des filets (Marion, 1990). On se rend compte que ces méthodes ne sont pas envisageables en Sologne à cause du coût important qu'elles représentent, mais surtout du désintérêt des propriétaires pour l'activité piscicole.

En Sologne, il est vrai, la pisciculture a une importance économique minime par rapport à la chasse. Cependant, l'entretien des étangs contribue à une chasse de qualité. Les assecs réguliers créent des étangs favorables aux anatidés. La recommandation n'est pas de reprendre une activité piscicole traditionnelle, ce qui paraît difficile dans le contexte actuel. Les résultats obtenus pourraient alors se traduire suivant les orientations de gestion suivantes : une vidange au moins tous les trois ans (non obligatoirement associée à une activité de pêche), suivie d'un assec, ou au minimum d'un remplissage long (ce qui se fait naturellement en Sologne), et si nécessaire d'un enlèvement des saules. On peut noter que les préconisations du DOCOB de la ZPS « Etangs de Sologne » (Ingénierie de l'Environnement et de l'Aménagement, 2011) vont dans le sens des résultats de notre étude, mais on peut rajouter que la périodicité de l'assec doit impérativement être inférieure à dix ans, mais au mieux inférieure à trois ans. On trouve dans ce document deux actions participant à l'entretien ou la restauration des roselières, dont les travaux sont remboursés sur facture. La Fédération de Chasse du Loir-et-Cher finance aussi pour ses adhérents des opérations de mise en assec prolongée et d'arrachage de saules en étang de chasse au gibier d'eau jusqu'à environ 10 % du coût des travaux (Ingénierie de l'Environnement et de l'Aménagement, 2011).

Si une étude supplémentaire est poursuivie en 2015, il serait intéressant de revoir la problématique en considérant plus l'aspect cynégétique. Par exemple, la prédation des nids imputable au sanglier serait à prendre en compte, tout comme l'effet de l'agraine sur des étangs en saulaie. Au-delà de l'aspect cynégétique, l'impact du milieu environnant (prairies, forêt ou champs par exemple) serait aussi intéressant que complexe à considérer, vu l'importance des forêts en Sologne. L'herbivorie imputable aux ragondins sur les ceintures de végétation, serait également un facteur à étudier. Pour finir, concernant l'étude des herbiers de macrophytes, beaucoup de questions restent à étudier. Par exemple, l'effet des assecs sur les herbiers reste mal connu, mais aussi les espèces majoritaires d'herbiers se développant en Sologne. L'utilisation d'une barque nous permettrait de voir l'intégralité des herbiers, mais aussi de prélever les sédiments du centre des étangs, parfois non accessibles en waders car trop profonds. Il est cependant important de se rendre compte que ces études nécessiteraient de changer l'échantillon d'étangs, mais aussi plus de moyens, ou alors d'enlever des indicateurs : par exemple, les agents réalisant le suivi odonates cette année se concentreraient plus sur les herbiers l'an prochain. Même en l'absence d'une étude plus poussée l'an prochain, le minimum serait de continuer le suivi de l'indicateur anatidés, avec un échantillonnage différent, afin de continuer à suivre l'évolution des pratiques en Sologne. Enfin, il serait intéressant de choisir des étangs expérimentaux, dans l'idéal à l'abandon, qui seraient « réhabilités » et serviraient à promouvoir les pratiques de gestion validées par notre étude (exemple : vidange avec assec ou remplissage long, coupe des saules en faveur du développement d'une roselière). L'étude réalisée depuis 2012 a déjà permis de sensibiliser certains propriétaires ou gestionnaires d'étangs, et montre l'importance de l'information et de l'échange avec ces acteurs. On peut penser à un guide de bonnes pratiques et un livret sur la végétation des étangs pour les acteurs intéressés, détaillant entre autres les bénéfices de chaque espèce pour les canards, ou encore l'entretien nécessaire à cette végétation d'étangs.

6. Bibliographie

Bachasson B. (2012). Mise en valeur des étangs. Tec et Doc, Lavoisier, Paris, 168 p.

Banas D. (1997). Incidence des piscicultures extensives du bassin-versant de l'étang de Lindre : marqueurs et phases caractéristiques. Rapport de DEA des sciences agronomiques, Université de Metz/ ENSAIA, 27 p.

Bernard C. (2008). L'étang, l'homme et l'oiseau - Incidences des modes de gestion des étangs piscicoles sur les ceintures de végétation et l'avifaune nicheuse en Sologne, Brenne, Bresse, Territoire de Belfort et Champagne humide. Thèse en géographie, Ecole Normale Supérieure des Lettres et Sciences Humaines de Lyon, 631 p.

Bouin N. (2002). Reconnaissance et valorisation des étangs de production piscicole en région Pays de la Loire. Rapport de DESS, Université de Metz, 63 p.

Brown M. et Dinsmore J.J. (1986). Implications of marsh size and isolation for marsh bird management. *Journal of Wildlife Management*, 50, pp. 392-397.

Broyer J., Allex-Beloeil I., Gros L., de Combaud J. (2005). Impact des oiseaux piscivores sur la production des étangs piscicoles : Etude en Dombes. *Faune Sauvage*, 268, pp. 33-41.

Broyer J. (2006). Le milouin. Belin – Eveil nature, Approche, Paris, 94p.

Broyer J. (2007). Nidification des anatidés en France : analyse des variations dans les principales régions. *Faune Sauvage*, 277, pp. 4-11.

Broyer J. (2009). Compared distribution within a disturbed fishpond ecosystem of breeding ducks and bird species indicators of habitat quality. *Journal of Ornithology*, 150, pp. 761-768.

BROYER Joël, CURTET Laurence, BENMERGUI Maurice, CHAPUIS Antoine, BELLOC Angélique, PALIGOT Sylvain, FLORIT Alice, GUYOT Virginie. Influence de la gestion piscicole sur la biodiversité des étangs continentaux en France : Contribution à la mise en œuvre des mesures aqua-environnementales. Birieux (FR) : Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage, 2009. 73 p.

Broyer J. et Calenge C. (2010). Influence of fish-farming management on duck breeding in French fish pond systems. *Hydrobiologia*, 637, pp. 173-185.

Broyer J. et Curtet L. (2010). The influence of macrophyte beds on ducks breeding on fishponds of the Dombes region, France. *Wildfowl*, 60, pp. 136-149.

Broyer J. et Curtet L. (2011). Chapter 10: The influence of fertilization on duck breeding in extensively managed fishponds of the Brenne, Central France. In: Ponds: Formation, Characteristics and Uses. Meyer P. L., Nova Science Publishers, pp. 187-199.

Broyer J. et Curtet L. (2012). Biodiversity and fish farming intensification in French fishpond systems. *Hydrobiologia*, 694, 1, pp. 205-218.

Bukacinska N., Bukacinski D., Cygan J.P., Dobrowolski K.A., Kaczmarek W. (1996). The importance of fishponds to waterfowl in Poland. *Acta Hydrobiologica*, 37, pp. 57-73.

Champagnon J., Gauthier-Clerc M., Lebreton J.-D., Mouronval J.-B., Guillemain M. (2013). Les canards lâchés pour la chasse interagissent-ils avec les populations sauvages ? *Faune sauvage*, 298, pp. 4-9.

Curtet L., Héroult L., Huguet L., Fournier J.-Y., Broyer J. (2004). Etangs piscicoles et alimentation des anatidés en période internuptiale : principaux faciès utilisés. *Faune sauvage*, 262, pp. 4-11.

Curtet L., Benmergui M., Broyer J. (2008). Le dispositif exclus/témoin, un outil pour évaluer l'efficacité de la régulation du ragondin. *Faune sauvage*, 280, pp. 16-23.

Delany S. (2011). Guidance on waterbird monitoring methodology: Field protocol for waterbird counting. Wetlands International Black Sea programme, 64p. Accessible à l'adresse: http://www.wetlands.org/Portals/0/Black%20Sea/2_text_Guide.pdf (consulté le 20 juin 2014).

Einoder L.D. (2009). Review of the use of seabirds as indicators in fisheries and ecosystem Management. *Fisheries Research*, 95, pp. 6–13.

Elmberg J. (2003). Density-dependent breeding success in mallards *Anas platyrhynchos* on a eutrophic lake. *Wildlife Biology*, 9, pp. 67-73.

Faverot P. coord. (2011). Les étangs piscicoles, un équilibre dynamique. Les cahiers techniques, Réseau des acteurs d'espaces naturels de Rhône-Alpes, Conservatoire d'espaces naturels de Rhône-Alpes, 28 p.

Fonderflick J. (2006). Gestion des milieux et des espèces. 4.3. Suivi de la faune : méthodes de dénombrement des oiseaux. Mémento de terrain N°83, Aten, 4p. Accessible à l'adresse : <http://ct83.espaces-naturels.fr/printpdf/73> (consulté le 28 juin 2014).

Fouque C., Corda E., Tesson J.L., Mondain-Monval J.Y., Barthe C., Dej F., Birkan M. (2004). Chronologie de la reproduction d'anatidés (*Anatidae*) et de la Foulque macroule (*Fulica atra*) en France. *Game and Wildlife Science*, 21, 2, pp. 1-39.

Gilbert G., Gibbons D.W., Evans J. (1998). Bird Monitoring Methods: A Manual of Techniques for Key UK Species. The Royal Society for the Protection of Birds, 464 p.

Groupe ornithologique de Sologne nature environnement (1999). L'avifaune des étangs de Sologne. *Zones Humides Infos*, 26, pp. 5-6.

Hanson M.A. et Butler M.G. (1994). Responses to food web manipulation in a shallow waterfowl lake. *Hydrobiologia*, 279/280, pp. 457-466.

Hennequart J. (1999). La pisciculture en étangs. *Zones Humides Infos*, 26, pp. 11-12.

Ingénierie de l'Environnement et de l'Aménagement (2011). Document d'objectifs de la Zone de Protection Spéciale (ZPS) "Étangs de Sologne", site Natura 2000 FR2410013, 286 p.

Issa N. et Boutin J.-M. coord. (2010). Anatidés et Limicoles nicheurs en France : enquête 2010 – Présentation et méthodologie. Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer, 36 p.

Jacquet J. (2014). Impact de la gestion des étangs de Sologne sur la reproduction des Anatidés nicheurs, indicateurs de biodiversité. Rapport de stage de Bac Pro "Gestion des milieux naturels de la Faune", Lycée agricole de Vendôme, 20 p.

Joffre A. (2014). Les méthodes de dénombrements d'oiseaux. Mémoire bibliographique de Master 2, spécialisation « Génie de l'Environnement », Option « Préservation et Aménagement des Milieux – Écologie Quantitative », Agrocampus Ouest, Rennes, 14 p.

Le Bihan J., Font M. (2008). Synthèses sur les zones humides françaises, à destination des gestionnaires, élus et acteurs de terrain : Les étangs. Parcs Naturels Régionaux de France, Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables, 62 p.

Marion L. (1990). Les oiseaux piscivores et les activités piscicoles : impact et protection. Ed. secrétariat d'Etat chargé de l'environnement et Ministère de l'agriculture et de la forêt, Paris, 28 p.

Mayeux S. (2012). Interaction entre anatidés et variables environnementales dans un écosystème complexe : Etangs piscicoles Dombistes. Mémoire de Master 2 professionnel Bio-évaluation des écosystèmes et expertise de la biodiversité, Université Claude Bernard, Lyon, 69 p.

Nummi P. et Pöysä H. (1995). Habitat use by different-aged duck broods and juvenile ducks. *Wildlife Biology*, 1, 3, pp. 181-187.

Paillisson J.-M., Reeber S., Marion L. (2002). Bird assemblages as bio-indicators of water regime management and hunting disturbance in natural wet grasslands. *Biological Conservation*, 106, pp. 115–127.

Paracuellos M. et Tellería J.L. (2004). Factors affecting the distribution of a waterbird community: the role of habitat configuration and bird abundance. *Waterbirds*, 27, pp. 446-453.

Pesme X. (1999). La forêt en Sologne. *Zones Humides Infos*, 26, pp. 7-9.

Piatt J. F., Sydeman W.J., Wiese F. (2007). A modern role for seabirds as indicators. *Marine Ecology Progress Series*, 352, pp. 199–204.

Rousselot J.-C. et Trolliet B. (1991). Critères de détermination du sexe et de l'âge des canards. Office National de la Chasse, Paris, 124 p.

Sajaloli B. (1999). Quel avenir pour la Sologne ? *Zones Humides Infos*, 26, p.1.

Service technique de l'Office National de la Chasse (1982). Critère de détermination de l'âge du canard colvert de la naissance à 9 semaines. *Supplément au bulletin mensuel de l'Office National de la Chasse*, 63, 4p.

Service technique de l'Office National de la Chasse (1988). Introduction à la gestion des oiseaux d'eau et des zones humides. Livret 2 : Utilisation des zones humides par les Anatidés. Paris, 27 p.

Svensson L., Mullarney K., Zetterström D. (2010). Le guide ornitho: Le guide le plus complet des oiseaux d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient: 900 espèces. Delach Niestlé, Paris, 446 p.

Tournier H. (1990). Dynamique des populations de Canard colvert et de Fuligule milouin en Dombes et Forez. *Alauda*, 58, pp. 46-47.

Trotignon J. (2000). Des étangs pour la vie : Améliorer la gestion des étangs. Cahiers techniques n°61, Montpellier : Atelier technique des espaces naturels, 72 p.

Valla T. (2013). Impacts de la déprise piscicole sur les anatidés nicheurs indicateurs de la biodiversité des étangs de Sologne. Mémoire de Master 1 Ingénierie en Ecologie et en Gestion de la Biodiversité, Université Montpellier II, Montpellier, 20 p.

7. Sitographie

Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage (2012). Connaitre l'Office. <http://www.oncfs.gouv.fr/Connaitre-l-Office-ru17> (consulté le 30 juillet 2014).

Queensland Government, Department of Environment and Heritage Protection (2013). Wetland Info, Fauna Wetland Indicator Species List. <http://wetlandinfo.ehp.qld.gov.au/wetlands/ecology/components/fauna/fauna-indicator-species-list.html> (consulté le 30 juillet 2014).

Annexes

Annexe 1 : Exemple d'une fiche de terrain pour le dénombrement des adultes.

Reproduction des Anatides saison 2013

DENOMBREMENT ADULTES

Nom de l'étang: des gers
Code de l'étang:

DATE	Covert	Château	Milouin	Morillon	Nette	Foulique (Totaux)	Grèbe H (Totaux)	Cygne T	Autres
16/06 8h	20 [♂]		20/10 [♂] /20/10 [♂] 90 [♂] 20/20/10 [♂] 10 [♂] /60/20 [♂] 30/10 [♂]			1			
23/04 14h45	20 [♂] /20 [♂] / 20 [♂] /10 [♂] /10 [♂]		10 [♂] /10 [♂] /10 [♂] 20/30 [♂] / 10 [♂] 30 [♂] / 30 [♂] 10 [♂] /10 [♂]			1	0		1 Héron cendré
28/04 10h25		10 [♂]	20/10 [♂] /10 [♂] 20/30 [♂] /10 [♂] 20/10 [♂] /20 [♂] 10 [♂] 20/150 [♂] 60 [♂] / 20/10 [♂] /10 [♂]	10 [♂]		1	1		1 grèbe castagnaux 2 Hérons cendrés
05/04 19h	10 [♂] /10 [♂] / 10 [♂]	10 [♂]	10 [♂] /10 [♂] / 10 [♂] /10 [♂] / 20 [♂] 10 [♂] / 50 [♂] 30 [♂] /10 [♂] 10 [♂] /30 [♂] 20 [♂] / 10 [♂]	10 [♂]		1	0		1 grèbe castagnaux

Annexe 2 : Exemple d'une fiche de terrain pour le dénombrement des nichées.

Reproduction des Anatidés saison 2013

DENOMBREMENT NICHÉES

Nom de l'étang... P. ANSONNEPE
Code de l'étang.....

DATE	Colvert	Chipeau	Milouin	Morillon	Nette	Foulque (nichées - 1 sem)	Grèbe H (nichées - 1 sem)	Cygne T	Autres
19/05						1 nichée (3 jeunes)			
26/05						1 nichée (2 jeunes)	3 nichées (3+4+2 jeunes)		
03/06								4 jeunes	2 jeunes pouffes d'eau (@ 1 sem) 1 jeune pouff. eau (@ 1 sem)
10/06								4 jeunes	
17/06								4 jeunes	2 jeunes pouffes d'eau (@ 1 sem) 1 jeune pouff. eau
23/06								4 jeunes	2 jeunes pouffes d'eau (@ 1 sem) 1 jeune pouff. eau
30/06								4 jeunes	3 jeunes grèbes castagniers (1 sem)

A 10+4 jeunes
(@ d'1 sem)
B 10+3 jeunes
(@ d'1 sem)
C 10+5 jeunes
(= 11 jours)
D 10+3 jeunes
(= 5 jours)
B 10+3 jeunes
(= 11 jours)
A 10+4 jeunes
(= 11 jours)

Annexe 3 : Fiche utilisée pour l'enquête de gestion

ENQUETE DE GESTION PISCICOLE – SUIVI 2014

Nom de l'étang :	Commune :
Nom de l'agent :	
Nom du propriétaire :	Tel. :
Nom du garde ou du contact direct :	Tel. :
Personne interrogée : <input type="checkbox"/> Garde <input type="checkbox"/> Propriétaire <input type="checkbox"/> Autre :	
Adresse du propriétaire ou du garde pour renvoyer les résultats de l'étude :	

ACTIVITE PISCICOLE (empoissonnement et pêche de l'étang)

Tous les ans ou tous les 2-3 ans
 Entre 4 et 10ans

Etang pêché tous les ans par un pisciculteur par le propriétaire

Année de la dernière pêche : Réempoissonnement de la dernière pêche :

Rendements piscicoles des dernières pêches (kg/ha) ou rendement moyen :

Amendement : Chaulage Fertilisation Autre (nourrissage poissons)

Année du dernier amendement : Historique (années, rendements...) :

Arrêt supérieur à 10ans

MISE EN ASSEC (assec estival)

Jamais Occasionnelle Régulière Régularité :

Année du dernier assec :

Gestion pendant l'assec :

Friche / végétation spontanée **OU** Culture sur étang : (ex : avoine)
 Curage
 Enlèvement des saules en faveur de roselière ou de jonchaie Réfection digue ou bonde
 Autre type de gestion de la végétation (ouverture roselière, etc.) :

CHASSE DU GIBIER D'EAU :

Oui → gibier sauvage gibier lâché
↳ en saison de reproduction en saison de chasse
Quantité :

→ Agrainage des canards → En période de chasse **OU** Toute l'année

→ Nb de chasses par saison : Nb de chasseurs par chasse (en moyenne) :

Présence d'appelants toute l'année (volière)

Non, pas de chasse au gibier d'eau

AUTRE : Régulation Ragondins Régulation Cormorans
 Présence de Jussie Présence d'écrevisses

PERSPECTIVES DE GESTION A COURT TERME (CHANGEMENTS ENVISAGES) :

Annexe 4 : Exemple d'une fiche de terrain pour le suivi de la végétation

30/106/114 (⚠ pas de jonc aggloméré vu au fond !)

Petit chevreuil



CEINTURES DE VEGETATION

Espèce A : *Phragmites*
 Hauteur : 1,90 m
 Profondeur d'eau : 40 cm

% du périmètre x largeur : 25 m x 30%
 15 m x 25%
 40 m x 10%

Espèce B : Saules (+ frênes + aulépines)
 Hauteur : 5 m
 Profondeur d'eau : 0 cm

% du périmètre x largeur : 10 m x 10%
 5 m x 25%

Espèce C :

Hauteur :

Profondeur d'eau :

% du périmètre x largeur :

HERBIERS

Espèce :

Emprise :

Recouvrement :

Espèce :

Emprise :

Recouvrement :

TRANSECT (dans la Phragmitaire)

% cumulé de clairières : 5%

Présence d'herbiers : oui

Espèces dominantes : végétation d'eau

Annexe 5 : Description des dimensions de l'ACM « anatidés » par les variables qualitatives ou les modalités

\$`Dim 1`\$quali

	R2	p.value
cat_veget	0.83145669	2.228037e-22
pourcentage_HB.HH_sup_5m	0.82609783	5.352294e-22
couples_plongeur.racineS	0.27273174	1.341065e-04
nichees_plongeur.S	0.13916979	1.505532e-02
agrainage_tte_annee	0.09172741	1.972009e-02
herbier	0.07790330	3.229259e-02

\$`Dim 1`\$category

	Estimate	p.value
cat_veget_1	0.4246423	1.180315e-14
pourcentage_HB.HH_sup_5m_moyen	0.3641599	6.062903e-12
pourcentage_HB.HH_sup_5m_fort	0.3108454	1.937177e-09
cat_veget_2	0.2573624	5.138603e-08
couples_plongeur.racineS_moyen	0.2387098	8.465940e-03
agrainage_tte_annee_oui	0.1841936	1.972009e-02
presence	0.1605264	3.229259e-02
nichees_plongeur.S_faible	0.2208787	4.612688e-02
pisc_periodicite_vidange_classe_3	-0.2128548	3.706477e-02
absence	-0.1605264	3.229259e-02
agrainage_tte_annee_non	-0.1841936	1.972009e-02
nichees_plongeur.S_nul	-0.2513826	1.684786e-02
couples_plongeur.racineS_nul	-0.3783634	4.633053e-05
pourcentage_HB.HH_sup_5m_faible_ou_nul	-0.6750053	8.693730e-23
cat_veget_3	-0.6820047	2.801564e-23

\$`Dim 2`\$quali

	R2	p.value
amendement_moins_5_ans	0.3741926	2.645722e-07
pisc_periodicite_vidange_classe	0.3699960	2.407758e-06
cat_veget	0.3383179	9.510039e-06
assec_moins_5_ans	0.1897902	5.633267e-04
agrainage_tte_annee	0.1617853	1.588643e-03
pourcentage_HB.HH_sup_5m	0.1226718	2.561758e-02

\$`Dim 2`\$category


	Estimate	p.value
amendement_moins_5_ans_oui	0.4248223	2.645722e-07
assec_moins_5_ans_oui	0.2329874	5.633267e-04
cat_veget_1	0.2463057	1.313856e-03
agrainage_tte_annee_non	0.2196278	1.588643e-03
pisc_periodicite_vidange_classe_1	0.2126593	2.563898e-03
pisc_periodicite_vidange_classe_2	0.2219866	6.178918e-03
pourcentage_HB.HH_sup_5m_fort	-0.2451710	7.048332e-03
agrainage_tte_annee_oui	-0.2196278	1.588643e-03
assec_moins_5_ans_non	-0.2329874	5.633267e-04
cat_veget_2	-0.3835686	2.272271e-06
amendement_moins_5_ans_non	-0.4248223	2.645722e-07
pisc_periodicite_vidange_classe_3	-0.4346459	2.554067e-07

\$`Dim 3`\$quali

	R2	p.value
herbier	0.54820495	2.053919e-11
pisc_periodicite_vidange_classe	0.47569037	1.407536e-08
amendement_moins_5_ans	0.10685744	1.150373e-02
nichees_surface.S	0.10700983	4.204429e-02
agrainage_tte_annee	0.06826592	4.562578e-02

\$`Dim 3`\$category

	Estimate	p.value
presence	0.3438366	2.053919e-11
pisc_periodicite_vidange_classe_2	0.4444386	4.273349e-09
amendement_moins_5_ans_non	0.2041649	1.150373e-02
nichees_surface.S_nul	0.1891878	1.697381e-02
agrainage_tte_annee_non	0.1283036	4.562578e-02
agrainage_tte_annee_oui	-0.1283036	4.562578e-02
amendement_moins_5_ans_oui	-0.2041649	1.150373e-02
pisc_periodicite_vidange_classe_3	-0.1919621	2.580568e-03
pisc_periodicite_vidange_classe_1	-0.2524765	2.740547e-05
absence	-0.3438366	2.053919e-11

	Diplôme : Ingénieur agronome Spécialité : Génie de l'Environnement Spécialisation / option : Préservation et Aménagement des Milieux-Ecologie Quantitative Enseignant référent : Yannick Outreman
Auteur(s) : Chloé Boullard	Organisme d'accueil : Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage
Date de naissance* : 23/06/1991	Adresse : Délégation interrégionale Centre-Ile de France, Cité de l'Agriculture, 13 avenue des Droits de l'Homme, 45921 ORLEANS Cedex
Nb pages : 30 Annexe(s) : 5	Maître de stage : Sylvain Richier
Année de soutenance : 2014	
Titre français : Etude de l'influence de la gestion piscicole sur les anatidés nicheurs des étangs de Sologne et proposition de mesures de gestion en faveur de leur habitat.	
Titre anglais : Influence of fish farming management on breeding ducks of the Sologne area ponds, and proposition of management measures for their habitat.	
Résumé : Dans un contexte de déprise piscicole, l'étude a recherché l'effet des modifications des pratiques piscicoles sur les anatidés nicheurs des étangs de Sologne, utilisés comme indicateurs de biodiversité. Les étangs non vidangés depuis plus de dix ans sont moins favorables à la reproduction des canards plongeurs que ceux vidés plus régulièrement. L'assec et l'amendement des étangs attirent les couples de canards plongeurs, mais ne sont plus des pratiques répandues en Sologne. L'influence de la fréquence de vidange est attribuée au semblant d'assec créé par le remplissage long des étangs (faible ruissellement en Sologne). Les roselières sont attractives pour les couples de canards plongeurs, de même que les herbiers de macrophytes, qui ont toutefois une influence plus indirecte. Les herbiers de macrophytes ont également été étudiés en tant qu'indicateurs de biodiversité mais les analyses n'ont rien donné. Pour finir, aucune influence de l'agrainage annuel sur la reproduction des canards plongeurs n'a été mise en évidence au sein de notre échantillon. Du fait de l'intérêt décroissant des propriétaires pour l'activité piscicole au profit de l'activité cynégétique, les résultats obtenus peuvent se traduire suivant les orientations de gestion suivantes: une vidange au moins tous les trois ans (pas toujours avec une activité de pêche) suivie d'un assec ou au minimum d'un remplissage long, et si nécessaire d'un enlèvement des saules. Vu l'intérêt de certains propriétaires et gestionnaires pour leurs étangs, nous jugeons important de leur communiquer les résultats de cette étude.	
Abstract: In a context of fish farming decrease, this study investigated the effect of changes in fish farming management on breeding ducks (used as biodiversity indicators) in fishponds in the Sologne area. The fishponds that haven't been drained for more than ten years are less propitious to diving ducks reproduction than those drained more often. The drying up (leaving the pond dry during one year), and fertilization are attractive for diving ducks pairs, but aren't common practices in the Sologne area. Draining influence is related to the fact that fishponds are really long to fill in the Sologne area, creating a sort of drying up. Reed beds are attractive for diving ducks pairs, as macrophytes, which have however a more indirect effect. Macrophytes, considered as second biodiversity indicators, have been investigated, but we couldn't conclude anything. Finally, no influence of scattering grains annually on diving ducks reproduction has been highlighted in our fishponds sample. Because of owners decreasing interest for fish farming management in favour of hunting activity, the results can lead to these management orientations: draining the ponds at least every three years (not necessarily associated with fish farming) then doing a drying up or at least letting them fill slowly and, if necessary cut the willows. Considering the interest of some owners and managers for their ponds, we think that it's important to raise their awareness about the results of this study.	
Mots-clés : Etangs - Déprise piscicole – Indicateur de biodiversité - Anatidés nicheurs - Herbiers de macrophytes - Chasse	
Key Words: Ponds - Fish farming decrease - Biodiversity indicator –Breeding ducks –Macrophytes – Hunting	