



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

2015-2016

MASTER FAGE

Biologie et Ecologie pour la Forêt, l'Agronomie et l'Environnement

Spécialité : Fonctionnement et Gestion des Ecosystèmes (FGE)

Parcours : Milieux Naturels (MN)

**Analyses statistiques de 30 années de données ornithologiques
recueillies par la méthode de comptage à vue**



Clémence CHÉREAU

Mémoire de stage, soutenu à Nancy le 06/09/2016

Maitre de stage : Joanne ANGLADE-GARNIER, Conservatrice de Réserve Naturelle Nationale de Saint-Quentin-en-Yvelines

Enseignant référent : Nadia MICHEL, Maître de Conférences, Université de Lorraine (ENSAIA) - INRA Nancy-Colmar, Laboratoire Agronomie et Environnement

Structure d'accueil : Syndicat Mixte d'Aménagement et de Gestion de la Base de Plein air et de Loisirs de l'étang de Saint-Quentin-en-Yvelines, Collectivité Territoriale ; adresse : Rond-Point Eric Tabarly, RD912 78190 TRAPPES France

Au sein du service : Réserve Naturelle Nationale de Saint-Quentin-en-Yvelines

3	4	5	6	7
	1			
2				8

Crédits photos :

1 : Roselière vue du Grand observatoire

2 : Roselière Nord

3 : Sarcelle d'hiver

4 : Mésange à longue queue

5 : Avocettes élégantes

6 : Grèbe huppé et ses petits sur son dos

7 : Ophrys scolopax

8 : Tunnel végétal sur le sentier pédagogique de la réserve

Les photos ont été prises par : Joanne Anglade-Garnier, François Coquard, Benjamin Sirot et Gulia.

Remerciements

Je tiens à remercier toute l'équipe de la Réserve Naturelle Nationale de Saint-Quentin-en-Yvelines pour l'accueil qu'ils m'ont réservé et m'avoir permis de pouvoir effectuer ce stage dans de très bonnes conditions.

Je remercie tout particulièrement ma maîtresse de stage Joanne Anglade-Garnier, Conservatrice de la Réserve Naturelle, qui m'a proposé ce sujet de stage, en tout point en lien avec mon idée d'expérience professionnelle. Merci de m'avoir choisie et d'avoir cru en moi pour la réalisation de ce projet dont les résultats tiennent tant à cœur à toute l'équipe. Je te remercie spécialement pour m'avoir donné la confiance nécessaire tout au long du stage pour passer à travers les différents problèmes rencontrés. Merci pour tes fous rires mémorables qui s'entendaient à travers les couloirs.

Je tiens à remercier également Julien Godon, chargée de mission de la réserve, d'avoir partagé son bureau et avoir répondu sans jamais perdre patience à toutes mes questions (et elles ont été nombreuses). Je te remercie également pour tout le travail que tu as fait en amont de mon stage, qui, n'aurait pas été possible sans cela. Merci pour ces bons moments de rangements intempestifs, sous le couvert de rire, quand le chargement des jeux de données nous faisait perdre patience.

Je voudrais également remercier Laurent Dufresne, Garde technicien de la réserve, de m'avoir expliqué et « ré-expliqué » un certain nombre de fois les critères d'identifications de nombreux oiseaux observés ou entendus. Merci pour tes nombreuses remarques qui m'ont permis d'avancer dans mes réflexions de façon construite et précise, la précision tu connais !! Je te remercie également pour tous les surnoms et petites blagues pour me redonner le sourire quand les tableurs de données me donnaient mal à la tête...

Je remercie aussi Cyril Fleury, technicien / animateur de la réserve, de m'avoir montré ce qu'est l'animation et son côté artistique, parfois bien amusant (dont le rangement d'un certain bureau).

Je tiens à remercier également Serge Torchon, adjoint territorial d'animation de la réserve, pour toutes ses astuces de bricoles et de gestion d'un site naturel.

Je voudrais également remercier les deux stagiaires (pôle communication), Antoine et Maxime, qui étaient présents en même temps que moi dans les bureaux de l'île de loisirs, pour toutes nos pauses détentes qui redonnaient du courage pour la suite.

Je tiens à remercier Marie-Hélène Carabantes, directrice Syndicat mixte de l'île de loisirs de Saint-Quentin-en-Yvelines, sans qui ce stage et tous ces moments n'auraient jamais été possible sans son accord de départ.

Merci enfin, à tous les oiseaux, amphibiens, libellules qui ont bien voulu se montrer pour que je puisse les observer et apprendre à les connaître.

Sommaire

Introduction 1

- 1) Etat de conservation des espèces d'oiseaux en zone humide 1
- 2) Organisme d'accueil et missions 2
 - a. La Réserve Naturelle Nationale de Saint Quentin en Yvelines (RNNSQY)..... 2
 - b. Objectifs poursuivis et missions confiées durant le stage 4
 - i. Premier objectif : étude statistiques du jeu de données ornithologique 4
 - ii. Deuxième objectif : actions de gestion au sein de la réserve 5

Matériels et Méthodes 6

- 1) Présentation du site 6
 - a. Histoire de la création de l'étang 6
 - b. Environnement : hydrologie, habitats et espèces présentes 7
- 2) Protocole de terrain et processus d'acquisition des données 8
 - a. Comptage par suivi décadaire 8
 - b. Construction du jeu de données et choix des espèces étudiées 9
- 3) Méthodes de traitement des données 10
 - a. « Formatage » des données récoltées 10
 - b. Travail sur les données brutes pour l'élaboration des méthodes d'analyses 11
 - c. Méthode d'analyses statistiques utilisée pour les tendances d'évolution 13

Résultats 14

- 1) Enjeu de préservation du site pour les limicoles 14
 - a. Quelle est la dynamique de présence chez les limicoles ? Observe-t-on une évolution de la phénologie de migration chez les espèces limicoles au cours de la période 2000-2015 ? 14
 - b. Quelle est la tendance de la diversité des espèces présentes sur le site chaque année ? 16
 - c. Comment se comportent les tendances des effectifs de chacune des espèces ? 16
- 2) Enjeu SCAP, Schéma de Création d'Aires Protégées 18
 - a. Évolution des effectifs observés 18
 - b. Évolution de la reproduction : nombre de couvées 19

Discussion et conclusion 20

- 1) Enjeu de préservation du site 20
 - a. Phénologie de migration des Limicoles 20
 - b. Tendance d'évolution de la diversité en espèces chez les Limicoles 20
 - c. Tendance d'évolution des populations de Limicoles 21
 - d. Autres problématiques étudiées pour cet enjeu (en annexes) 21
- 2) Enjeu de création de nouvelles aires protégées 22
 - a. Tendance d'évolution des populations des espèces d'intérêt 22

b.	Tendance d'évolution des effectifs de reproduction	22
3)	Perspectives globales, approche critique et conclusion	23
a.	Autres problématiques	23
b.	Etudes non réalisées sur le baguage et le suivi par écoute	23
c.	Statistiques sur les tendances d'évolution	24
d.	Conclusion des perspectives	24

Références bibliographiques24

Liste des abréviations :

RNN : Réserve Naturelle Nationale (utilisé essentiellement pour les aspects administratifs)

RN : Réserve Naturelle (utilisé généralement pour les aspects naturels et environnementaux)

RNSQY : Réserve Naturelle de Saint-Quentin-en-Yvelines

UICN : Union Internationale de la Conservation de la Nature

ZPS : Zone de Protection Spéciale

ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Floristique et Faunistique

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SMAGER : Syndicat Mixte d'Aménagement et de Gestion des Etangs et Rigoles

SCAP : Schéma de Création des Aires Protégées

m : mètres

km : kilomètres

ha : hectares

crbpo : Centre de Recherche sur la Biologie des Populations d'Oiseaux

mnhn : Muséum National d'Histoire Naturelle

NB : toutes les * se rapportent aux Notes / Définitions en fin de rapport

Introduction

1) Etat de conservation des espèces d'oiseaux en zone humide

Les oiseaux vivent au sein d'une grande variété d'habitats naturels au cours de leurs cycles de vie (prairies, forêts, zones humides...) et sont directement affectés par les perturbations des écosystèmes. Du fait de leur position élevée dans les chaînes alimentaires les oiseaux sont de bons indicateurs de l'état de la biodiversité.

Pour un grand nombre d'espèces d'oiseaux, les zones humides sont indispensables dans leurs cycles de vie. Ils ont tendance à se rassembler dans ces milieux que ce soit pour l'alimentation ou la nidification. Les individus reviennent régulièrement d'année en année au sein des mêmes zones humides si les conditions sont favorables (*Vié et al., 2008*).

De grands changements ont été observés au niveau des paysages agricoles. L'intensification des pratiques agricoles et la régression des prairies naturelles sont responsables du déclin de nombreuses espèces. L'assèchement de très nombreuses zones humides en est un exemple emblématique (près de 50% en un demi-siècle) (*Keddy et al., 2009*). Si les effets de ces changements sont évidents au niveau de la flore (fermeture et appauvrissement des milieux au niveau de la richesse spécifique), les effets indirects sur la faune sont plus difficiles à mettre en évidence et encore plus pour l'avifaune qui a besoin que l'écosystème s'auto-entretienne pour se développer à son tour.

La fragmentation de cet habitat, par les activités humaines (surtout dans les roselières) a vraisemblablement causé le déclin et même la perte de nombreuses espèces de passereaux* paludicoles* nicheurs*, de limicoles* voir d'anatidés* qui sont plus ou moins directement liés à la flore et à la faune présentes dans ces milieux (*Paracuellos, 2008*).

L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) a publié en 2008 une évaluation de l'état de conservation des espèces d'oiseaux nicheurs sur toute la période du XXe siècle en France métropolitaine. En effet, 26 % des espèces d'oiseaux nicheurs sont actuellement menacées en France métropolitaine et risquent donc de ne plus s'y reproduire, alors que la proportion mondiale d'oiseaux menacés atteint 12 % (*Bottin et al., 2011*).

Les oiseaux sont certainement un des groupes d'espèces parmi les plus étudiés du règne animal. Dans le monde, plus d'une espèce d'oiseau sur sept (13,6 %) est menacée d'extinction ou a disparu (soit 1360 espèces sur les 9990 espèces connues), 835 sont considérées comme presque menacées (8,4%) et les dernières sont considérées comme moins préoccupantes. En parallèle, il faut noter que 40,3 % des espèces d'oiseaux sont considérées comme en déclin, 44,4 % des espèces auraient une population stable et enfin 6,2% des espèces verraient leurs effectifs augmenter (les espèces généralistes* essentiellement) (*Rapport UICN, 2008*).

Dans un contexte où les tendances évolutives des populations d'espèces d'oiseaux dites « communes »* connaissent globalement un déclin depuis les 30 dernières années sur l'ensemble du territoire français et même européen, seules les espèces protégées voient leurs effectifs stables ou en augmentation (*Bottin et al., 2011*). Il paraît essentiel de poursuivre l'étude des populations d'oiseaux et connaître l'état actuel de leurs habitats pour mieux les préserver.

Les actions de conservation, création ou restauration de vastes zones humides et de leurs roselières sont nécessaires pour maintenir ou récupérer le plus grand nombre

d'espèces d'oiseaux paludicoles et permettre la nidification d'espèces menacées (Paracuellos, 2008). Mais la richesse en espèces d'oiseaux d'eau sur une zone humide artificielle ne sera jamais aussi forte que sur une zone humide naturelle (ou semi naturelle où la gestion du site donne l'apparence du naturel) (Zhijun et al., 2010).

Ces changements radicaux dans leurs milieux de vie nécessitent l'acquisition de données de terrain effectuées dans des cadres contrôlés, selon des protocoles stricts et reproductibles par d'autres personnes. Ces protocoles dits robustes, partagés entre plusieurs chercheurs permettent un travail complet des données ainsi qu'une comparaison à différentes échelles par la suite (Veiga et al., 2013).

En ornithologie, il existe communément un certain nombre de protocoles de suivis des populations, visant à donner des informations à la fois qualitative (présence/absence des espèces) et quantitative (nombre d'individus) (cf. partie II.2). Les suivis d'oiseaux sont importants pour déterminer les priorités de conservation mais aussi pour mesurer l'efficacité des mesures de gestion prises sur un site donné. En plus des protocoles de comptages, il est important d'étudier les comportements, le rôle et l'évolution des populations d'oiseaux au sein de l'écosystème dans lequel ils vivent. Il est alors possible de dresser des bilans sur cette évolution des populations, avec un travail d'analyse (statistiques, probabilités, études des populations...) et de consultation de la littérature scientifique sur le sujet. A terme, cela permettra de proposer le meilleur programme de conservation en lien avec les résultats et anticiper alors les effets de la dégradation possible de leurs habitats au sein de chacun des sites de stationnement. Les programmes de suivis naturalistes et notamment ornithologiques, sont à mener sur le long terme.

Le travail d'observation de terrain quotidien mené tout au long de l'année sur un espace naturel est indispensable pour répondre à certaines problématiques comme permettre de caractériser les passages migratoires pour chaque espèce et ainsi d'établir des calendriers. Il est indispensable de pouvoir comparer les données avec les autres sites proches en caractéristiques de milieu (comparaison locale voir régionale) pour évaluer la situation du site par rapport à une superficie plus grande. Les données sont souvent collectés par des réseaux naturalistes (Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN), Centre de Recherche sur la Biologie des Populations d'Oiseaux (CRBPO), Vigie Nature...) qui essaient d'estimer l'état des populations à travers la France voire l'Europe.

2) Organisme d'accueil et missions

a. La Réserve Naturelle Nationale de Saint Quentin en Yvelines (RNNSQY)

- Fonctionnement d'une RNN

Une Réserve Naturelle Nationale (RNN) est un espace naturel protégé dont l'objectif principal est la protection du patrimoine naturel et géologique. Il en existe 167 en France au sein du réseau des Réserves Naturelles (RN) (qui en compte 341) en date du 18 août 2016. Une réserve naturelle nationale est « un outil de protection à long terme d'espaces, d'espèces et d'objets géologiques rares ou caractéristiques, ainsi que de milieux naturels fonctionnels et représentatifs de la diversité biologique en France. Les sites sont gérés par un organisme local en concertation avec les acteurs du territoire. Ils sont soustraits à toute intervention artificielle susceptible de les dégrader mais peuvent faire l'objet de mesures de réhabilitation écologique ou de gestion en fonction des objectifs de conservation. » (Réserves Naturelles de France : Lois, articles et décrets d'application, expliquant le fonctionnement d'une RNN).

Les objectifs principaux des RNN sont d'assurer la conservation, l'entretien voire la reconstitution* / restauration* du patrimoine naturel, en adéquation avec le plan de gestion de la réserve et en accord avec un comité consultatif constitué des acteurs qui ont permis la création de la réserve et des acteurs locaux. Les réserves naturelles nationales forment ainsi des noyaux de protection forte avec de forts enjeux écologique et de préservation du paysage (Lévêque et al., 2015).

- Statuts de la RNNSQY

La Réserve Naturelle Nationale de Saint-Quentin-en-Yvelines (SQY) a été créée le 14 mars 1986 par décret ministériel. Depuis la création de la réserve, le gestionnaire est le Syndicat mixte d'étude, d'aménagement et de gestion de la base de plein air et de loisirs de l'étang de Saint-Quentin-en-Yvelines, appelé « île de loisirs ». La RNN de SQY a une superficie d'environ 87 hectares dont la moitié est en eau quand l'étang est à la côte NGF 161,50. La surface de l'étang fluctue entre 120 et 160 ha selon le niveau d'eau. La RNN est au cœur des 600 hectares de l'île de loisirs de Saint-Quentin (*Plan de gestion de 2015 à 2019*).

Le territoire classé « réserve naturelle » est également un site classé Natura 2000* depuis le 23 décembre 2003 sous la dénomination Zone de Protection Spéciale* (ZPS) « Etang de Saint-Quentin » avec les mêmes limites administratives que la réserve naturelle, et qui contribue au fonctionnement réseau Natura 2000 au titre de la Directive « Oiseaux »* 79/109. Ce territoire occupe 37% de la surface de la Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Floristique et Faunistique* « Etang de Saint-Quentin » (ZNIEFF n°2214034 ; 233 ha au total).

L'étang de Saint-Quentin se retrouve dans le périmètre administratif du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux* (SAGE) de Bièvre. Il est alimenté par le réseau des étangs et rigoles créé sous le règne du roi Louis XIV, et géré aujourd'hui par le Syndicat Mixte d'Aménagement et de Gestion des Etangs et Rigoles* (SMAGER) (*cf. partie Histoire II.1*). La Réserve possède également un bassin intermédiaire et des bassins de végétation mis en eau depuis 1980. C'est un système de lagunage qui sert d'exutoire au réseau d'eaux pluviales de la ville de Trappes et de la Plaine de Neauphle.

- Contexte social et écologique

Les activités humaines exercent une influence forte sur ce patrimoine d'origine artificiel. Cette réserve fonctionne comme un îlot de nature au milieu de l'urbanisation. L'île de loisirs est un espace « tampon » pour la réserve et comprend des milieux naturels complémentaires.

Le patrimoine naturel de la réserve est reconnu principalement pour sa richesse ornithologique. Ce sont les vasières, escales migratoires pour les limicoles, au printemps ou à l'automne, qui sont à l'origine de la création de la réserve naturelle située sur un couloir secondaire de migration (*cf. carte en Annexe n°1*). Les espèces observées sont nombreuses même si les effectifs de chacune d'entre elles sont rarement importants (à part chez certaines espèces d'anatidés). Si on se réfère notamment aux résultats des opérations de comptage hivernal Wetlands International (mis en place par la Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO)), l'étang de Saint-Quentin-en-Yvelines (et la réserve naturelle) est un lieu d'hivernage d'importance régionale (Ile-de-France) pour les anatidés (voire d'importance nationale certaines années). C'est également un lieu propice à la saison de reproduction pour les espèces d'oiseaux d'eau.

- Enjeux et missions de la RNNSQY

Les enjeux de la réserve naturelle restent les mêmes depuis sa création. Ils concernent la conservation de la nature en assurant le rôle de la réserve en tant qu'escale

de migration, de site de reproduction et d'hivernage des oiseaux, ainsi que la conservation des habitats et des espèces patrimoniales (en dehors de l'avifaune) à l'échelle de la région Ile-de-France (voire au-delà pour les espèces protégées nationales). La réserve naturelle a également un rôle d'acteur du territoire pour la protection de la faune et de la flore sauvage.

Les objectifs à long terme de la réserve sont de conserver l'état actuel du site et de maintenir, par la gestion, les conditions favorables au cycle de vie des espèces d'oiseaux et de toutes les espèces patrimoniales permettant le maintien de l'écosystème, liés aux enjeux du site.

Pour permettre la conservation de ce patrimoine naturel et de cette zone humide, il faut d'une part améliorer la gestion de la qualité de l'eau et de la quantité d'eau pour permettre l'apparition des vasières pour le stationnement des oiseaux d'eau comme les limicoles et d'autre part assurer la conservation des milieux naturels par des opérations de gestion sur les habitats (comme la flore qui se développe sur et aux alentours des vasières) et la faune sauvage, ainsi que des opérations de sensibilisation et d'éducation du public à la protection de la nature. Aussi, pour pouvoir sensibiliser le public il faut conforter et approfondir les connaissances naturalistes des groupes d'espèces plus ou moins étudiés/connus depuis la création de la Réserve.

b. Objectifs poursuivis et missions confiées durant le stage

i. Premier objectif : étude statistiques du jeu de données ornithologique

Ainsi, depuis 1986, des opérations de suivi « quasi-continu » des populations d'oiseaux (en particulier d'oiseaux d'eau) ont été menées sur le terrain par l'équipe gestionnaire, avec pour résultat final l'accumulation d'un jeu de données à traiter ; jeu de données resté non traité statistiquement jusqu'à aujourd'hui. Ainsi, n'ayant encore jamais travaillé leurs données, toutes les espèces (ou groupes d'espèces) étant intéressantes voire importantes à étudier et les problématiques nombreuses, il était devenu nécessaire voire vital pour le gestionnaire de la réserve de se lancer dans l'analyse statistique des données (à travers la proposition d'un stage) afin évaluer, après 30 ans d'existence de la Réserve, l'état écologique actuel des populations d'oiseaux.

C'est donc dans ce cadre que mon stage a été créé pour évaluer, préparer et permettre à terme la diffusion et le partage des résultats ainsi obtenus au sein du réseau d'acteurs de protection de la nature. Il est également important de noter que ce travail a été réalisé pour travailler les données statistiques, en ayant pour objectif de donner des résultats interprétables pour toutes personnes de l'équipe (n'ayant pas obligatoirement beaucoup de connaissances en statistiques) et toutes les personnes qui auront à travailler avec l'équipe (y compris présentation au public).

- Première problématique : questions « limicoles »

Dans le cadre de mon rapport, le groupe des limicoles (groupe emblématique du site qui a permis la création de la Réserve) a été étudié pour pouvoir répondre à leur premier objectif (état actuel du site en tant qu'escale de migration). Plusieurs questions ont été abordées pour répondre à cet objectif : Observe-t-on une évolution de la phénologie de migration chez les espèces « limicoles » au cours de la période 2000 - 2015 ? Quelle est la tendance de la diversité des espèces présentes sur le site chaque année ? Comment se comportent les tendances des effectifs de chacune des espèces ?

- Deuxième problématique : questions SCAP

Un autre enjeu de taille est connu pour la Réserve Naturelle, il s'agit d'un projet visant à augmenter la surface d'espaces naturels protégés au sein du réseau des étangs et rigoles dans le cadre global du Schéma de Création des Aires Protégées* (SCAP). Pour cela, l'objectif est d'estimer en quelle proportion une espèce définie selon des enjeux propres est importante en effectif sur le site par rapport aux autres sites d'Ile de France. Par exemple, si la RNSQY possède en moyenne 20% des effectifs d'Ile de France d'une espèce donnée, que les étangs de Rambouillet en possèdent 15% et un autre étang du réseau des étangs en possède 5%, cela équivaut alors à 40% des effectifs de la population d'une espèce à enjeu dans un réseau d'étangs situé dans l'Ouest Parisien par rapport à toute l'Ile de France. Cela permettrait de préserver une chaîne d'espaces naturels qui deviendraient de par leur statut d'aire protégée, un réservoir de zones humides remarquables de nature propice au développement d'espèces pouvant être en déclin ou menacée sur le reste de la France. Ce serait particulièrement intéressant du fait que les oiseaux sont des êtres mobiles qui se déplacent sur de longues distances lors des migrations.

Dans cette deuxième problématique, il s'agit d'étudier à la fois :

- les tendances des effectifs des populations d'espèces d'oiseaux concernées,
- les tendances du nombre de couvées à la hausse, à la baisse ou stable sur les espèces sélectionnées (selon des enjeux propres à chacune).

Pour ces deux thématiques, phénologie de migration et aspect reproduction, au vu du temps passer pour formater les données et l'élaboration de la méthode d'analyse des données (pour pouvoir les travailler dans le logiciel adéquat et en sortir quelque chose de concret), il a été décidé que le travail se concentrerait sur les données « décadaires » (comptage par observation) avant de travailler sur les données d'écoute et de baguage. En effet, les données décadaires sont les données les plus nombreuses, stables et fiables statistiquement (protocole de récolte des données robuste) (près des ¾ des données concernent ce type de protocole d'inventaire). Les résultats sur les données décadaires montrent plus d'enjeux et d'intérêt pour la réserve naturelle. Mais c'est également le protocole permettant le plus de comparaison avec d'autres structures naturalistes, ce qui permettra peut-être à terme de conforter ou non la gestion du site.

- Autres problématiques

D'autres questions en vue d'études statistiques ont été posées au début de mon stage, au moment des premières analyses des données (dans le but de formater le jeu de données pour pouvoir l'utiliser par la suite). Ces questions ont été travaillées mais sans résultats pertinents possible à interpréter (essentiellement les questions posées sur les données de baguage et d'écoute des chants d'oiseaux) (*cf. Annexe n°2*). Certaines questions sont expliquées dans les perspectives pour une future analyse. Le travail sur les autres problématiques qui ont été étudiées (objectifs secondaires : données de Wetlands International, problématique d'espèces dites « à problèmes » sur le site par rapport aux acteurs locaux, espèces d'intérêt pour des effectifs d'hivernage) avec ou sans résultats, est disponible en Annexe n°3.

ii. Deuxième objectif : actions de gestion au sein de la réserve

Le deuxième objectif de mon stage pour la Réserve Naturelle est de permettre, à la suite des analyses statistiques et des résultats, la conservation des habitats propice au cycle de vie des oiseaux par la programmation d'actions de gestions des écosystèmes.

Il m'a donc été confié en tant que mission principale, le travail statistique de toutes leurs données ornithologiques. Cependant, pour pouvoir les travailler, il a fallu comprendre tout d'abord, comment elles ont été obtenues et également comprendre l'intérêt du choix des protocoles utilisés pour la bonne gestion du site. J'ai donc participé aux différents protocoles de comptages d'oiseaux et par la suite au travail de récolte des données jusqu'à la constitution du jeu de données (jeu de données utilisables par la suite en statistiques).

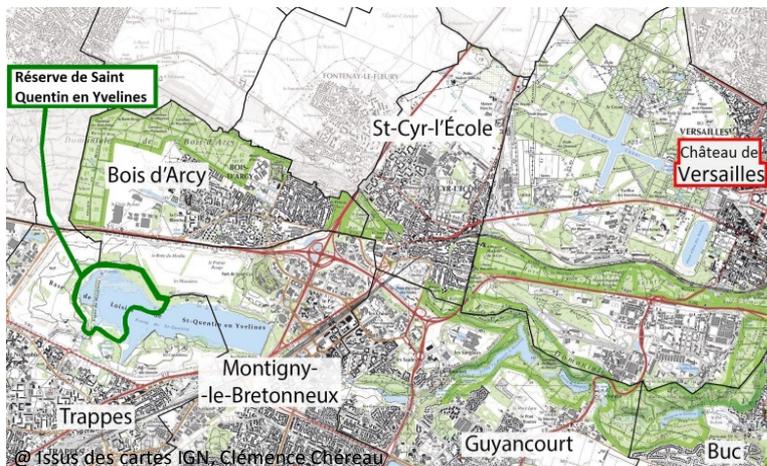
Enfin, pour pouvoir comprendre et permettre la conservation des habitats de l'écosystème, j'ai participé aux différents protocoles scientifiques de la Réserve Naturelle (amphibien et botanique essentiellement) ainsi qu'à différentes actions de gestion sur le site (réalisation de travaux sur le site, mise en place du pâturage...) et auprès des acteurs locaux (missions pédagogiques, mise en place d'exposition, réunion de travail avec des gestionnaires liés à la RN...).

Matériels et Méthodes

1) Présentation du site

a. Histoire de la création de l'étang

Pour les grandes eaux de Versailles, dès 1666, le Roi Louis XIV ordonna d'imposants travaux hydrauliques. Toutes les zones de dépressions et les zones plus ou moins humides / marécageuses des alentours du Château de Versailles dans l'Ouest parisien ont été fermées par des digues pour permettre l'accumulation de l'eau et ainsi assurer une quantité suffisante toute l'année pour les jeux d'eau.



Carte n°1 : Carte de localisation et de délimitation de la Réserve Naturelle, un îlot de nature au milieu des villes

Créé entre 1675 et 1678, l'étang de Trappes (aujourd'hui étang de Saint-Quentin-en-Yvelines) devient le plus grand réservoir d'eau du réseau hydraulique de Versailles, encore actuellement le plus vaste étang artificiel d'Ile-de-France.

Il occupait une superficie de 216 hectares pour une capacité d'eau de près de 3 millions de m³ et être à sec une partie de l'année, contre 120 à 160 hectares aujourd'hui pour 1 900 000 m³ (Arnal et al., 2015).

Vauban fit drainer, en 1684 - 1685, tout le plateau en pente douce jusqu'à Rambouillet, avec 10 étangs, 70 km de rigoles et la « rivière royale », rigole de 34 km, acheminant les eaux à Versailles.

Aujourd'hui, le réseau du SMAGER (Syndicat Mixte d'Aménagement et de Gestion des Étangs et Rigoles) assure la gestion et l'entretien de l'immense système hydraulique réalisée au temps de Louis XIV. Il s'occupe de la sécurité du réseau contre un risque de

rupture ou de fuite des barrages, de limiter le risque d'inondations et permet la sauvegarde et l'entretien d'un patrimoine écologique et historique en cohérence avec les autres usages du réseau.

(Voir site du smager.fr pour plus d'informations)

Carte n°2: Carte de localisation de la Réserve Naturelle de Saint-Quentin-en-Yvelines au cœur du réseau d'étangs et rigoles (Source : SMAGER)

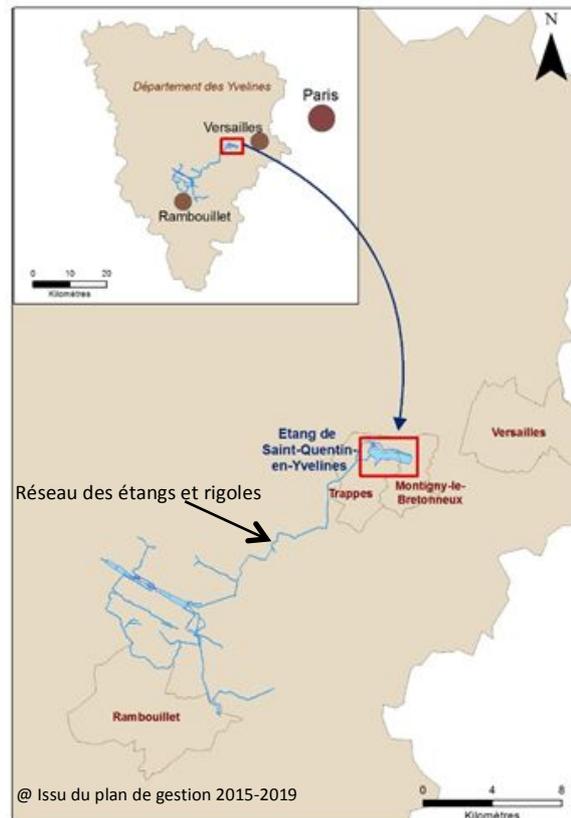
b. Environnement : hydrologie, habitats et espèces présentes

Il est important de ne pas limiter l'expertise naturaliste sur les seules limites « administratives » de la Réserve car cela serait réducteur pour assurer la préservation de la faune et de la flore protégée de l'étang de Saint-Quentin.

La partie aquatique et semi-aquatique de la réserve évolue naturellement depuis la création de l'étang de Saint-Quentin. Les berges ont été peu remaniées mais l'étang a connu de nombreuses variations de niveaux d'eau. Aux temps du roi, l'étang était entouré de cultures et de forêts puis l'urbanisation s'est installée et s'est accélérée au milieu du XXe siècle (*Plan de gestion 2015-2019*). Les fluctuations des niveaux d'eaux du plan d'eau sont dues à la fois aux facteurs climatiques (pluviosité, évaporation,...) à la gestion du réseau hydraulique par le SMAGER et de manière négligeable par la gestion du bassin intermédiaire géré écologiquement par la réserve. Les infiltrations dans le sous-sol sont négligeables.

L'étang de Saint Quentin reçoit les eaux pluviales du bassin versant (15 000 ha) qui détermine son niveau d'eau (il n'est alimenté par aucune source naturelle). D'après les normales 1981-2010 (selon Météo France), les précipitations annuelles s'élèvent à 675mm. Toutefois, les variations interannuelles et mensuelles des précipitations peuvent être importantes et permettre ou non l'arrivée d'oiseaux sur le site. Du fait que l'étang de Saint-Quentin, est le dernier maillon du réseau des étangs et rigoles, la qualité de l'eau de ruissellement est mauvaise, mais en sortie la qualité de l'eau s'est améliorée. L'étang remplit donc un rôle épurateur. Au niveau de la réserve, l'eau du bassin intermédiaire passe par trois bassins dominés par des espèces végétales héliophytes* avant de rejoindre l'étang. Les bassins dépolluent l'eau par la végétation sur les berges et aquatique, ainsi que par sédimentation.

La surface annuelle des vasières et leur période d'exondation* est variable d'une année à l'autre en fonction des conditions météorologiques. Leur apparition est recherchée pour la fin de l'été afin de garantir le rôle d'escale de migration joué par la réserve en faveur des limicoles notamment (*Arrêté préfectoral fixant les règles de gestion du réseau des étangs et rigoles géré par le SMAGER, 2014*).



La qualité de l'eau de l'étang et des différents bassins de la Réserve, permet le développement d'une flore spécifique des différentes zones humides qui attire une faune en lien avec la flore disponible.

Depuis 2000, plusieurs campagnes d'inventaires de type phytosociologique* ont été menées sur la réserve et sur l'île de loisirs dans le cadre d'études thématiques naturalistes. Les analyses ont permis d'élaborer une liste de 18 grands types d'habitats déclinés en 38 alliances* phytosociologiques. La prospection naturaliste floristique de la réserve s'est agrandie depuis sa création sur l'ensemble du plan d'eau et de ses abords.

L'état de conservation des différents habitats est stable ou en régression. Les menaces qui pèsent sur ces milieux humides sont les phénomènes d'eutrophisation*, la fermeture naturelle des milieux par les ligneux (roselières, cariçaies* et vasières) et la compétition des roselières sur les mégaphorbiaies* (*Plan de gestion 2015-2019*).

La végétation de la Réserve est également constituée de prairies fauchées ou pâturées ainsi que de forêts récentes et anciennes, se caractérisant par des essences différentes. Cet inventaire de flore et d'habitats est nécessaire pour évaluer les espèces qui influencent le stationnement ou le passage migratoire d'oiseaux.

2) Protocole de terrain et processus d'acquisition des données

En ornithologie, il existe communément les 3 catégories de protocoles d'inventaires/suivis des populations d'oiseaux utilisés en France : les protocoles de comptage systématique à vue (à l'aide de jumelles, longues vues), les protocoles d'inventaires/suivis des populations basés sur la reconnaissance des chants d'oiseaux (exemple : protocole STOC-EPS) et les protocoles d'inventaires/suivis des populations par capture/recapture des individus et pose de bagues d'identification (exemple : protocole STOC-Capture).

Dans notre étude, nous nous sommes concentrés sur le suivi décadaire qui possède le plus de possibilités que ce soit au niveau qualitatif en abondance d'espèces représentées ou en quantitatif en nombre d'individus recensés sur une date donnée. Les autres comptages seront détaillés en Annexe n°2 pour plus d'informations.

a. Comptage par suivi décadaire

Le suivi décadaire, est un comptage ornithologique par observation visuelle des espèces d'oiseaux sur un site donné (en privilégiant la zone humide). C'est un échantillonnage tous les 10 jours pendant toute l'année (du 1 au 10 inclus, du 11 au 20 inclus, du 21 au 30/31 inclus du mois). Cela équivaut à 36 décades par an (12 x 3 décades par mois). Sur chaque décade, pour le suivi, une ou plusieurs sorties sont effectuées, mais la loi des effectifs maximum observés est appliquée (conservation pour chaque espèce « cible » de l'effectif maximum observé sur l'ensemble des sorties de la décade).

Sur la réserve et l'étang, les milieux échantillonnés en comptage décadaire sont essentiellement les plans d'eau, les berges (avec ou sans roselières), les îlots de végétation au milieu du bassin intermédiaire et les abords des bassins de végétations. Toutes espèces observées dans un autre milieu que ceux échantillonnés de base dans le comptage (oiseaux en vol, en prairie, forêt, zone agricole...) seront notées avec en commentaire le lieu d'observation.

Des observations supplémentaires peuvent être effectuées, notamment après des événements climatiques inhabituels qui vont induire l'observation de certaines espèces plus que d'autres.

Le comptage décadaire permet un suivi tout au long de l'année et une estimation des différentes composantes du cycle biologique chez les oiseaux (migration, hivernage, reproduction...). C'est un protocole stable (mêmes conditions d'une année sur l'autre) et réalisé sur une longue période (premières données en 1986 et à partir de 2000 dans les mêmes conditions jusqu'en 2015). Ce type de suivi réalisable par tout ornithologue, à coût raisonnable permet d'obtenir des données fiables toute l'année.

Les comptages par observations sont considérés comme fiables de 90 à 95% selon les compteurs en prenant en compte les « oublis » d'oiseaux non visibles au moment du jour de suivi (*Sanchez et al., 2009*). C'est pourquoi il est intéressant d'établir le même effort d'échantillonnage toute l'année (même nombre de sorties par décades). Plus l'effort de sortie par décade est important, plus il existe de chance d'observer de nouvelles espèces sur les lieux d'observation.

La première extraction des données ornithologiques est l'information qualitative « Présence / Absence » des espèces sur l'année et permet également de définir pour chaque espèce observée, un statut ornithologique.

b. Construction du jeu de données et choix des espèces étudiées

Que ce soit pour l'équipe de la réserve ou pour le partage par la suite des données entre organismes naturalistes, les protocoles se doivent d'être robustes, et le jeu de données doit être le plus complet. Pour cela, les informations d'observations ornithologiques obligatoires (espèce, effectif, date, observateur) sont accompagnées d'informations complémentaires comme type observation (vue/entendue/bagage), conditions météo, lieu et stockées dans la base de données. Le jeu de données m'a été transmis sous format Excel par le chargé de mission de l'équipe.

Une présélection parmi les 257 espèces ornithologiques observées sur le site depuis 1978 (premières observations datées à disposition faites sur le site avant même la création de la réserve) a été réalisée par l'équipe de la réserve sur près de 600 espèces visibles en France (sur les 848 espèces en Europe (*Guide ornithologique de référence*)). Cette sélection a permis d'inventorier les espèces face à leurs enjeux et de pouvoir après définir les questions de recherches.

Pour chaque espèce observée, un statut ornithologique est défini sur une période de temps donnée. Ce statut se construit en fonction de critères biologiques et de fréquence (*cf. arborescence explicative en Annexe n°4*). Au niveau du statut de fréquence, sur une période donnée de 10 ans, si l'espèce est rencontrée de 8 à 10 fois, elle est considérée comme régulière. Le statut biologique, quant à lui comprend des caractéristiques concernant les périodes de migration, de reproduction, d'hivernage (les principaux enjeux sont liés à ces statuts) et le type de stationnement de l'espèce. A partir de ces informations écologiques concernant l'espèce, l'objectif de l'analyse est d'étudier les espèces à enjeux et les régulières du site (espèces protégées, rares en Ile-de-France, menacées : au niveau de leur écosystème, leur mode de vie, leur cycle de vie...) à l'échelle du site, de la région Ile-de-France et à l'échelle nationale. Les effectifs sont également liés aux caractéristiques écologiques de chaque espèce.

Le premier objectif de la réserve naturelle est de conserver l'état actuel du site et de maintenir les conditions favorables au cycle de vie des espèces d'oiseaux en particulier. Le groupe des limicoles est un groupe d'espèces emblématiques de la création de la Réserve. Les espèces sélectionnées sont : Avocette élégante, Barge à queue noire, Barge rousse, Bécasseau cocorli, Bécasseau de Temminck, Bécasseau falcinelle, Bécasseau maubèche, Bécasseau minute, Bécasseau sanderling, Bécasseau tacheté, Bécasseau variable, Bécassine des marais, Chevalier aboyeur, Chevalier arlequin, Chevalier culblanc, Chevalier gambette, Chevalier guignette, Chevalier stagnatile, Chevalier sylvain, Combattant varié, Courlis cendré, Courlis corlieu, Grand gravelot, Gravelot à collier interrompu, Petit gravelot, Phalarope à bec étroit, Phalarope à bec large, Pluvier argenté, Pluvier doré, Tournepiere à collier, Vanneau huppé.

Note : En ornithologie, les espèces sont identifiées essentiellement en noms vernaculaire. Les noms latins sont très rarement utilisés, c'est pourquoi j'ai gardé les noms vernaculaires.

Le deuxième objectif est l'enjeu portant sur la création de nouvelles aires protégées (SCAP). Les espèces ainsi sont : Canard chipeau, Canard souchet, Fuligule milouin, Grèbe à cou noir, Blongios nain ; la Sarcelle d'hiver, la Mouette mélanocéphale (ayant été ajoutées à l'analyse par intérêt propre à la RN, hors problématique SCAP). Les espèces étudiées pour l'évolution des effectifs de reproduction sont : Blongios nain, Canard chipeau, Fuligule milouin, Grèbe à cou noir, Mouette mélanocéphale, ainsi que, Mouette rieuse, Sterne pierregarin (par intérêt de gestion interne RN) et Bernache du Canada (espèce régulée).

3) Méthodes de traitement des données

a. « Formatage » des données récoltées

Le début du travail a été de « formater » le jeu de données de départ. Il faut se rendre compte que, aujourd'hui le jeu de données complet comprend tous les types de suivi (comptage décadaire, écoute, baguage).

L'ancien jeu de données était composé pour chaque ligne du numéro de l'espèce, son nom et ses effectifs (de stationnement ou de couvées) par année pour chaque décade indiquée en colonne puis d'un commentaire si besoin.

Tableau n° 1 : Exemple de l'entête de l'ancien jeu de données et de 2 lignes pris au hasard

Rang	Tax_DFr (nom espèce)	Année	janv_D1	Janv_D2	Janv_WI	janv_D3	févr_D1	...	NC	NPO	Commentaires
6	Bernache du Canada	2010		0	0		33		11	5 stérilisés	NC : 11 nids dont « ou et » 5 nids stérilisés NPO : 5 stérilisés
16	Canard souchet	2009	250	0	0		4				

Il y avait un fichier par type de suivi et il manquait l'information du mois. Tous les suivis décadaires : reproduction, effectif, WI : Wetland International (un comptage réalisé une fois par an un week-end en janvier) étaient mélangés dans la même ligne de tableau ce qui rendait impossible de filtrer les informations pour réaliser des tableaux croisés dynamique Excel en vue d'analyse statistique.

Le jeu de données actuel est composé des 3 types de suivi et leurs sous unités. Chaque ligne correspond à une observation d'une espèce : que ce soit en reproduction ou en observation d'effectif ou WI pour le décadaire, en écoute et en baguage ; à une date donnée (date, année, mois, jour, numéro de décade), les différentes conditions de terrain récoltées

pour le protocole étudié (vent, pluie... pour le suivi par écoute ; taille, masse... pour le suivi par baguage ; lieu de l'observation) et les commentaires.

Tableau n°2 : Exemple de l'entête (en couleurs) et de quelques lignes du jeu de données

Type Suivi	OBSE_VALID	DATE_v1	J	M	Année	Num_Décade	TAX_Vern	OBSE_NOMBRE	...	Nb_couvées	...	MEMO / OBSE_COMMENT
Comptage décadaire - Donnée Reproduction_NC	Donnée validée	2010			2010	Dr	Bernache du Canada	11	...	11	...	En 2010 : NC : 11 nids dont 5 nids stérilisés
Comptage décadaire - Donnée Effectif	Donnée validée	05/01/2009	05	01	2009	1	Canard souchet	250				
Comptage décadaire - Donnée Effectif	Donnée validée	15/01/2009	15	01	2009	2	Canard souchet	0				
Comptage décadaire - Donnée Effectif	Donnée validée	25/01/2009	25	01	2009	3	Canard souchet	0				
Comptage décadaire - Donnée Effectif	Donnée validée	05/02/2009	05	02	2009	4	Canard souchet	4				

Dr : Décade reproduction

Le travail de conversion des fichiers de données concernant le baguage et l'écoute a été plus complexe. Le format d'arrivée permet de stocker les données des 3 types de suivis.

Ce travail de formatage des données a été réalisé par l'équipe de la Réserve pour s'accorder sur les jeux de données du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) et du Centre de Recherches sur la Biologie des Populations d'Oiseaux (CRBPO) mais également pour revalider les données par la suite et ne perdre aucune information au moment de la transformation des fichiers.

b. Travail sur les données brutes pour l'élaboration des méthodes d'analyses

Après le formatage des données, mon stage a consisté également au travail des données brutes pour élaborer la méthode d'analyse la plus adéquate pour ce type de données et questions de recherches, et ensuite réaliser des tests statistiques qui donnent des résultats interprétables par le plus grand nombre.

Le travail sur les données ornithologiques est réalisé sur un fichier de données validées par l'équipe, réalisé à la suite de la mise à jour des données décadaires sur la période 2000-2015, arrêtées à la date du 29/04/2016 (jeu de données considéré le plus complet à ce jour). Au départ, le jeu de données comptait près de 170 000 lignes de données. A la suite de la validation et du formatage des données (année de comptage et espèces sélectionnées dans l'étude, ainsi que l'exclusion des données non validées), il reste environ 43 000 lignes de données en prenant compte de tous les comptages. En proportion, il existe plus de données concernant le comptage décadaire (plus de 70%) que le baguage (25%) ou l'écoute (moins de 3%). Les données sur 30 ans ont été validées plus tard que celles sur 16 ans (validation de la majorité des données à 30 ans au 14/06/16), c'est pourquoi toutes les questions ne sont pas abordées sur les 30 ans dans les résultats malgré la demande de départ.

Cette étude s'est portée tout d'abord sur la période de 2000 à 2015 puisque les fréquences de comptage sont stables (mêmes observateurs sur la période étudiée).

La méthode statistique a été réalisée dans l'optique de travailler sur 30 ans (meilleure robustesse des tests statistiques quand 30 points d'échantillon), elle est donc la même entre 16 et 30 ans de données pour pouvoir comparer les résultats entre eux.

- Phénologie des limicoles

Pour évaluer la présence sur l'année des Limicoles, pour chaque décade (de la 1ère à la 36ème), il a fallu réaliser une moyenne des effectifs observés (toutes espèces de limicoles confondues) au cours de chaque décade sur la période 2000-2015. Cela permet de montrer une courbe moyenne de présence par décade sur la période définie (cf. graphique n°1).

Quand l'étude s'intéresse à la présence/absence d'espèces, les espèces sont présentes à des dates/périodes différentes les unes des autres (migration aller et retour différentes). Pour pouvoir comparer la présence d'un groupe d'espèces, à chaque point de mesures il faut avoir des informations du nombre d'individus contactés pour toutes les espèces, donc avoir aussi des « 0 » pour certaines espèces. L'information qu'une espèce n'a pas été contactées est une information pertinente. Vu l'effort de comptage qui est réalisé, un zéro est un « vrai » zéro, ce n'est pas un manque d'observation sur la période mais bien que l'espèce n'a pas été observée sur la décade.

Si les « 0 » étaient enlevés dans le calcul de la moyenne, chaque point de mesure (chaque point par décade qui permet de réaliser la courbe sur le graphique n°1) au final n'aurait pas le même nombre de d'espèces observées, il serait alors impossible de comparer les décades entre elles.

Un test non paramétrique pour petits échantillons a été utilisé pour ces questions de phénologie, le test de Mann-Whitney-Wilcoxon (cf. graphique n°3 : périodogramme). Ce test a été réalisé pour montrer si deux échantillons appartiennent à la même population ou la même loi de probabilité. Dans notre cas, les deux ensembles de points (de 2000 à 2007 et de 2008 à 2015) ont ils le même coefficient de pente de la courbe ? (Script R en Annexe n°5). Si la p-value > 0,05 alors les deux échantillons ne sont pas significativement différents (la courbe a la même pente sur les deux périodes étudiées).

- Tendance d'évolution des populations

Les autres questions de recherche visent à évaluer l'état écologique des populations d'oiseaux selon les enjeux retenus. Ce qui équivaut en terme statistiques à réaliser des courbes de tendances sur une période de temps donné. Ces courbes de tendance devront être comparables entre espèces sélectionnées, entre périodes de temps données et à terme avec des données régionales dans la suite des objectifs.

Il existe plusieurs méthodes mais quand l'analyse se porte sur les tendances, il faut chercher à la fois les événements remarquables et les cycles dans les données. Est-ce qu'un événement important se reproduit tous les x pas de temps ?

Si c'est le cas, et que le pas de temps est le même tout au long de la période étudiée, il faut lisser la courbe pour « désaisonnaliser » les données. Cela permet d'éviter les fluctuations trop importantes qui gênent inévitablement les courbes de tendance (qui seront appliquée par la suite). L'une des techniques pour lisser les données est d'appliquer des moyennes mobiles de la durée du pas de temps du cycle.

Cependant, sur le jeu de données de la réserve naturelle, aucun cycle n'est visible de façon simple car la phénologie est propre à chaque espèce (dates de migrations, temps de séjour sur un site,...). Ainsi, certaines espèces migratrices peuvent être observées une ou deux fois par an avec des temps de stationnement (escale migratoire) très variables, pendant que les espèces nicheuses présentes sur site pendant une longue période continue mais seront difficiles à observer (construction des nids, couvaison, camouflage dans le milieu,...). Il est donc impossible d'appliquer un cycle moyen pour toutes les espèces.

Le cycle qui convient le mieux à l'ensemble des espèces (et permettant de les comparer entre elles) est donc le cycle annuel. Pour cela, deux types de calculs sont possibles pour réaliser des tendances d'effectif :

- Soit le maximum d'individus observés par an : l'intérêt est de ne pas compter deux fois le même individu d'un comptage à un autre. En effet, pour le site de la réserve naturelle, observer 20 Chevaliers gambettes est un très bon/fort effectif alors que 20 Vanneaux huppés est un effectif très faible. De même que garder 5000 Vanneaux huppés comme point maximum fausse les résultats par rapport aux espèces à petits effectifs dans le cas d'une analyse « multi-espèces » (les tendances d'espèces à forts effectifs masquent celles d'espèces à petits effectifs). Le maximum représente le nombre d'individus ayant été observés à un temps t sur le site de la Réserve. (note : il est impossible de travailler avec le minimum dans notre étude vu que le « zéro » est significatif en termes de présence/absence)
- Soit avec la somme par an : l'intérêt de travailler les données avec une somme à l'année est de proposer une représentation globale de tous les oiseaux contactés dans l'année peu importe le facteur « saison/phase biologique » (migrations, reproduction, hivernage). Cependant, comme il est impossible de savoir si les individus observés sont les mêmes d'une décade à une autre (sauf système d'identification individuelle, marquage coloré, baguage,...), il faut donc plutôt parler de nombre de contacts d'observation des espèces. La somme est une mesure de la présence des oiseaux en tenant compte de leur durée de présence.

La méthode utilise donc une agrégation à l'année (somme des effectifs par an) pour appliquer une courbe de tendance par la suite. Pour les migrateurs, la somme prend en compte l'effet d'étape migratoire ainsi que le temps de stationnement dans la période de migration. La somme présente le défaut de compter plusieurs fois les mêmes individus, mais montre mieux au niveau statistique l'effet du site en tant que site de reproduction, d'hivernage ou d'escale migratoire sur les populations d'oiseaux. La période d'agrégation à l'année, qui correspond au cycle biologique, toutes espèces confondues, permet de comparer les espèces entre elles.

c. Méthode d'analyses statistiques utilisée pour les tendances d'évolution

Sur des données annuelles, il est alors possible d'appliquer une régression linéaire sur les courbes d'effectifs pour obtenir une droite de tendance (confirmation de la corrélation significative par des tests statistiques). C'est un type de calcul qui peut paraître basique (en terme de statistique) mais facile d'accès au niveau de l'interprétation des résultats.

Etape n°1 : utilisation du test de Pearson

Le test de Pearson est un test dit paramétrique qui permet de montrer la corrélation entre deux variables. Le coefficient de corrélation, noté r , donne la meilleure corrélation entre les points de la courbe. Le coefficient de détermination, noté R^2 , mesure la qualité de la prédiction de la régression linéaire. Pour 16 années de données, le degré de liberté (ddl) est de $N-2 = 14$, avec un risque de 5% d'erreur alpha, il faut au minimum que $r = 0,497$ donc $R^2 = 0,247$; pour 30 années de données, $ddl = 28$, le seuil de $r = 0.361$ donc $R^2 = 0,1303$.

Etape n°1bis : si le résultat du test de Pearson est validé statistiquement → utilisation du test de Shapiro pour vérification/validation d'autres paramètres :

Quand le R^2 est suffisant, il faut vérifier les autres paramètres du test : les résidus doivent suivre la loi Normale. Cela est possible par l'utilisation du test de Shapiro. L'hypothèse nulle est que la population est normalement distribuée. Si la p-value est inférieure au seuil alpha choisi, alors l'hypothèse nulle est rejetée et les données ne suivent pas la loi Normale. Le R^2 de la régression linéaire ne sera pas valide statistiquement.

Etape n°2 : si le résultat du test de Pearson est non validé statistiquement ou si le test de Shapiro est non valide → utilisation du test de Spearman pour vérification d'autres paramètres :

Lorsque le test de Pearson n'est pas valide (ou qu'il a été invalidé par le test de Shapiro), il est possible de réaliser un test non paramétrique. Ces tests sont moins puissants en terme statistique mais permettent de montrer les corrélations entre les données quand celles-ci fluctuent beaucoup. Le test de Spearman est étudié lorsque deux variables statistiques semblent corrélées selon une fonction monotone (croissante ou décroissante) et non une relation de type affine (= linéaire). Le coefficient de corrélation est noté Rho.

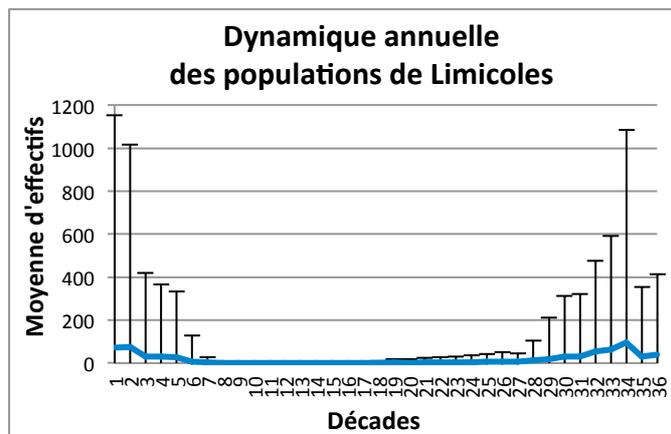
L'hypothèse nulle indique qu'il n'y a pas de relation entre les deux variables. Si la p-value est inférieure à 0,05, alors l'hypothèse nulle est rejetée et les variables sont corrélées. Pour 16 années, $ddl=14$, $-0,538 < Rho < 0,538$. Pour 30 années, $ddl=28$, $-0,375 < Rho < 0,375$.

Résultats

1) Enjeu de préservation du site pour les limicoles

Notes :

- 1) Tous les graphiques avec courbes de tendances ont été vérifiés selon la méthode expliquée dans la partie II.3 du rapport.
- 2) Les graphiques montrent des résultats non valides statistiquement quand les courbes sont sur fond gris.
- 3) Les graphiques entièrement blancs de fond, sont valides statistiquement.
- 4) Toutes les courbes rouges indiquent que la tendance est à la baisse (courbes vertes quand les tendances sont à la hausse).



a. Quelle est la dynamique de présence chez les limicoles ? Observe-t-on une évolution de la phénologie de migration chez les espèces limicoles au cours de la période 2000-2015 ?

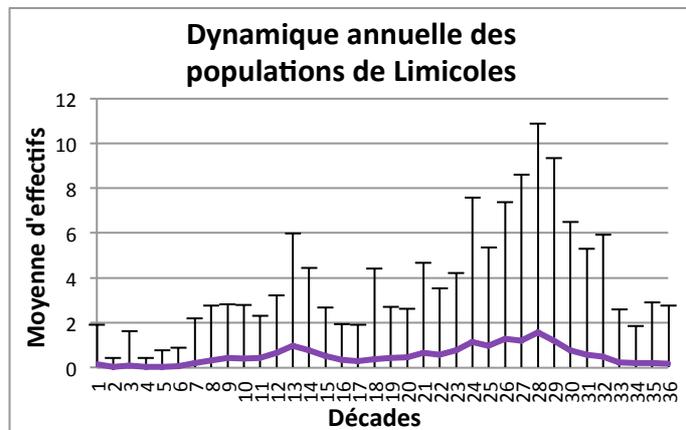
Graphique n°1 : Dynamique annuelle des populations de Limicoles, toutes années et toutes espèces confondues

En prenant en compte toutes les espèces de limicoles, un pic d'effectifs maximum observés de limicoles apparaît sur la période hivernale (décade n°34 = du 1^{er} au 10 décembre inclus). Ce graphique montre le pic de migration de toutes les espèces de limicoles contactées se situe entre le 1^{er} et le 10 décembre en moyenne. Cependant, les

barres d'erreur montrent qu'il existe une forte variation des effectifs toutes années confondues.

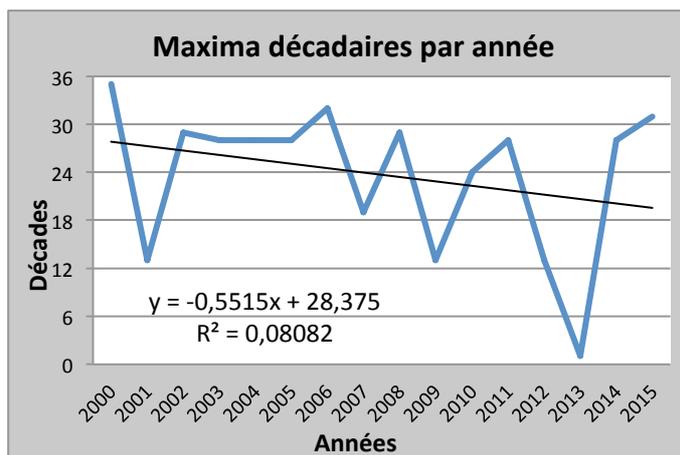
En séparant les espèces les unes par rapport aux autres au cours de l'analyse, deux espèces, Vanneau huppé et Pluvier doré, influencent considérablement (de par leurs grands effectifs) les courbes de présence sur l'année. Le Vanneau huppé cumule un nombre de contacts de 277390 individus observés sur les 16 ans, le Pluvier doré quant à lui est à 44589 individus observés sur les 16 années d'étude ; contre 3611 pour la Bécassine des marais (3^e position en termes d'effectif) ou 1352 pour le Chevalier guignette (4^e position). Toutes les autres espèces sont en dessous de 1000 contacts sur 16 ans, soit moins de 63 contacts par an. Quand l'intérêt se porte sur la moyenne, les effectifs de ces deux espèces finissent par masquer les véritables moments de présence des 30 autres espèces « limicoles » étudiées (cf. graphique n°1 vs graphique n°2).

Graphique n°2 : Dynamique annuelle des populations de Limicoles, toutes années confondues (sans Pluvier doré et Vanneau huppé)



Deux pics d'effectifs sont observés : un autour de la décennie n°13 et l'autre autour de la décennie n°28, c'est-à-dire de fin avril à début mai et de fin septembre à début octobre. Cela a l'air de correspondre globalement aux deux périodes de migrations (printanière et automnale).

Cependant, de nombreuses fluctuations des effectifs sont visibles avec les barres d'erreur.
 → Il serait intéressant d'essayer de montrer quelle(s) année(s) explique les pics sur la courbe pour pouvoir comparer avec les niveaux d'eau de l'étang et/ou du bassin intermédiaire.



Graphique n°3 : Périodogramme de la période 2000-2015 : décennie où a été observé l'effectif maximal de l'année chez les limicoles (sans Pluvier doré et Vanneau huppé)

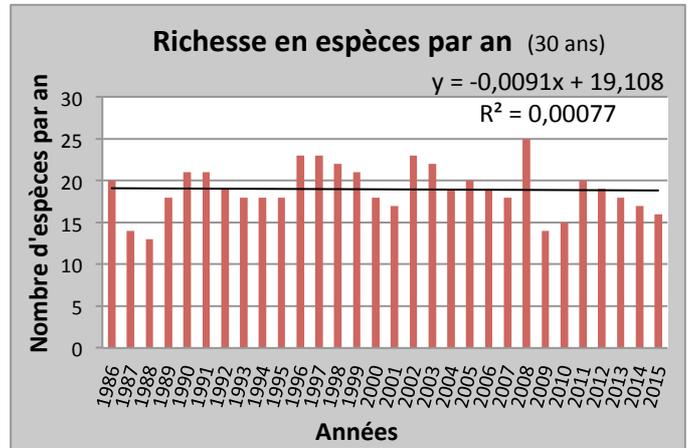
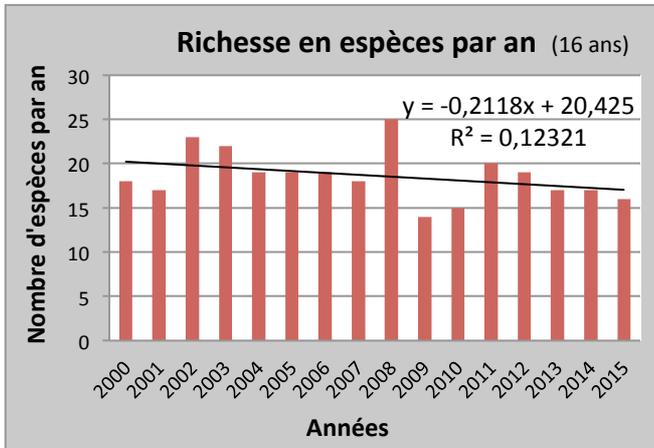
Pour étudier la phénologie de la migration des limicoles et observer un possible décalage au niveau des dates d'arrivée et surtout du maximum de présence des limicoles (sans Pluvier doré et Vanneau huppé), il est possible de réaliser un « periodogramme » des maxima décennaires.

Si une régression linéaire est appliquée, comme expliqué précédemment, le coefficient R^2 n'est pas significatif. Cependant, il apparaît comme deux périodes : de 2000 à 2007 et de 2008 à 2015. Le test de Mann-Whitney-Wilcoxon a été utilisé pour déterminer un probable changement de coefficient de pente entre les deux périodes, mais le résultat a donné une p-value > 0,05 donc les deux échantillons ne sont pas significativement différents.

→ Il n'y a pas de tendance à la hausse ou à la baisse, ni de changement de pente au cours de la période. Il est impossible de déterminer une tendance pour ces données.

b. Quelle est la tendance de la diversité des espèces présentes sur le site chaque année ?

Graphiques n°4 et 5 : Nombre d'espèce contactée au minimum 1 fois dans l'année sur 16 ou 30 ans



Etape n°1 : Test de Pearson

↳ Résultat : $R^2 = 0,1232$, seuil $R^2 < 0,247$

→ non significatif

↳ Etape n°2 : Test de Spearman

↳ Résultat : $\rho = -0,37$, valeur seuil : $\pm 0,538$

→ non significatif

Etape n°1 : Test de Pearson

↳ Résultat : $R^2 = 0,0008$, seuil $R^2 < 0,247$

→ non significatif

↳ Etape n°2 : Test de Spearman

↳ Résultat : $\rho = -0,07$, valeur seuil : $\pm 0,538$

→ non significatif

→ Dans les deux cas, H_0 est validée : il n'y a pas de relation significative entre la variable « année » et la variable « effectif annuel »

Bien que la composition/diversité spécifique des espèces limicoles présentes sur la réserve varie chaque année (max : 25 espèces en 2008 ; min : 13 espèces en 1988), il est impossible d'extraire une tendance validée statistiquement sur l'évolution de cette « diversité » sur 30 ans.

c. Comment se comportent les tendances des effectifs de chacune des espèces ?

En considérant qu'il faut un minimum d'effectifs par an pour pouvoir appliquer une régression linéaire sur les courbes, seules les espèces avec un effectif > 100 individus (effectifs cumulés) sur les 16 ans ont été gardées pour l'analyse de tendance.

Les mêmes espèces ont été étudiées pour l'étude à 30 ans quand le fichier de données a été disponible.

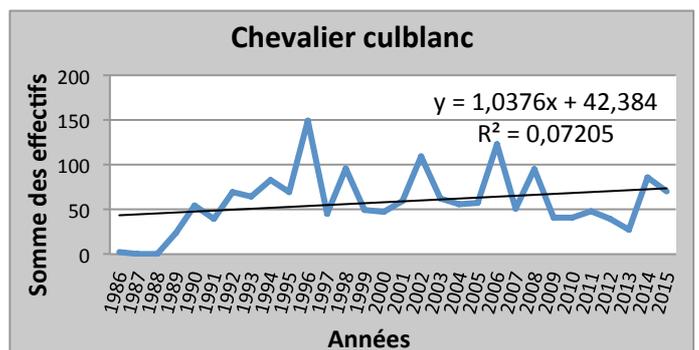
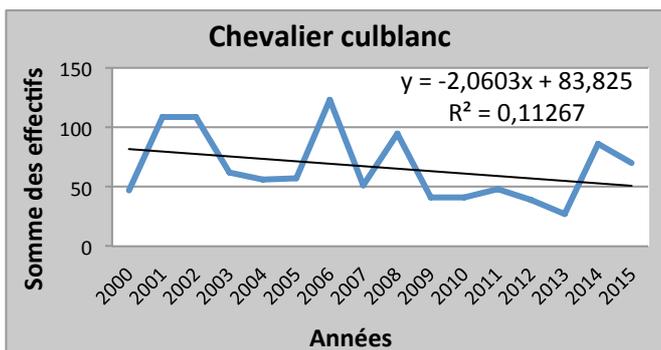
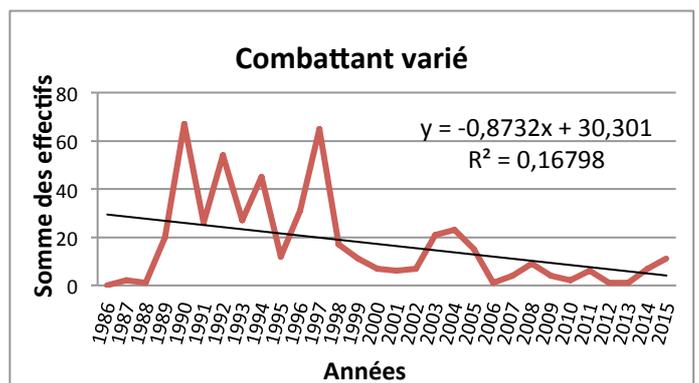
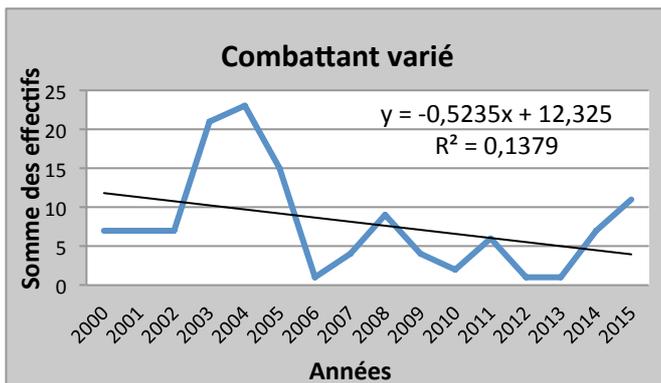
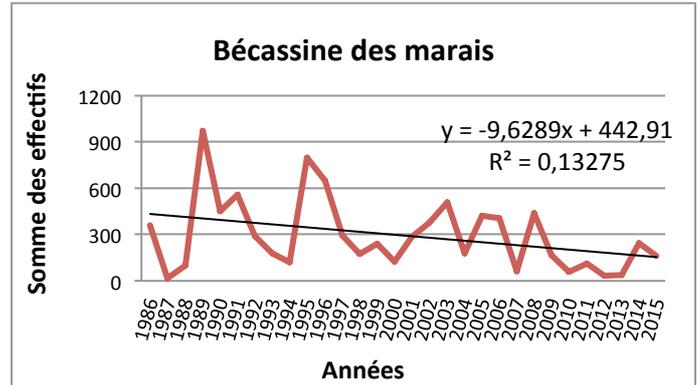
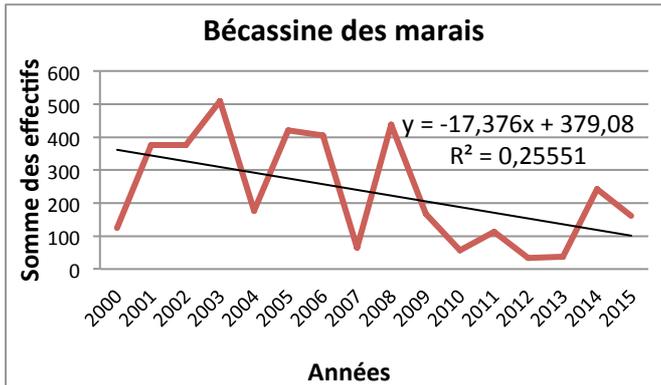
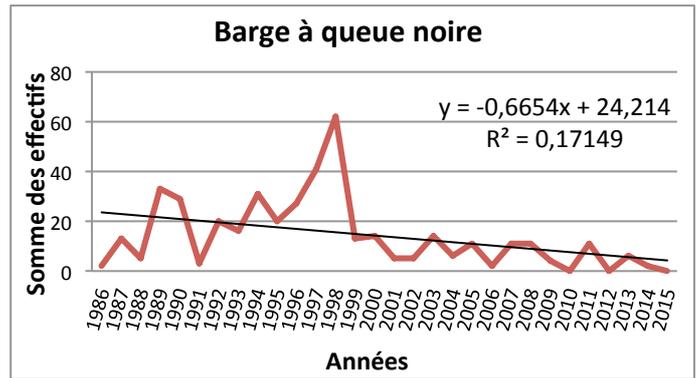
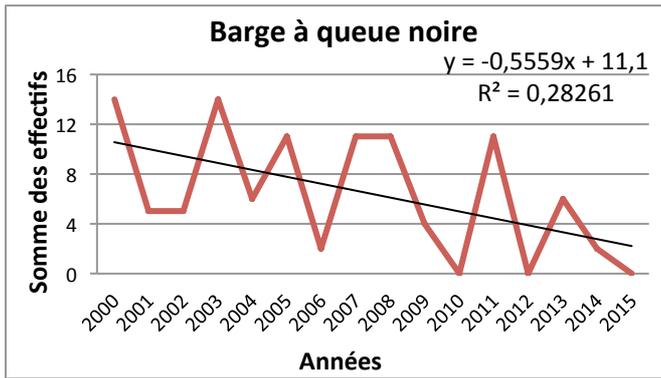
Dans les résultats seuls quatre cas sont présentés (les autres sont présentés en Annexe n°3a) :

Disposés selon ce schéma →

6a	6b
7a	7b
8a	8b
9a	9b

-> Les deux cas où les tendances sont significatives pour 16 et 30 ans, un cas où la tendance devient significative à 30 ans, un cas d'exemple quand 30 points de données ne permettent pas aux données de donner une tendance significative

Graphiques n°6 à 9 (a et b) : Tendances sur 16 ans (a) et sur 30 ans (b) de 4 espèces



Les deux seules espèces qui ont des tendances significatives à la baisse autant à 16 ans qu'à 30 ans sont la Barge à queue noire et la Bécassine des marais. La dynamique du Combattant varié, montre une tendance à la baisse sur 30 ans (non vrai pour 16 ans d'étude). Malgré ses fluctuations importantes sur 30 ans, il possédait des effectifs assez importants en terme statistiques pour montrer une tendance à la baisse. Dans ce cas, il existe aussi le Pluvier doré et le Vanneau huppé (qui eux ont des tendances à la hausse sur 30 ans) (cf. Graphiques n°34b et 35b en Annexe n°3a). Toutes les autres espèces étudiées n'ont pas de

tendances significative ni à 16 ans ni à 30 ans. Dans la plupart des cas, les courbes présentaient trop de fluctuations ou les effectifs étaient trop petits pour donner une tendance significative (cf. Graphiques n°28 à 33 en Annexe n°3a).

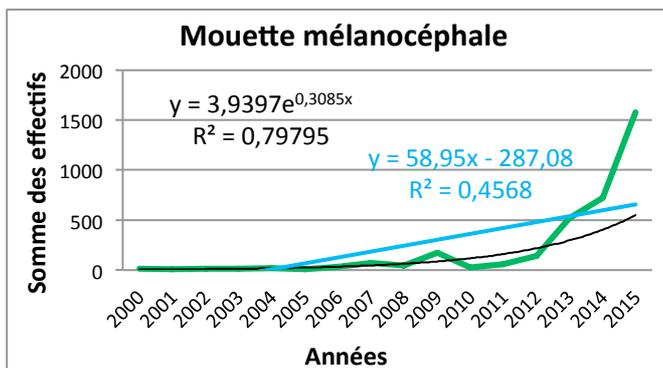
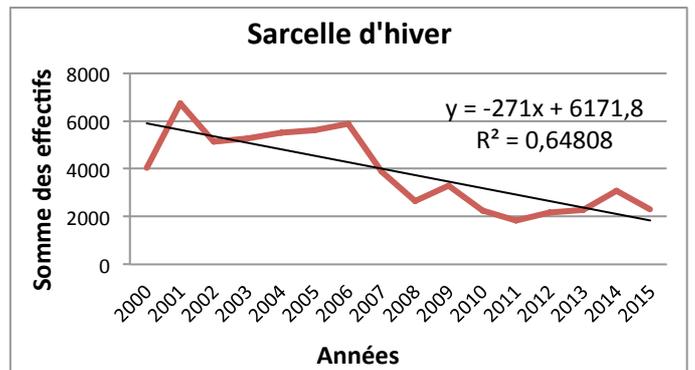
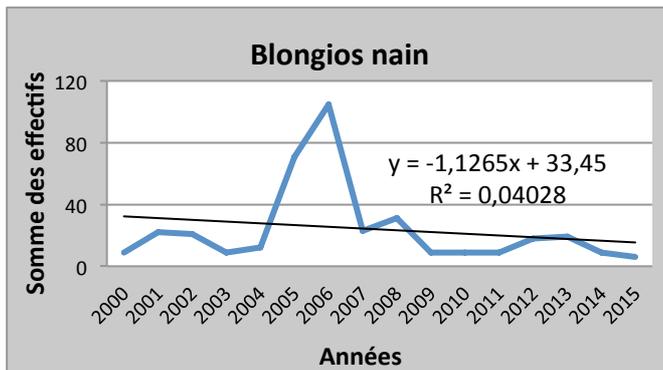
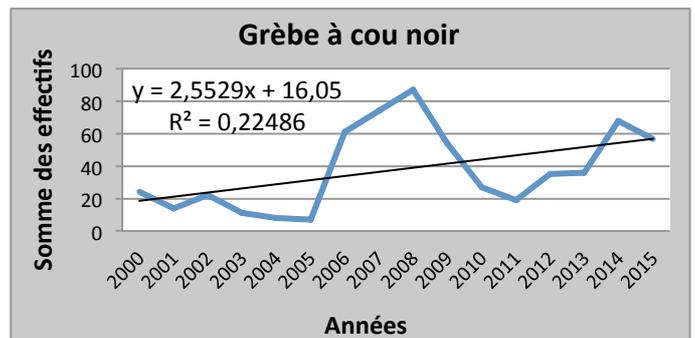
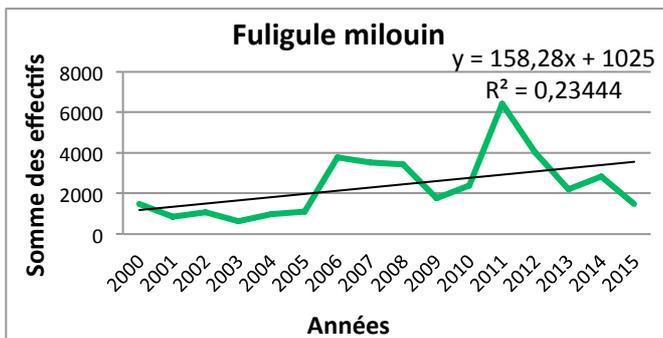
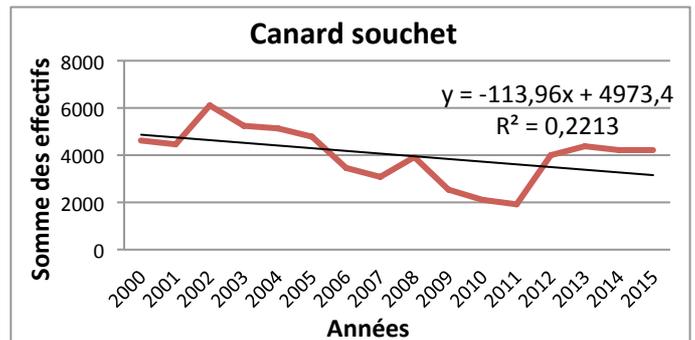
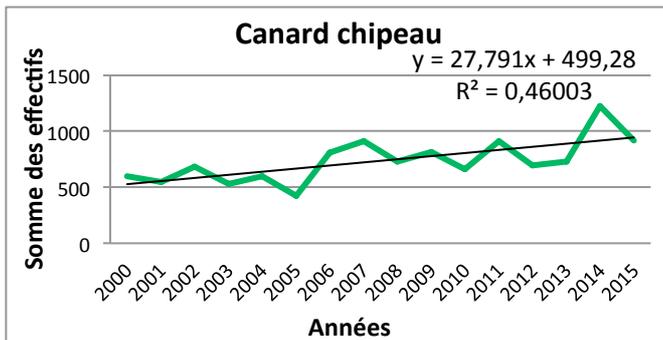
2) Enjeu SCAP, Schéma de Création d'Aires Protégées

a. Évolution des effectifs observés

Graphiques 10 à 16 : Tendances d'évolution des effectifs observés sur 16 ans

Disposés selon
ce schéma

10	11
12	13
14	15
16	



Il a été appliqué également une régression exponentielle vu le visuel de la courbe de la Mouette mélanocéphale. La corrélation entre la régression et la courbe de tendance est bien meilleure qu'avec une régression linéaire (bleu ciel).

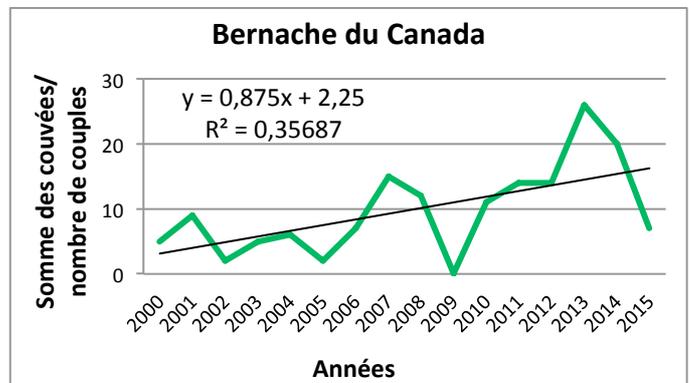
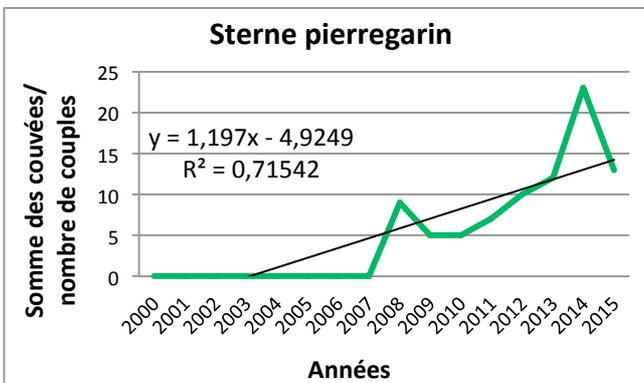
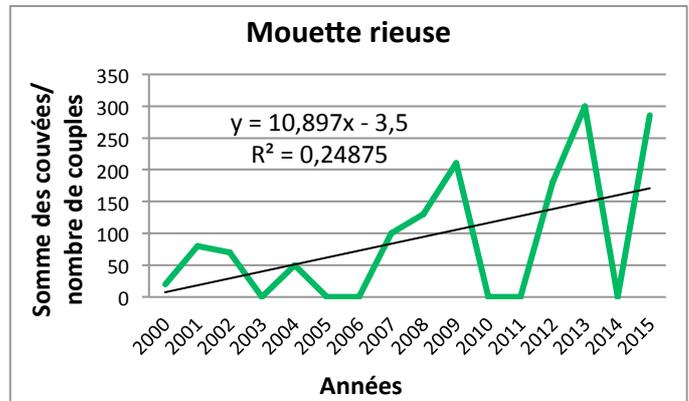
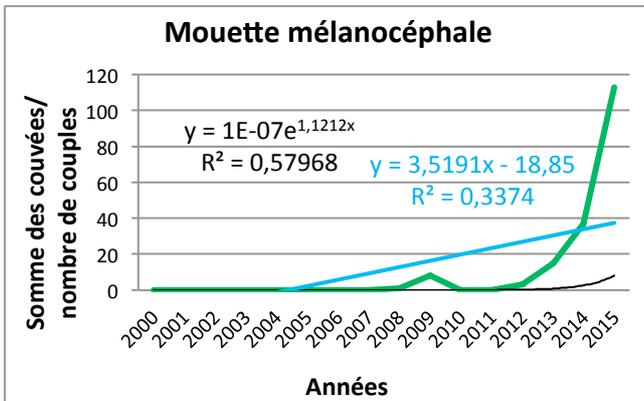
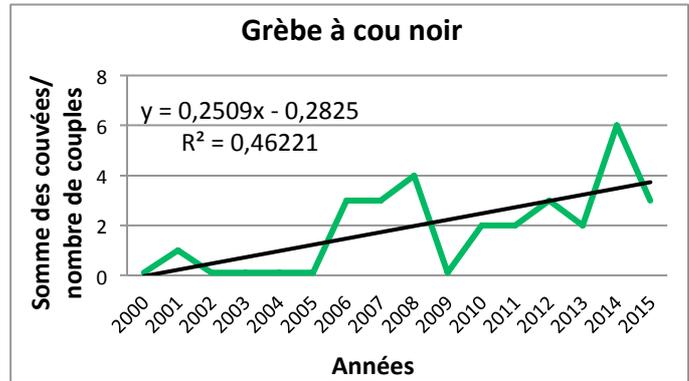
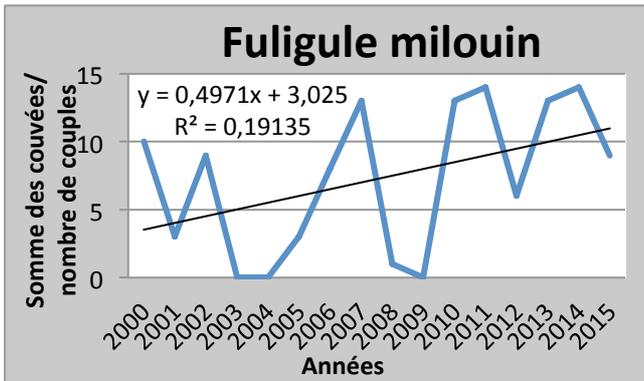
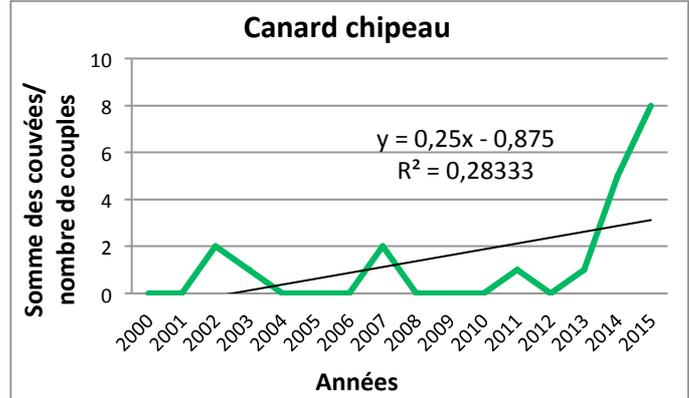
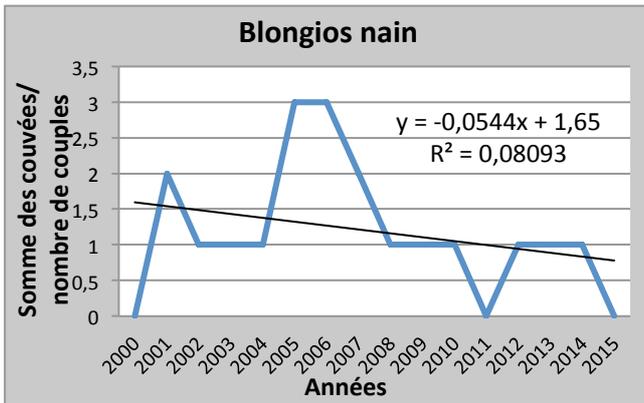
Seules 3 espèces montrent des tendances significatives à l'augmentation (avec des effectifs importants).

b. Évolution de la reproduction : nombre de couvées

Disposés selon
ce schéma

17	18
19	20
21	22
23	24

Graphiques 17 à 24 : Tendances d'évolution des couvées sur 16 ans



A part le Fuligule milouin et le Blongios nain, toutes les espèces ont vu leur nombre de couvées/couples augmenter de façon significative sur la période de 2000 à 2015.

→ Il serait intéressant de travailler sur 30 ans de données pour savoir si cette tendance se valide.

Discussion et conclusion

1) Enjeu de préservation du site

Pour rappel, le premier objectif était d'estimer, par une étude statistique, l'évolution des populations d'oiseaux sur la réserve naturelle depuis 30 ans. Cette étude s'est concentrée sur le groupe d'espèces emblématiques de la Réserve ayant permis sa création, c'est-à-dire les Limicoles. L'enjeu est de préserver ce site naturel et ses alentours par le maintien de ses habitats. Le souhait de la réserve sur cette étude, est de pouvoir se concerter avec d'autres structures naturalistes en comparant les résultats pour savoir si la gestion passée du site a été bénéfique ou non pour les populations d'oiseaux, ainsi que de chercher peut être à améliorer celle-ci.

a. Phénologie de migration des Limicoles

L'analyse a débuté en présentant la dynamique annuelle de présence des limicoles toutes espèces confondues (cf. graphique n°1). Ils sont présents de façon caractéristique en hiver pour les deux espèces à fort effectifs (Pluvier doré et Vanneau huppé : ce sont deux espèces de limicoles un peu particulières car elles peuvent être observées en masse sur des zones agricoles en hiver), et au moment des deux pics de migration connus (printanier et automnal) pour toutes les autres espèces migratrices (cf. graphique n°2). Ce constat permet de prouver une fois de plus, que d'une espèce à une autre, il est impossible d'appliquer le même cycle / schéma avec un nombre défini de pas de temps (ici les décades) vu les dates d'arrivées et les périodes de forte fréquentation du site (qui sont totalement différentes d'une espèce à une autre). La suite de l'étude s'est donc portée sur la comparaison interannuelle de la décade présentant les effectifs maximaux. Il est alors possible de savoir s'il y a un décalage dans la date d'arrivée des individus. Il s'agit d'un périodogramme des maximums décadaires (cf. graphique n°3). Cependant, cette analyse n'a pas permis de montrer une quelconque tendance de décalage de la date d'arrivée des limicoles (pas de différence non plus de coefficient de pente entre deux périodes au cours des 16 ans étudiés).

Les deux points de l'étude ont été testés sur 30 ans (Annexe n°3). Pour la dynamique annuelle de présence, le pic d'hivernage des deux espèces à forts effectifs est encore plus important (par rapport à l'analyse de la période 2000-2015), tandis que pour les autres espèces, les pics de migrations montrent une plus grande amplitude de présence dans le temps (surtout pour le pic automnal) (cf. graphiques n°25 et 26). Il est possible que certaines espèces aient stationné pendant de plus longues périodes sur les premières années de la création de la réserve naturelle. Le périodogramme sur 30 ans ne montre pas de tendance significative ni à la baisse ni à la hausse. S'il existe un décalage dans les dates d'arrivée des individus, il n'est pas assez conséquent pour être visible avec méthode statistique utilisée (cf. Graphique n°27). Pour la suite, il faudrait essayer de savoir auprès des ornithologues, s'il est possible d'affirmer la présence et date d'arrivée d'une espèce, à partir un effectif donné.

b. Tendance d'évolution de la diversité en espèces chez les Limicoles

La richesse spécifique que ce soit à 16 ans ou à 30 ans ne montre aucune tendance significative à la baisse ou à la hausse (ou même stable) (cf. Graphiques n°4 et 5). Il faut noter qu'au niveau des fréquences de présence et des statuts associés (cf. Tableau n°3), seul 5 espèces sur les 31 étudiées changent de statuts de fréquence entre la période de 16 ans et

celle de 30 ans. En analyse descriptive pure sur les 30 ans, il est possible de dire qu'il y a peu de différence de diversité entre deux périodes. Cette « pseudo » stabilité conforte à la fois le suivi et la gestion de la réserve en tant que site propice au stationnement des espèces limicoles.

A la suite de ces résultats, l'équipe s'est demandée s'il serait intéressant de réaliser la même analyse en élargissant à l'écosystème « zones humides » (canards, limicoles, passereaux paludicoles, ardéidés*, rapaces,...) sur 30 ans (présence /absence). Du côté statistique, si le nombre d'espèce et le nombre d'année (points d'observation) augmente, il existe plus chances pour que les tendances soient significatives. Le problème va alors se situer sur l'interprétation des résultats vu que toutes les espèces seront confondues (différents groupes d'espèces donc différents cycles biologiques).

Enfin, il a été reconnu que l'évolution de la richesse spécifique du site est un indicateur d'état à suivre mais sa seule interprétation ne suffit pas à évaluer le bon état de conservation du site en tant qu'escale de migration (*Enjeux et Objectifs à long terme du Plan de gestion RNSQY*). Il faudrait réaliser une analyse plus poussée comme calculer la diversité Béta, qui permet de définir la proportion de remplacement et d'emboîtement d'espèces d'une année sur l'autre. Ce calcul peut être réalisé, à la fois, sur un aspect qualitatif (richesse spécifique, nombre d'espèces) et sur un aspect quantitatif (abondance spécifique, effectif). Il serait alors possible d'expliquer d'où vient le cycle de 5-6 ans qui a été observé sur le graphique n°5. La baisse est-elle due à une perte de diversité seulement ou également à une perte en effectif (ou à l'inverse, il y a une compensation de la perte de diversité par une hausse des effectifs des espèces encore présentes) ?

c. Tendances d'évolution des populations de Limicoles

En ce qui concerne les tendances d'évolution des populations d'espèces prises une à une, toutes les espèces ayant des effectifs supérieur à 100 individus cumulés sur les 16 ans ont été gardées. Toutes les espèces ont été étudiées à 16 ans puis à 30 ans (pour vérifier si la tendance sur 16 ans est confirmée/validée). Toutes les espèces avec des tendances significatives sont à la baisse sauf pour deux espèces (Pluvier doré et Vanneau huppé). Pour toutes ces espèces il serait intéressant de travailler les tendances avec des tests non paramétriques plus spécifiques pour les « petits » effectifs, mais également de comparer les résultats à l'échelle régionale (il est tout à fait possible que les espèces soient en fait présentes sur une autre zone humide des environs et non en réel déclin). Il faut se rappeler que le site est situé plutôt sur un axe secondaire de migration (par opposition aux sites littoraux qui sont sur des axes principaux). Certaines espèces sont contactées de façon quasi « accidentelles » d'où aussi peut être les « petits » effectifs observés pour ces espèces

d. Autres problématiques étudiées pour cet enjeu (en annexes)

Lorsqu'une étude se porte sur des oiseaux directement lié à la présence de vasière et donc aux niveaux d'eau, il paraît logique de comparer à la fois la richesse spécifique et l'abondance spécifique aux niveaux d'eau du site sur lequel les espèces sont observées. L'analyse a été travaillée (*un graphique récapitulatif des niveaux d'eau de l'étang a été réalisé : cf. Tableau n°4 en Annexe n°6*) mais plusieurs problèmes ont été rencontrés.

En comparant les années deux à deux (entre effectif ou diversité des espèces et proportion de vasières sur l'année), il est difficile d'établir un lien direct entre les niveaux de l'étang et les effectifs de limicoles. Au niveau statistique, comme il est impossible de calculer

une moyenne à l'année (voir même au mois) des niveaux d'eau, il est difficile de pouvoir comparer les niveaux d'eau et les effectifs entre eux pour essayer de d'observer une corrélation.

Il est tout aussi difficile de comparer deux à deux les dates entre elles par rapport aux niveaux d'eau du bassin intermédiaire. Le suivi, tel que l'échantillonnage est réalisé, ne permet pas de distinguer à partir des données brutes à disposition le nombre d'individus observés dans le bassin de ceux observés dans l'étang.

De plus, le temps de stationnement des limicoles sur les vasières peut être lié à leur qualité nourricière pour les oiseaux. Autrement dit, les oiseaux qui pourraient être attirés par de grandes surfaces de vasières ne vont pas forcément y stationner longtemps (si les vasières s'avèrent peu riches en ressources alimentaires), ce qui peut induire des différences de comptage au cours du temps (évolution naturelle de l'habitat « vasières »). Pour évaluer le facteur « attractivité des vasières », il faudrait par conséquent réaliser une analyse régulière de la qualité de l'eau pour le développement de la flore et la faune disponible, au niveau des vasières et roselières, pour le cycle de vie des limicoles.

2) Enjeu de création de nouvelles aires protégées

Les espèces d'intérêt « SCAP » (pour lesquelles la RNNSQY et d'autres étangs du réseau des étangs et rigoles ont un rôle à jouer pour leur conservation à l'échelle régionale) observent-elles les mêmes courbes de tendance pour chacun des sites ? Ces sites, une fois associés, cumulent ils significativement assez d'effectifs proportionnellement au reste de l'Île de France, pour valider le projet de création d'une ou plusieurs nouvelles aires protégées (projet SCAP) ?

a. Tendance d'évolution des populations des espèces d'intérêt

Pour cette problématique, pour chacune des espèces ayant des tendances significatives, il faut noter que les effectifs sont importants pour toutes les espèces. Que ce soit des tendances à la baisse ou à la hausse, il faudrait comparer ces résultats avec les autres sites concernés par l'enjeu SCAP et connaître les proportions de présence.

Pour les deux espèces dont les tendances sont non significatives à la hausse ou à la baisse, il faut noter plusieurs points. Pour le Grèbe à cou noir il suffirait très sûrement de quelques points de mesures en plus (sans trop de fluctuations) pour qu'il soit significatif. Pour le Blongios nain par contre, il faut reconnaître que l'effort d'observation a été probablement plus important avant 2007 (autres observateurs qu'actuellement) et que cette espèce a comme particularité d'être difficile à observer de par son mode de vie.

b. Tendance d'évolution des effectifs de reproduction

Dans cette question, seul le Fuligule milouin et le Blongios nain sont considérés comme non significatif dans l'étude, à cause de leurs faibles (voir très faibles) effectifs et des valeurs nulles (non reproduction ou non observation ?). Il faudrait rechercher l'influence de la gestion des milieux (dont la restauration des roselières par arrachage des ligneux – objet de plusieurs contrats Natura 2000 réalisés et à venir) ou de l'observation (les individus se sont peut-être déplacés vers d'autres sites de nidification, plus difficiles à localiser pour l'équipe gestionnaire).

Toutes les autres espèces sont à l'augmentation. Cependant, il faut noter qu'en dehors des deux espèces de mouettes (rieuse et mélanocéphale), le nombre de couvées/nombre de couples observés sont faibles. Pour ces deux espèces avec des effectifs importants, il faut prendre en compte que la Mouette rieuse est considérée comme une espèce ubiquiste*, ce qui lui permet de s'installer facilement quel que soit le site. Les colonies déjà préinstallées de Mouette rieuse influence les nouveaux arrivants dont les Mouettes mélanocéphales.

Concernant la Bernache du Canada, c'est une espèce ne connaissant pas de prédateurs naturels (par conséquent dans une dynamique de croissance rapide de ses populations et donc considérée comme invasive) qui est régulée sur le site. Ainsi, les œufs sont stérilisés par secouage et des tirs sont effectués sur les adultes dans le respect des réglementations en vigueur. Il est intéressant / important pour la réserve de connaître l'évolution de cette espèce par rapport aux enjeux socio-écologique qu'elle suscite.

3) Perspectives globales, approche critique et conclusion

a. Autres problématiques

D'autres questions se sont posées et ont été travaillées au cours de cette étude (cf. *Annexe n°3b*). Elles concernent à la fois les effectifs d'espèces à problèmes internes à la réserve (espèces invasives ou causant des problèmes avec les différents acteurs locaux). Mais également une question concernant plus particulièrement les effectifs à l'hivernage avec deux études : l'une interne à la réserve (deux espèces d'intérêt pour différents enjeux) ; l'autre en comparaison avec des données de région, le Wetlands International (WI : un comptage européen réalisé sur un seul week-end en janvier).

En ce qui concerne les espèces à problèmes (cf. *Graphique n°38 à 40*), le Grand cormoran est pointé en tant que consommateur trop important pour la concentration en poissons de l'étang, il sera peut-être à terme régulé comme la Bernache du Canada.

A l'échelle locale, le coordinateur régional Pierre Le Maréchal travaille sur une synthèse / bilan des données du comptage Wetlands à l'échelle de l'Île-de-France et les premiers résultats (encore non officiels) semblent montrer qu'il y a peut-être un phénomène de basculement chez les populations d'anatidés observés à Saint-Quentin-en-Yvelines, c'est-à-dire que l'étang de SQY a été pendant longtemps un des sites où certaines espèces (canard souchet, et sarcelle d'hiver principalement) étaient observées en grande quantité (les autres sites proches notamment dans le département du 91 restaient faibles). Puis petit à petit ces espèces ont vu leurs effectifs diminuer à l'étang de SQY et augmenter sur d'autres notamment dans le 91 (dans les mêmes proportions inverses). Les individus sont partis de l'étang vers les autres sites. L'équipe suppose que si les autres sites venaient à se dégrader, alors les espèces retourneraient vraisemblablement vers le site (*Deceuninck et al., 2016*).

b. Etudes non réalisées sur le baguage et le suivi par écoute

En ce qui concerne les questions de recherches qui n'ont pas été réalisées (sur le baguage et sur l'écoute) (cf. *Annexe n°2*), l'étude des données brutes a tout de même été travaillée. Les données de baguage nécessitent des analyses particulières bien plus complexes que réalisées dans ce rapport. Après diverses recherches sur le sujet et un contact avec un chercheur du CRBPO, Pierre-Yves Henry, il a été démontré qu'il faut d'abord réaliser un travail préparatoire avec le bagueur principal du site sur le jeu de données ainsi

qu'une analyse statistique utilisant des modèles de prédiction. Les données d'écoute possèdent des effectifs très faibles et presque seulement qualitatif (présence/absence). Il est difficile de réaliser des analyses poussées avec ce genre de données.

c. Statistiques sur les tendances d'évolution

De façon générale, il faut tout de même remarquer que dans la majorité des graphiques entre la période à 16 ans et celle à 30 ans, les 16 dernières années montrent de bien plus faibles effectifs cumulés que sur les années avant 2000.

Par rapport aux tendances d'évolution, un autre type d'analyse aurait pu être utilisée : le modèle glm (general linear model) (=modèle linéaire généralisé). C'est une méthode statistique qui utilise un script issu du logiciel R, pour suivre un modèle de prédiction de la tendance. Il permet de produire une analyse plus complète des données et de pouvoir surtout les utiliser sous forme brutes (décadaires). Cette analyse va décomposer les données en signaux périodiques, cycliques et stochastiques (bruit) et de les analyser chacun ensemble. Cependant cette méthode utilise différents test statistiques complexes et difficilement interprétables par le plus grand nombre. Il existe également un logiciel permettant de faire des analyses de tendance, le logiciel TRIM. Mais la méthode statistique utilisée par le logiciel ne m'a pas paru la plus simple.

d. Conclusion des perspectives

En conclusion, l'équipe souhaiterait à terme pouvoir réaliser un système automatisé permettant d'obtenir les résultats en temps réel de l'évolution des populations d'oiseaux. Sans aller jusque-là, il faudrait réaliser une étude statistique complète qui pourrait prendre le temps d'un doctorat. Pour étudier de la façon la plus complète possible un tel sujet, il faudrait bénéficier d'une formation plus complète aux statistiques « appliquées ». Il est essentiel de connaître le contexte du sujet (actions sur le terrain et apprentissage de la gestion d'un site naturel) en détails pour pouvoir mener à bien une telle étude. Il manque seulement de la communication entre les différents acteurs régionaux pour le partage des données et connaissances sur le sujet (méthodes utilisées et bilans des recherches).

Références bibliographiques

Anglade-Garnier J., et al., 2015 (soumis au CSRPN et au CNPN en 2016). – Plan de gestion 2015-2019 de la Réserve Naturelle de Saint-Quentin-en-Yvelines.

ARNAL Gérard et ANGLADE-GARNIER Joanne, 2015. *Flore et végétation de l'étang de Saint-Quentin-en-Yvelines et de ses abords, Les plantes sauvages d'une zone humide francilienne héritée de Louis XIV, devenue urbaine.* 780 p.

BOTTIN Anne, MOREAU Sylvain, Octobre 2011. La situation s'améliore pour une majorité d'oiseaux bénéficiant de mesures de protection, à la différence des espèces communes - Commissariat

général au développement durable - Service de l'observation et des statistiques. *Le point sur.* N° 100, 4 pages.

DECEUNINCK B., QUAINTEENNE G., WARD A., DRONNEAU C., et al., 2016. Synthèse des dénombrements d'Anatidés et de foulques hivernant en France à la mi-janvier 2015. *Rapport Wetlands International, LPO.* 47 pages.

DEVICTOR V., JULLIARD R., COUVET D., et al., 2008. Birds are tracking climate warming, but not fast enough. *The Royal Society.* N°275, p2743–2748. DOI : 10.1098/rspb.2008.0878

FOUQUE C., XIMENES M-C., BARNAUD G., et al., 2006. Les zones humides françaises : évolutions récentes. Deuxième partie : les espèces envahissantes. *Faune sauvage*. N°272, p4-12.

JIGUET F., 2008. Suivi Temporel des Oiseaux Communs, 20 ans de programme STOC ! Bilan pour la France en 2008. *Rapport CRBPO, MNHN*. 11 pages.

KEDDY Paul A., FRASER Lauchlan H., SOLOMESHCH Ayzik I. et al., 2009. Wet and Wonderful: The World's Largest Wetlands Are Conservation Priorities. *BioScience*. Vol. 59, N°1, p39-51. DOI : 10.1525/bio.2009.59.1.8

LÉVÊQUE Antoine, MOREAU Sylvain, Décembre 2015. Les communes abritant des espaces naturels protégés - Commissariat général au développement durable - Service de l'observation et des statistiques. *Chiffres et statistiques*. N° 706, 11 pages.

MOUSSUS J-P., JIGUET F., CLAVEL J., et al., 2009. A method to estimate phenological variation using data from large-scale abundance monitoring programmes. *British Trust for Ornithology, Bird Study*. N°56, p.198-212.

PARACUELLOS Mariano., 2008. Effects of long-term habitat fragmentation on a wetland bird community. *Revue Ecology. (Terre Vie)*. N°38, 12 pages.

SANCHEZ E., GAUTHIER-CLERC M., VANDEWALLE P., janvier 2009. Un compteur averti en vaut deux, Se fier aux comptages pour établir des stratégies conservatoires ?. *Espaces naturels – EtudesRecherches*. N°25, p24-25.

SVENSSON L., MULLARNEY K., ZETTERSTROM D., 2014. *Le Guide ornitho*, Guide DELACHAUX, Delachaux et Niestlé, 448 pages.

UICN France, MNHN, LPO, SEOF & ONCFS (2011). La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Oiseaux de France métropolitaine. *Rapport UICN*. 28 pages.

VEIGA Jésus, MOURGUIART Philippe, 2^{ème} trimestre 2013. Gestion des mares de chasse et des prairies contiguës : intérêts pour l'avifaune. Étude dans les marais du Nord-Médoc - Connaissance & gestion des habitats. *Faune Sauvage*. N° 299, p30-36.

VIÉ Jean-Christophe, HILTON-TAYLOR Craig, STUART Simon N. et al., 2008. An analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species. Rapport UICN. *Wildlife in a changing world*. 182 pages.

ZHIJUN Ma, YINTING Cai, BO Li et al., 2010. Managing Wetland Habitats for Waterbirds: An International Perspective. *Wetlands*. N°30, p15–27. DOI 10.1007/s13157-009-0001-6

Webographie :

CONSERVATION NATURE – INFORMATIONS SUR LA BIODIVERSITÉ. *Bilan : Etat des populations d'oiseaux dans le monde*. [En ligne] Disponible sur : <http://www.conserva-tion-nature.fr> [consulté le 27 avril 2016]

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DE L'ÉNERGIE ET DE LA MER. *Eau et biodiversité : Les réserves naturelles nationales* [En ligne] Disponible sur : <http://www.developpement-durable.gouv.fr> [consulté le 26 juillet 2016]

RÉSERVES NATURELLES DE FRANCE. *Les réserves naturelles nationales*. [En ligne] Disponible sur : <http://www.reserves-naturelles.org> [consulté le 27 juillet 2016]

SMAGER. *Syndicat Mixte d'aménagement des étangs et des rigoles*. [En ligne] Disponible sur : <http://smager.fr> [consulté le 19 avril 2016]

LE CRBPO. *Centre de Recherches sur la Biologie des Populations d'Oiseaux*. [En ligne] Disponible sur : <http://crbpo.mnhn.fr> [consulté le 24 mai 2016]

- Loi relative à la démocratie de proximité du 27 février 2002 et décret d'application n° 2005-491 du 18 mai 2005

- Articles L332-1 et suivants et R332-1 à R332-29 du code de l'environnement

- Circulaire ministérielle du 13 mars 2006 relative à la mise en œuvre du décret n°2005-491 du 18 mai 2005 relatif aux réserves naturelles

- Ordonnance n° 2012-9 du 5 janvier 2012 relative aux réserves naturelles

- Circulaire du 30 septembre 2010 relative aux procédures de classement et de gestion des réserves naturelles nationales

Notes / Définitions

Anatidés :

Cette famille comprend les oies, cygnes, canards (de surface et plongeurs), fuligules, sarcelles, les Bernaches... etc. Ce sont des oiseaux aquatiques qui vivent en eau libre et en roselière. Ils sont étudiés principalement pour leurs chiffres d'hivernage et de reproduction.

Cariçaies :

Ce sont toutes les espèces communément appelées carex ou laïches, souvent présentes en milieux humides. Ce sont des plantes pionnières des zones humides qui ont une grande tolérance vis-à-vis des variations de l'intensité lumineuse par exemple.

Directive « Oiseaux » :

La Directive 2009/147/CE (appelée plus généralement Directive Oiseaux) du 30 novembre 2009 est une mesure prise par l'Union européenne afin de promouvoir la protection et la gestion des populations d'espèces d'oiseaux sauvages du territoire européen. Cette protection s'applique aussi bien aux oiseaux eux-mêmes qu'à leurs nids, leurs œufs et leurs habitats. Par la mise en place de **Zones de Protection Spéciale (ZPS)** sur les territoires les plus appropriés en nombre et en superficie afin d'assurer un bon état de conservation des espèces d'oiseaux menacées, vulnérables ou rares. Ce sont des zones jugées particulièrement importantes pour la conservation des oiseaux au sein de l'Union, que ce soit pour leur reproduction, leur alimentation ou simplement leur migration.

Espèces généralistes VS espèces spécialistes :

Certaines espèces sont inféodés à des milieux définis (espèces spécialistes), d'autres se déplacent et possèdent différents habitats selon la phase de leurs cycles de vie dans laquelle ils se trouvent (migration, hivernage, reproduction, nidification...) (espèces généralistes). Souvent associé au terme d'**espèce ubiquiste** : espèce susceptible d'être observées dans de très nombreux habitats.

Espèces hélophytes :

Toutes les plantes dont les racines vivent toujours dans l'eau tandis que la tige et l'inflorescence sont aériennes. Ce sont des plantes typiques des ceintures végétales des zones humides / des écotones (transition entre deux écosystèmes).

Eutrophisation :

C'est le processus pendant lequel des nutriments s'accumulent par excès dans un milieu et peuvent à terme asphyxier la flore et la faune présente.

Exondation :

Quand l'eau se retire et laisse apparaître la terre ou les vasières (zone aquatique).

Limicoles :

Groupe d'espèces emblématique de la création de la Réserve Naturelle, ce sont toutes les espèces de type petit échassier qui vivent dans les vasières (habitat et consommation des petits invertébrés vivant dans la vase). Les **Ardéidés** sont une sous partie des Limicoles, ils

représentent toutes les espèces d'échassiers de moyenne à grande taille. En Ile-de-France, les zones humides (escales migratoires pour les limicoles) deviennent de plus en plus rares.

Mégaphorbiaies :

Ce sont toutes les plantes de grandes tailles (> 1,5m) présentes en zone de transition entre la zone humide et la forêt. Cette végétation inféodée aux zones humides joue un rôle écologique important comme « tampon » entre la zone aquatique et la zone terrestre.

Natura 2000 :

Le réseau Natura 2000 rassemble des sites naturels ou semi-naturels de l'Union Européenne ayant une grande valeur patrimoniale, par la faune et la flore exceptionnelle qu'ils contiennent. La constitution du réseau Natura 2000 a pour objectif de maintenir la diversité biologique des milieux, tout en tenant compte des exigences économiques, sociales, culturelles et régionales dans une logique de développement durable, et sachant que la conservation d'aires protégées et de la biodiversité présente également un intérêt économique à long terme.

Oiseaux « communs » :

Les oiseaux dits « communs » sont tous les oiseaux facilement identifiables « de nos jardins ». La plupart sont des passereaux et donc des oiseaux terrestres. La problématique du milieu terrestre est qu'il est en perpétuel mouvement et qu'il ne possède pas de facteur simple pour gérer les espèces terrestres comme les niveaux d'eau sur le milieu aquatique.

Oiseaux hivernants :

Les oiseaux hivernants sont des oiseaux de passage qui après migration vers un site plus clément vont s'installer sur un site donné pour passer l'hiver dans de meilleures conditions. C'est le cas d'un certain nombre d'Anatidés.

Oiseaux migrants :

Les oiseaux migrants migrent quand les jours sont plus courts (température qui baisse et raréfaction de la nourriture) vers les pays plus chaud. Cette migration est une manière de trouver de meilleures conditions de vie (climat, habitat, nourriture) mais également maximiser leurs chances de reproduction.

Oiseaux nicheurs :

Les oiseaux nicheurs sont tous les oiseaux qui bâtissent leur nid pour s'y reproduire. Chaque groupe d'espèce a son habitat de préférence pour installer son nid (arbres, prairie, roselière..). Grâce à cela, ils sont de bons indicateurs de qualité de la biodiversité des milieux.

Paludicoles :

Les Paludicoles sont des oiseaux qui vivent dans les marais. Ils sont principalement représentés par des passereaux. Ceux sont des espèces exigeantes sur leur habitat principal : les roselières. La gestion des phases d'inondations et d'exondations des vasières est donc primordiale.

Passereaux ou Passériformes :

Les passereaux sont les volatiles sont le plus grand ordre de la classe des oiseaux : plus de la moitié des espèces d'oiseaux fait partie de ce groupe. Ils sont souvent qualifiés d'oiseaux chanteurs (autrefois aussi appelés oiseaux percheurs). Du fait de leurs grands nombres présents dans de grandes surfaces de répartition, ils permettent d'étudier la biodiversité de nombreux habitats.

Phytosociologie :

La phytosociologie est la branche de l'écologie qui décrit la structure des **phytocénoses** ensemble d'être vivants coexistant dans un espace défini, ainsi que leur richesse spécifique, ici les plantes. Elle analyse des groupements végétaux à partir desquels vont être définies des associations végétales (**alliances phytosociologiques**) ainsi que l'étude de l'évolution dans le temps des communautés végétales (successions écologiques). C'est donc l'étude des communautés végétales et leurs relations avec le milieu.

Reconstitution / Restauration :

La reconstitution d'un site peut être interprétée comme la construction totalement artificielle d'un site jusqu'à ce qu'il ait l'apparence du naturel. La restauration essaye par la gestion de garder et préserver les espaces naturels patrimoniaux en gardant l'aspect naturel du site.

Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) :

C'est un outil de planification visant la gestion équilibrée et durable de la ressource en eau (Loi sur l'eau de 1992).

Schéma de Création des Aires Protégées (SCAP) :

La stratégie nationale de création des aires protégées (SCAP) a pour objectif la mise sous protection forte, d'ici 10 ans, de 2% du territoire terrestre français métropolitain. Le terme de « protection forte » se définit par les outils réglementaires suivants : réserves naturelles nationales (RNN) ou régionales (RNR) et autres espaces naturels. Le Muséum National d'Histoire Naturelle a ainsi défini que la région Ile-de-France possède une responsabilité patrimoniale forte pour 65 espèces et 46 habitats SCAP.

Syndicat Mixte d'Aménagement et de Gestion des Etangs et Rigoles (SMAGER) :

C'est un organisme public qui regroupe dans le département des Yvelines, neuf communes. Ce syndicat gère un réseau de rigoles et d'étangs, de l'étang de la Tour à Rambouillet à l'étang de St Quentin en Yvelines à Trappes, qui appartenait autrefois au système d'approvisionnement des jeux d'eau du parc du Château de Versailles.

Zone Naturelle D'intérêt Ecologique Floristique et Faunistique (ZNIEFF) :

C'est un espace naturel inventorié en raison de son caractère remarquable. Elles ont pour objectifs d'identifier et de décrire des secteurs du territoire particulièrement intéressants sur le plan écologique, participant au maintien des grands équilibres naturels ou constituant le milieu de vie d'espèces animales et végétales rares.

Annexes

Annexe n°1 : Carte représentant les couloirs de migration des oiseaux

Annexe n°2 : Autres comptages / suivis ornithologiques

→ **n°2a** : Protocole de suivis des populations par baguage et problématiques associées

→ **n°2b** : Protocole de suivis des populations par écoute et problématiques associées

Annexe n°3 : Analyse décadaires complète

→ **n°3a** : Graphiques non présentés dans les résultats

→ **n°3b** : Questions supplémentaires posées sur le comptage décadaire et graphiques associés

Annexe n°4 : Arborescence explicative du statut des espèces

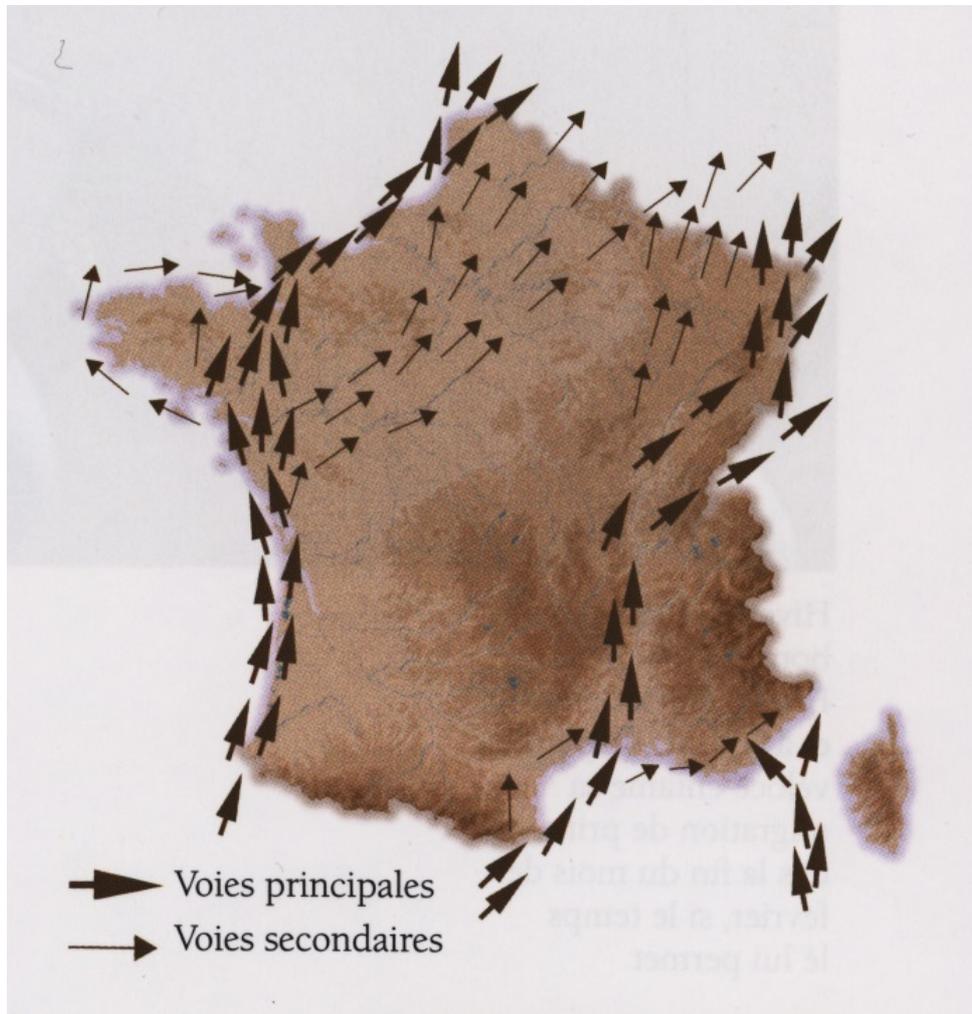
Annexe n°5 : Scripts R associés à la méthode

Annexe n°6 : Tableau récapitulatif des niveaux d'eau de l'étang

Annexe n°7 : Tableau de bord des actions réalisées au cours du stage

Annexe n°1 :

Carte représentant les couloirs de migrations des oiseaux



La Réserve Naturelle de Saint-Quentin-en-Yvelines se situe sur un couloir secondaire de migration.

Annexe n°2 :

Autres comptages / suivis ornithologiques

Annexe n°2a : Protocole de suivis des populations par baguage et problématiques associées

- Protocole de suivis des populations par baguage

En ornithologie, de nombreuses recherches sont effectuées à partir d'observations et de comptages. Cependant, ces techniques ne permettent pas de suivre individuellement les oiseaux, ce qui est fondamental pour connaître notamment longévités et déplacements. Le baguage reste à ce jour la technique la plus éprouvée pour assurer ce suivi individuel sur un grand nombre d'individus.

En France, le baguage existe depuis 1911. Depuis, plus de 6 300 000 oiseaux ont été bagués. Le flux annuel est de l'ordre de 100 000 nouvelles données de baguage, 5 000 données de reprise (oiseaux bagués trouvés morts) et de plusieurs dizaines de milliers de contrôles (oiseaux recapturés et relâchés porteurs de leur bague). Le baguage a été et continue d'être le meilleur outil pour déterminer les voies de migration et les zones d'hivernage et de nidification des oiseaux.

Pour étudier les populations d'oiseaux communs, le CRBPO a initié le programme STOC-capture (Suivi temporel des Oiseaux Communs – volet capture). Il consiste en plus de 180 stations de baguage réparties sur tout le territoire français dans lesquelles des opérations de marquage sont répétées tous les ans pendant la période de reproduction. Les données collectées ont permis par exemple de montrer que les espèces sédentaires ajustaient bien mieux leur reproduction aux anomalies météorologiques que les espèces migratrices.

Le « suivi par baguage », ou « protocole STOC-Capture » du CRBPO, est une opération de capture temporaire à l'aide de filets (2 X 5 filets de 12 m disposés sur deux diagonales en croix sur le carré / site d'étude qui a une superficie d'1 ha, soit 120 m/ha de capture possible), avec pose d'une bague métal unique (système d'identification de l'oiseau dans le temps) puis relâche de l'individu (*Plan de gestion 2015-2019*).

Pour ce type d'opération, une structure est associée : le CRBPO (qui valide et centralise toutes les données de baguage pour la France, pour intégration et analyse des données dans le cadre des actions autorisées et validées dans le Programme National de Recherches sur les Oiseaux par le baguage (PNRO)). Sur le site de la réserve naturelle de Saint-Quentin-en-Yvelines, cette activité a connu son essor et s'est structurée dès 2001. A partir de 2007 et jusqu'en 2015, le baguage sur la réserve se décline en deux opérations distinctes aujourd'hui qualifiées comme suit :

- STOC-Roselières, visant notamment l'étude de la reproduction des passereaux paludicoles (bague en roselière)
- PHENO, visant notamment l'étude de la migration des oiseaux (passereaux en particulier ; baguage en milieux terrestres et roselières)

- Problématiques de ce type de comptage pour la RNSQY

De façon général, lors du baguage il est possible de pouvoir s'intéresser précisément à l'aspect qualitatif en cherchant quelles sont les espèces, au sein des passereaux / petits oiseaux chanteurs, les plus capturées mais aussi à l'aspect quantitatif en regardant les tendances du nombre d'espèces nicheuses par an.

Le baguage comprend à la fois un **volet migration** : (choix espèces selon qualité des données et effectifs des espèces : groupe d'espèces des Fauvettes)

- 1) Pour le protocole STOC PHENO terrestre réalisé sur la grande butte sur le site de la réserve naturelle, la problématique est de suivre le rythme biologique en particulier la migration. Pour la Réserve, l'intérêt d'une étude sur ce sujet est de montrer s'il y a un décalage des dates de

migration au fil des années, et si oui pour quelles raisons ? (raison interne à la Réserve comme la gestion ou externe comme les conditions climatiques...)

L'équipe voudrait également mettre en place le protocole STOC Séjour où les filets de capture vont être placés plusieurs jours de suite, l'intérêt d'une telle méthode est de montrer combien de temps un individu donné va stationner sur un site (ratio entre nombre de jours de capture et nombre de jours de pose de filets).

et un **volet reproduction** :

1) Pour la méthode du STOC roselière (correspond au STOC Capture du plan de gestion 2002-2006), une espèce d'oiseau de roselière en particulier a été retenue : Rousserolle effarvatte, car ses effectifs bruts sont assez importants pour pouvoir être utilisés en étude statistique mais paraissent en déclin. Plusieurs recherches sont possibles :

- densité de couple / hectare en lien avec la taille et position des filets de capture
- âge ratio (nombre de jeune / nombre d'adulte) en lien avec la productivité
- taux de reproduction ou indice de productivité (ratio du nombre de jeune / capture)
- taux de capture d'oiseaux « nouveau » venant de l'extérieur

Pour les autres espèces, l'intérêt se porte principalement sur le nombre d'espèces présentes sur le site pour définir la diversité et la richesse en espèces. Dans cette thématique de baguage, l'intérêt se porte essentiellement sur l'évolution des effectifs sur le site de la Réserve pour évaluer l'évolution des différents milieux (milieux qui se ferment par exemple) et les opérations de gestion de la Réserve (réouverture ou entretien de milieux ouverts) ; mais aussi sur la stabilité du site en comparant les données aux autres sites.

- Méthode possible et perspectives

Après un entretien avec un chercheur du CRBPO, Pierre-Yves Henry, l'analyse des données de la réserve aurait eu besoin d'un formatage supplémentaire pour pouvoir être étudiées. Ce chercheur m'a conseillé pour travailler nos données de baguage d'assister aux stages d'analyses de données proposés par le CRBPO et le MNHN (1 semaine par niveau proposé et par an, début d'année en général). Ces stages portent sur la gestion de données : tri, filtre, synthèses et représentations graphiques automatisées à l'aide de tableaux croisés dynamiques, et transformations de données à l'aide de fonctions. L'objectif est de fournir des outils permettant de vérifier les données, produire des bilans chiffrés, et préparer les données pour des analyses statistiques. Puis ils portent réellement sur l'analyse statistique des données : méthodes de test de différence de proportions entre des échantillons (âge-ratio, taux de retour), de test de différence de moyenne (biométrie, indice de condition corporelle, indice de mue, indice de productivité entre sites), et d'analyse de relations entre variables par régression linéaire (relation masse - longueur d'aile, masse - date). Le but du dernier stage est de donner une introduction approfondie et pratique aux bagueurs aux analyses statistiques de données de Capture-Marquage-Recapture, c'est-à-dire l'analyse des données de « Capture / Non-capture » d'individus au cours du temps.

Ces stages utilisent à la fois les logiciels Excel, R et MARK (spécifique au baguage).

Une partie des scripts R était disponible sur le site du CRBPO, mais sans les cours associés, l'interprétation du script en lui-même était déjà difficile, alors l'interprétation des résultats ne pouvait pas être accessible au plus grand nombre.

Annexe n°2b : Protocole de suivis des populations par écoute et problématiques associées

- Protocole de suivis des populations par baguage

Le « suivi STOC-EPS » (Suivi Temporel des Oiseaux Communs – Echantillonnage Ponctuel Simple) c'est-à-dire le suivi de certaines espèces d'oiseaux (notamment les passereaux) par

identification par le chant des individus pendant la période de reproduction. L'observation visuelle est également une donnée prise en compte.

Cette opération est réalisée sur la réserve naturelle depuis 2002 (avec 10 points d'écoute de 5 minutes et deux passages annuels prévus deux semaines - entre le 1er avril et le 8 mai pour le premier passage et entre le 9 mai et 15 juin pour le deuxième). L'intervalle entre les 2 passages doit être de 4 semaines minimum. Depuis 2014, un passage précoce, à la mi-mars a été testé. En effet, les changements climatiques influencent la phénologie des espèces (avancement de la reproduction, déplacement d'aire de répartition, etc...) (Devictor et al., 2008). Certaines espèces comme les Turdidés, étaient donc moins contactées lors du premier passage. Cela se traduisait par une diminution de leur effectif au cours du temps (Jiguet et al., 2009). La réalisation d'un passage précoce doit donc permettre d'identifier si les tendances négatives observées sont liées à un biais d'échantillonnage ou non.

Depuis 2014 également, 10 autres points d'écoute ont été définis sur le territoire de l'île de loisirs. Pour cette opération, deux structures sont associées : RNF (via le coordinateur des données STOC-EPS réalisées dans les réserves naturelles) et le CRBPO (qui reçoit les données STOC-EPS du même coordinateur RNF pour les intégrer aux données du programme national) (Plan de gestion 2015-2019).

Chaque relevé commence vers 6 ou 7 heures du matin pour terminer avant 10 heures. La date, l'heure et l'intervalle entre les 3 passages doivent être similaires d'une année sur l'autre. Des conditions météorologiques favorables sont à privilégier. L'habitat de chaque point doit être identifié selon la nomenclature STOC.

La distance des contacts est également notée selon 3 catégories : moins de 25 mètres, entre 25 et 100 mètres et plus de 100 mètres. Les oiseaux en transit sont également comptabilisés. Par transit, nous entendons tous les oiseaux de passage. Les alouettes chantant en vol ou les rapaces en action de chasses doivent être comptabilisés dans la catégorie de distance correspondante. Si la distance des contacts n'est pas précisée, il faut néanmoins prendre en compte les individus en transit à part.

Les indicateurs retenus sont le nombre moyen d'espèces contactées par point recensé (indicateur de diversité), le nombre moyen d'oiseaux comptés par point recensé (indicateur d'abondance), puis les valeurs obtenues par les espèces caractéristiques des 4 grands milieux (urbain, ouvert, forestier et humide) (Leducq, 2012).

- Problématiques de ce type de comptage

Le travail sur les données d'écoute se concentre sur la catégorie des petits oiseaux / passereaux et concerne les oiseaux communs faciles à identifier. Selon le protocole du MNHN, il est possible à partir des données de réaliser une analyse espèce par espèce pour évaluer l'évolution des effectifs mais également par groupe d'espèce : milieu agricole, milieu forestier, milieu ouvert, milieu bâti. Ces groupes d'espèces ont été défini par le protocole de collecte des données, les critères de sélection sont liés au statut écologique de l'espèce (migrateur, nicheur, hivernant), à l'habitat dans lequel elle vit et sa capacité d'adaptation (espèce généraliste ou spécialiste). Dans notre cas, l'étude peut se concentrer sur :

1) Le milieu ouvert car il existe une évolution naturelle de la Réserve Naturelle et de sa gestion, vers la fermeture des milieux. Certaines espèces ne sont plus contactées aujourd'hui par rapport aux premiers comptages. 11 espèces sont retenues pour être étudiées sur cet enjeu : Alouette des champs, Bouvreuil pivoine, Chardonneret élégant, Cochevis huppé, Linotte mélodieuse, Moineau domestique, Moineau friquet, Pie-grièche écorcheur, Tarier pâtre, Traquet motteux, Verdier d'Europe ; pour essayer de montrer, à travers la dynamique de leurs effectifs, le lien avec la gestion passée, actuelle et future du milieu.

- Etudier la variation de la richesse spécifique au niveau des points EPS de milieux ouvert

- Y a-t-il un lien entre la fermeture des milieux et la reproduction de ces espèces pour leurs nichées ? Pour cet aspect de reproduction, 4 espèces de Fauvettes (à tête noire, babillarde, des jardins, grisette) sont ajoutées à l'analyse.

2) Le milieu forestier car sur la Réserve, les surfaces de bois n'ont pas évoluées et il n'y a aucune gestion. 3 espèces sont retenues dans l'étude (Grimpereau des jardins, Pic épeiche, Sittelle d'Europe) car les effectifs sont importants et ce sont des espèces typiques du milieu forestier. La principale approche est réalisée sur les tendances d'évolution des populations et la concentration en individus.

Pour ces deux groupes d'espèces associées à des milieux, il est intéressant de travailler sur les indices d'abondance pour regarder les tendances et également pouvoir comparer avec les données du MNHN.

Il faut noter que sur la période 2000-2015, ce sont les mêmes points d'écoute dans le protocole du STOC EPS sauf 1 point : le point n°5. De 2002 à 2012, il se situait au milieu de la digue entre Bassin Intermédiaire et étang, mais le point est devenu mal placé : trop de dérangement sur les oiseaux nicheurs présents ainsi qu'un problème de nuisance sonore quand les oiseaux dérangés étaient en vol. Le nouveau point décalé par rapport à l'ancien se situe dans un milieu assez proche par rapport à l'ancien.

- Y a-t-il des changements significatifs sur les espèces contactées et les effectifs comptés depuis ce changement ?

Dans tous les cas pour l'écoute, il faut rechercher si le nombre d'espèces par points d'écoute a évolué et donc s'il y a des éléments qui peuvent l'expliquer.

- Méthodes d'analyses possibles et perspectives

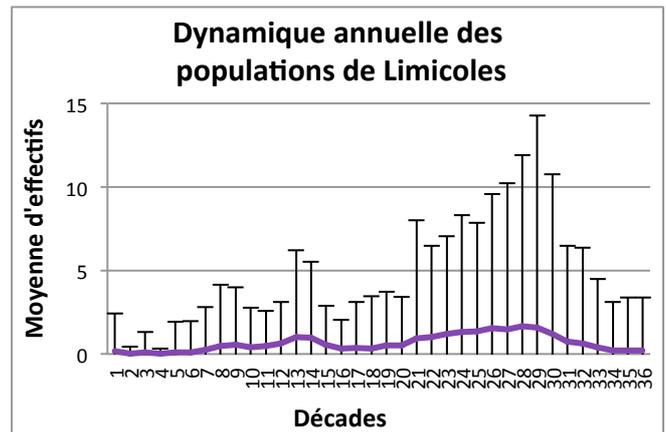
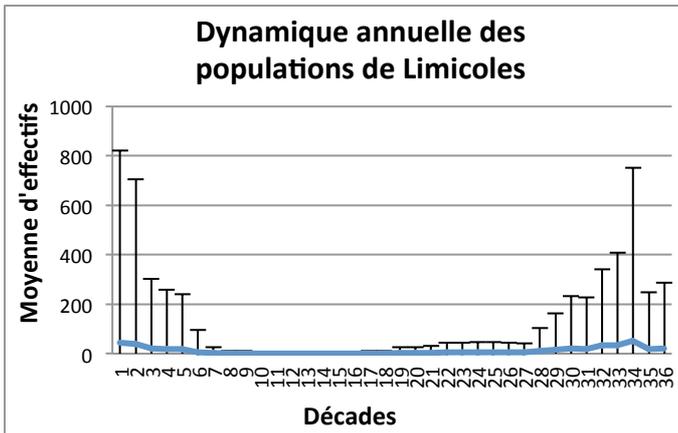
Le problème des données issues du protocole de suivis par écoute est qu'il est essentiellement composé de petits effectifs. Il s'intéresse surtout à l'aspect qualitatif « Présence / Absence des données », qui est un autre type d'analyse de données. Un logiciel permet ce genre d'analyse : le logiciel TRIM. Cependant, il est difficile de connaître exactement la méthode statistique utilisée par ce logiciel, ce qui ne permet pas de pouvoir interpréter facilement les résultats (*Document de travail de Cora Faune Sauvage, Suivi temporel des Oiseaux Communs en Rhône-Alpes, analyse des carrés STOCEPS et du STOC-sites en roselières*).

Annexe n°3 : Analyse décadaires complète

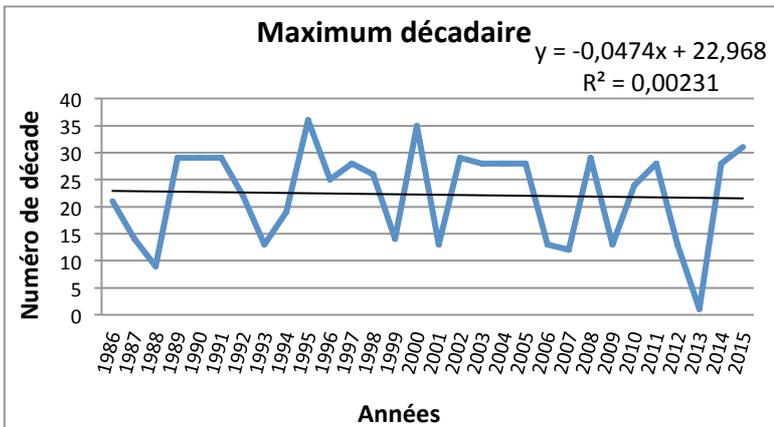
Annexe n°3a : Graphiques non présentés dans les résultats

→ Questions 1a : Graphiques à 30 ans

Graphiques n°25 et 26 : Dynamique annuelle des populations de Limicoles, toutes années confondues avec (courbe bleue) et sans Pluvier doré et Vanneau huppé (courbe violette) sur 30 ans



Graphique n°27 : Périodogramme des maximums décadaires sur 30 ans



→ Question 1b : *Tableau n°3: Fréquence d'observation des espèces sur les deux périodes (16 et 30 ans) et les statuts de fréquence ornithologiques correspondant pour chaque espèce*

Espèces	Fréquence d'observation sur 16 ans	Statut de fréquence de contact	Fréquence d'observation sur 30 ans	Statut de fréquence de contact
Bécasseau variable	16/16	R	29/30	R
Bécassine des marais	16/16	R	30/30	R
Chevalier aboyeur	16/16	R	29/30	R
Chevalier culblanc	16/16	R	28/30	R
Chevalier gambette	16/16	R	29/30	R
Chevalier guignette	16/16	R	30/30	R
Chevalier sylvain	16/16	R	29/30	R
Combattant varié	16/16	R	29/30	R
Grand gravelot	16/16	R	29/30	R
Petit Gravelot	16/16	R	29/30	R
Vanneau huppé	16/16	R	30/30	R
Avocette élégante	14/16	R	28/30	R
Pluvier doré	14/16	R	22/30	IR
Barge à queue noire	13/16	R	27/30	R
Bécasseau cocorli	10/16	IR	18/30	IR
Bécasseau minute	10/16	IR	21/30	IR
Courlis cendré	10/16	IR	22/30	R
Bécasseau maubèche	9/16	IR	17/30	IR
Chevalier arlequin	7/16	IR	19/30	IR
Pluvier argenté	7/16	IR	19/30	IR
Barge rousse	6/16	O	13/30	IR
Courlis corlieu	5/16	O	8/30	O
Bécasseau sanderling	4/16	O	10/30	O
Tournepierre à collier	4/16	O	5/30	O
Bécasseau de Temminck	3/16	O	4/30	O
Bécassine sourde	3/16	O	7/30	O
Bécasseau falcinelle	1/16	O	1/30	O
Bécasseau tacheté	1/16	O	1/30	O
Phalarope à bec étroit	1/16	O	2/30	O
Phalarope à bec large	1/16	O	2/30	O
Chevalier stagnatile	0/16	Ab	1/30	O
Gravelot à collier interrompu	0/16	Ab	1/30	O

Note :

(Sur 16 ans ou sur 30 ans)

Régulier

R si $F > 13$ ou $F > 24$
($>80\%$ fréquence)

Irrégulier

IR si $7 < F < 12$ ou si
 $12 < F < 23$
($>40\%$ fréquence)

Occasionnel

O si $1 < F < 6$ ou si

$1 < F < 11$

($>1\%$ fréquence)

Absent

Ab si observation avant
période donnée

Seulement 5 espèces ont leurs statuts de fréquence qui changent entre la période sur 16 ans et celle sur 30 ans.

→ Cela explique peut-être une certaine stabilité en diversité des espèces par an.

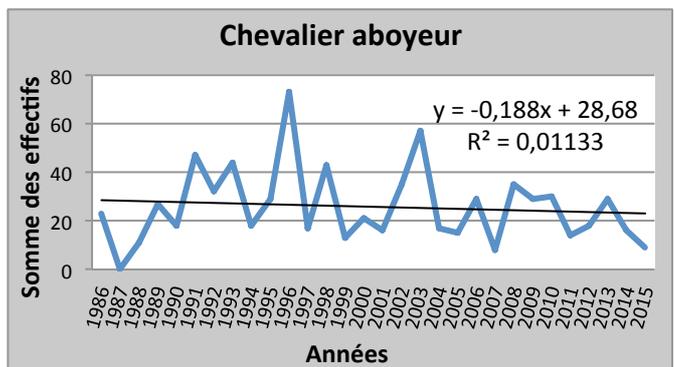
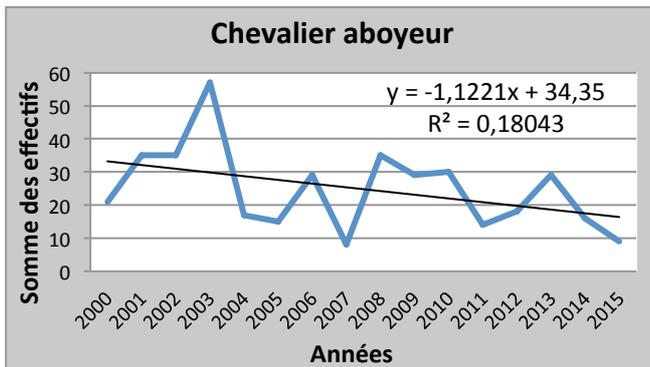
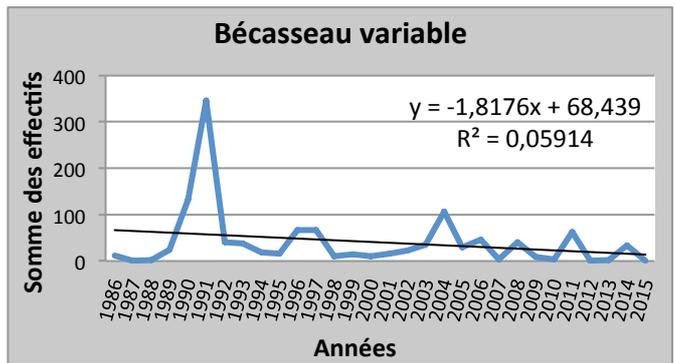
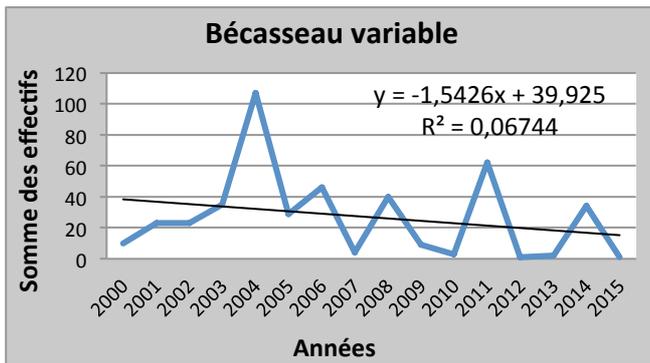
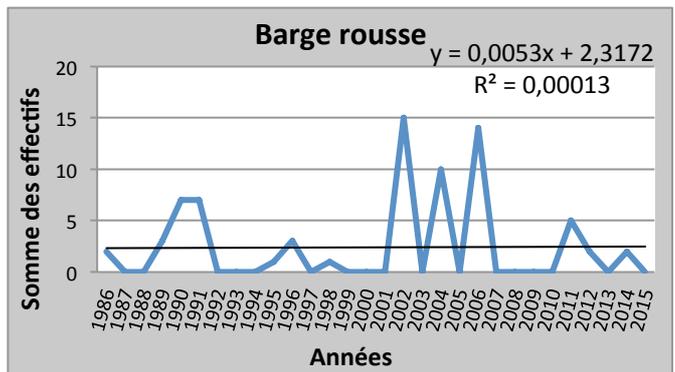
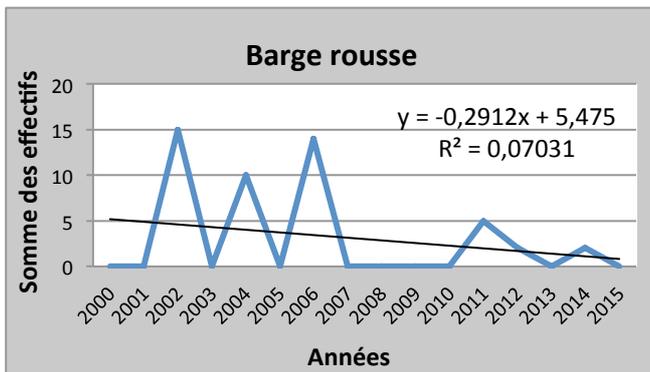
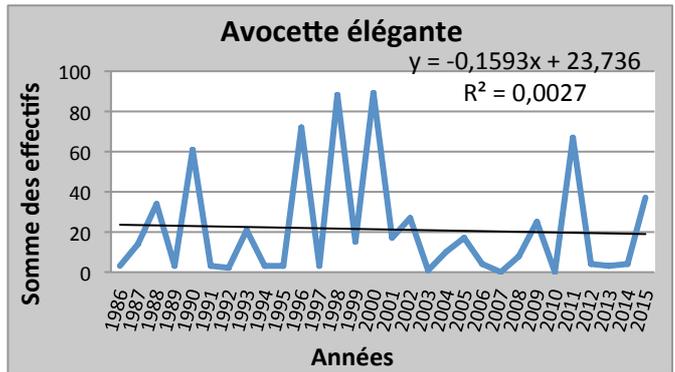
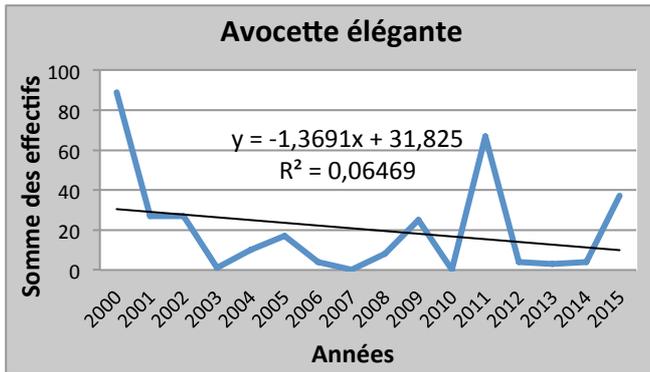
→ Question 1c : Autres graphiques de tendance d'évolution

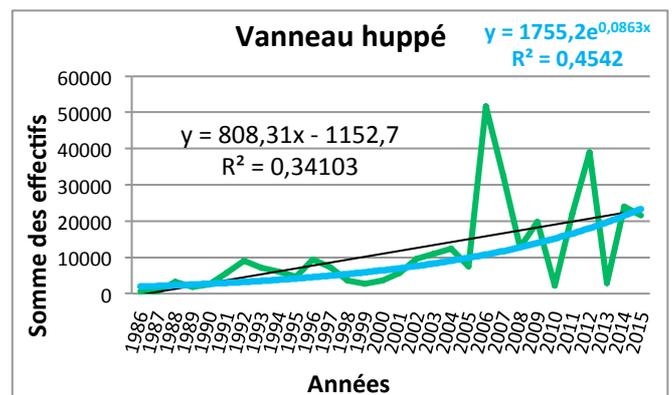
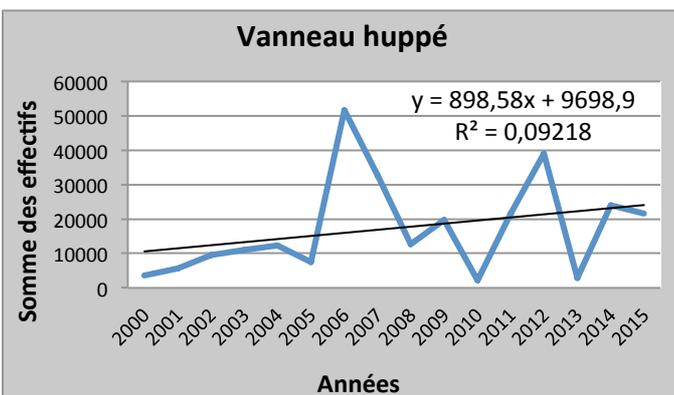
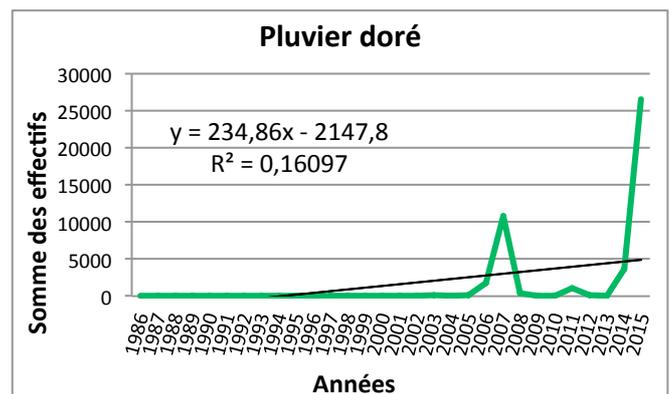
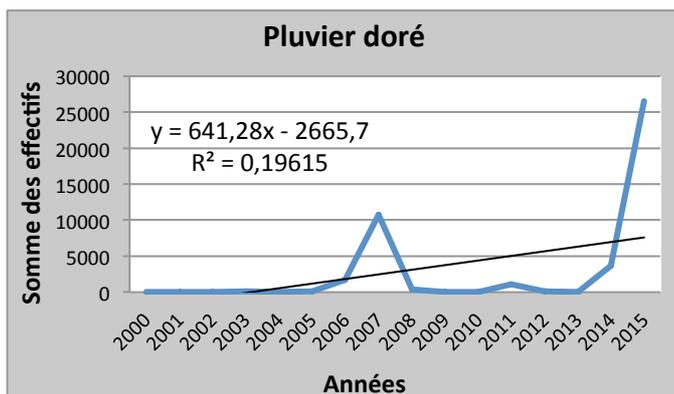
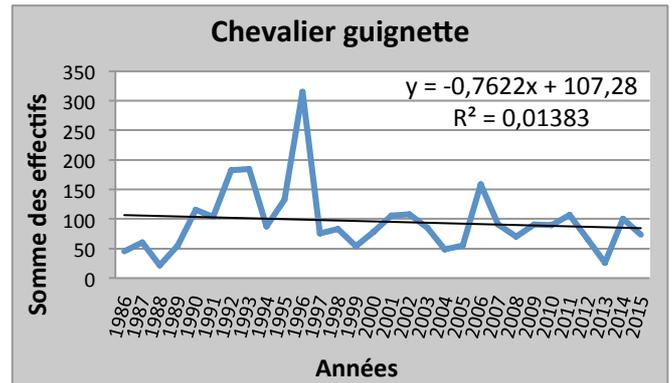
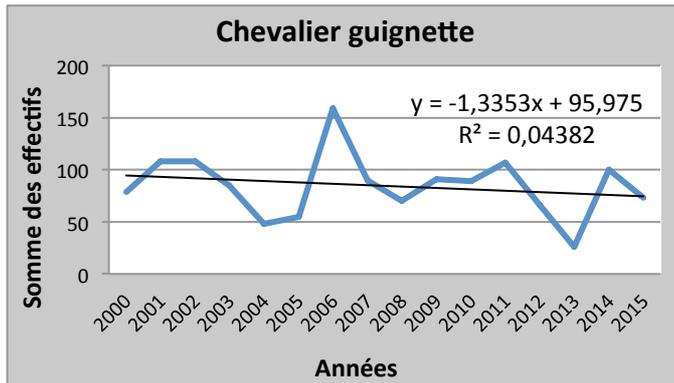
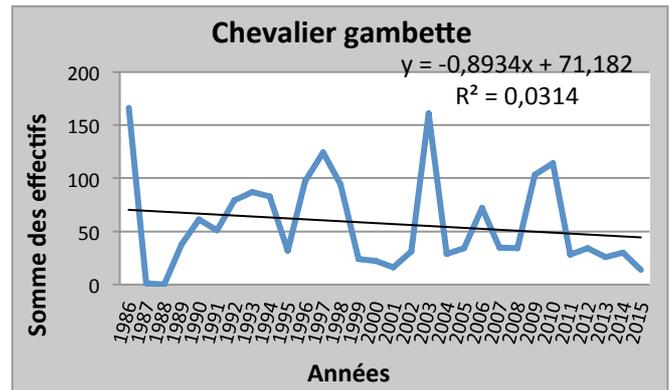
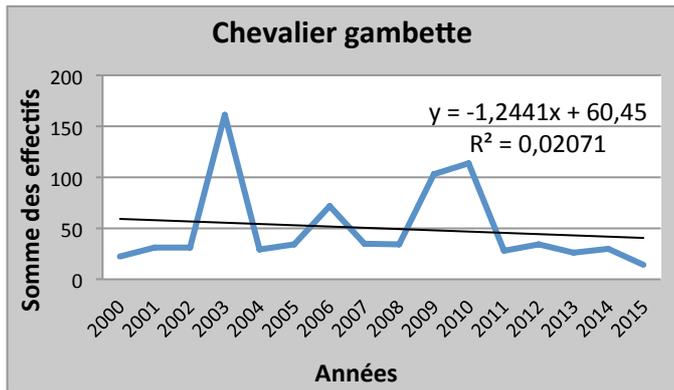
Pour cette analyse de tendance, 31 espèces d'intérêt étaient étudiées : **Avocette élégante**, **Barge à queue noire**, **Barge rousse**, Bécasseau cocorli, Bécasseau de Temminck, Bécasseau falcinelle, Bécasseau maubèche, Bécasseau minute, Bécasseau sanderling, Bécasseau tacheté, **Bécasseau variable**, **Bécassine des marais**, **Chevalier aboyeur**, Chevalier arlequin, **Chevalier culblanc**, **Chevalier gambette**, **Chevalier guignette**, Chevalier stagnatile, Chevalier sylvain, **Combattant varié**, Courlis cendré, Courlis corlieu, Grand gravelot, Gravelot à collier interrompu, Petit gravelot, Phalarope à bec étroit, Phalarope à bec large, Pluvier argenté, **Pluvier doré**, Tournepierre à collier, **Vanneau huppé**.

Seules les espèces avec un effectifs >100 ont été gardées (en gras dans la liste ci-dessus). Seulement 4 cas ont été présentés dans les résultats (en vert), voici les autres :

Graphiques n°28 à 35 : Tendances d'évolution des populations à 16 ans (a) et 30 ans (b)

(Placement des graphiques sur le même principe que dans les résultats)





Notes :

- 1) La courbe en bleu ciel sur le graphique des tendances à 30 ans du Vanneau huppé montre une régression exponentielle qui est meilleure que la régression linéaire.
- 2) Malgré le visuel de la courbe de tendance à 30 ans du Pluvier doré, il est impossible d'appliquer une régression exponentielle car trop d'année ont des sommes de contacts d'observation (=somme des effectifs) nuls.

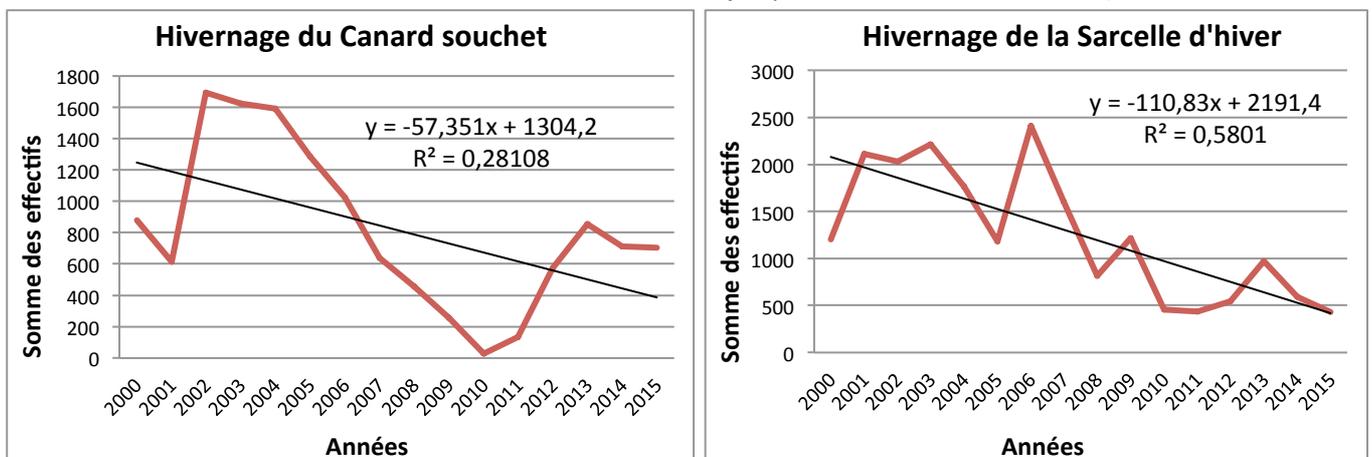
Annexe n°3b : Questions supplémentaires posées sur le comptage décadaire et graphiques associés

La Réserve Naturelle participe également au programme **Wetland International**, qui consiste en un comptage à vue des oiseaux d'eau hivernants (liste d'oiseaux défini), sur un week-end (2^e week-end de janvier) sur toute l'Europe. La période pendant laquelle se déroule le comptage étant réduite, il y a peu de chance qu'il y ait un double comptage. Le cumul des oiseaux d'eau qui sont présents sur chacun des sites à travers l'Europe, donne un effectif global des oiseaux d'eau hivernants présent en Europe, sur une période de temps définie.

Le Muséum Nationale d'Histoire Naturelle et Nature Paris peuvent alors récupérer les données pour la France et il retrace où se situe les plus forts effectifs par rapport à l'effectif maximal sur l'Europe. Il existe des synthèses nationales pour classer les sites d'hivernages importants pour chaque espèce par rapport à l'Europe. Les sites sont alors classés selon leur statut de protection (Ramsar, Réserve Naturelle Nationale...) en pourcentage de l'effectif européen, pour chacune des espèces.

Dans ce comptage européen pour le site de la Réserve, 3 espèces : Canard souchet, Fuligule milouin et Sarcelle d'hiver; ont un intérêt à être prises en compte pour l'étude des effectifs totaux et l'évolution des tendances par rapport aux sites européens. Cela pourrait permettre de démontrer l'intérêt d'un site par rapport à un autre sur la zone de l'Ouest Parisien ou la région et peut être une gestion plus globale des espaces naturels plutôt qu'un seul site à la fois.

Cette étude n'a pas pu être réalisée par manque de données sur certaines années, ainsi qu'une difficulté à récupérer les données régionales avec les autres acteurs de cette problématique. Cependant, la volonté de la réserve de connaître les tendances d'évolution de certaines espèces à l'hivernage (Canard souchet et Sarcelle d'hiver) a été étudiée. La période d'hivernage est du 11 décembre au 10 février inclus (2^e décade de décembre jusqu'à la 1^{ère} décade de février).

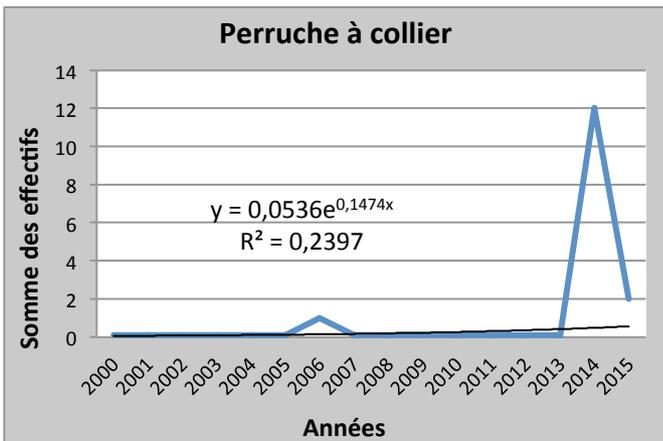
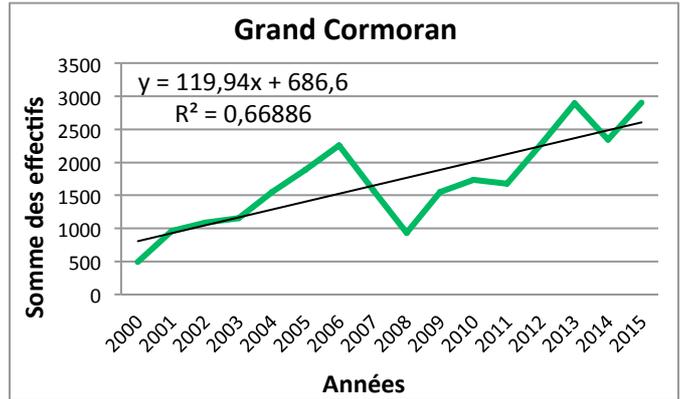
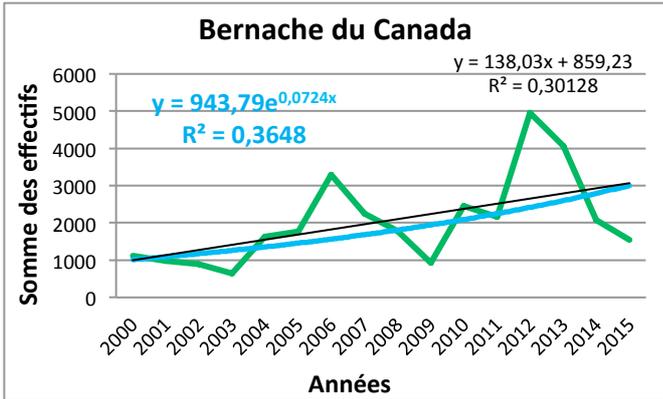


Graphiques n°36 et 37 : Tendence d'évolution des populations en période d'hivernage

L'étude aurait été intéressante à réaliser sur 30 ans mais il manquait trop de données pour réaliser les courbes de tendance.

Une autre thématique existe au cœur de la Réserve, elle concerne les **espèces à « problèmes »**. Dans cette thématique, il y a à la fois le problème des espèces introduites pour leurs caractéristiques « décoratives » qui finissent par envahir de grandes surfaces et le problème des espèces à fortes dynamiques qui peuvent à terme être gênantes pour les différents acteurs qui constituent un espace naturel. Chaque espèce a un enjeu propre (cf. Notes). Sur la Réserve, 3 espèces sont à étudier de par leurs dynamiques importantes ou des problèmes qu'elles causent : Bernache du Canada, Grand cormoran et Perruche à collier. Il faut donc réaliser une courbe de tendance évolutive des effectifs pour pouvoir appliquer une gestion en conséquence et en lien avec les enjeux de ces espèces.

Graphiques n°38 à 40 : Tendence d'évolution des populations d'espèces à problèmes



Notes :

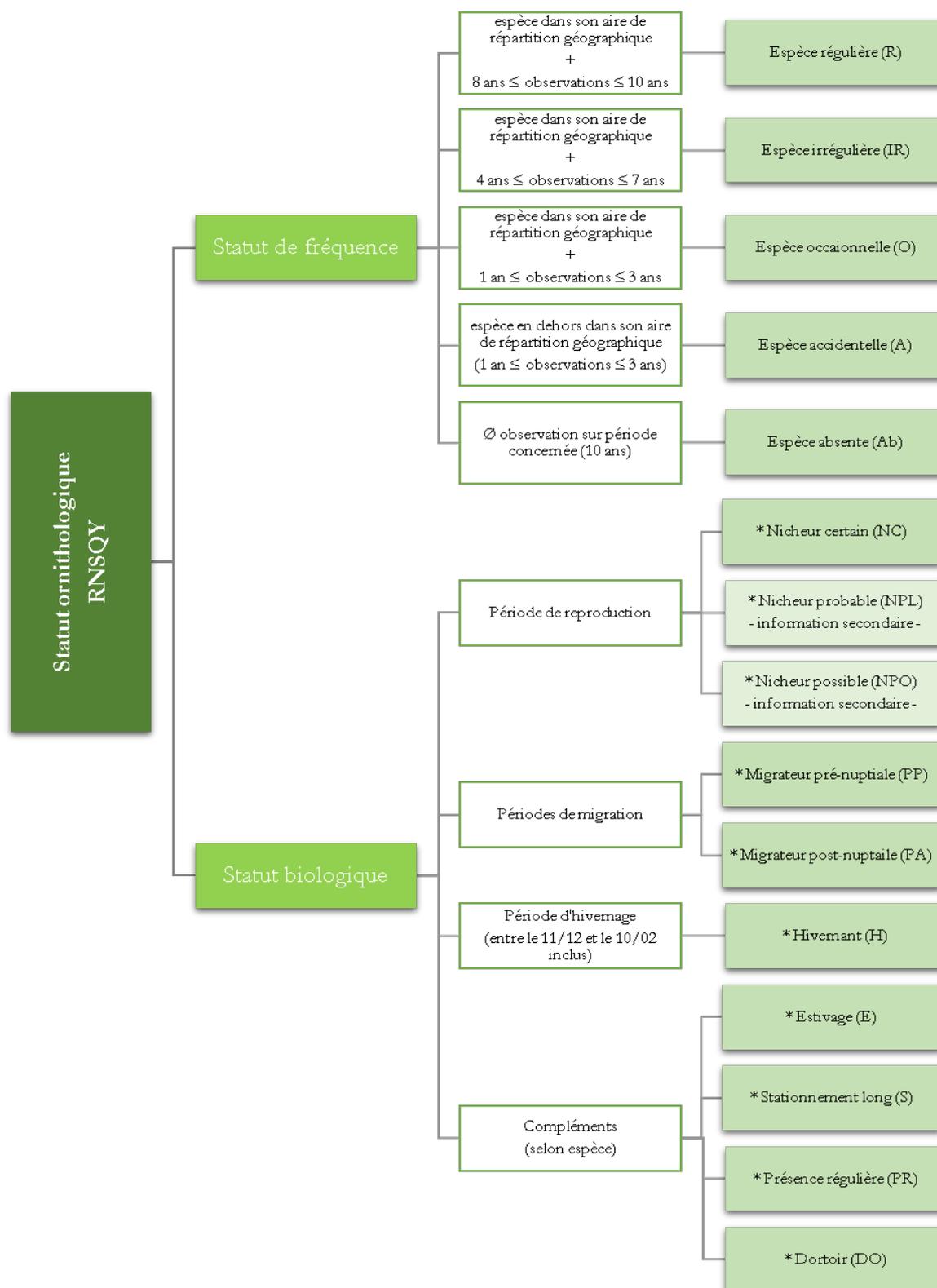
1) La Bernache du Canada voit ses effectifs augmenter de façon exponentielle. On observe ici les deux pentes liées à la régulation de l'espèce. En 2007, les œufs sont secoués pour freiner la reproduction. En 2013, l'espèce est tuée pour réguler les populations en plus des œufs qui sont secoués (la pente est plus forte).

2) Le Grand Cormoran voit ses effectifs augmenter de façon significative. Il y a peu de fluctuations d'une année sur l'autre, il n'y a pas d'actions de régulations sur l'espèce pour l'instant. Il faut noter que l'effort d'observation s'est accru depuis 2007 du fait que l'espèce est devenue problématique (a-t-elle un impact sur le peuplement piscicole ?).

- 3) La Perruche à collier ne bénéficie pas encore d'assez d'effort de comptage pour que la méthode statistique puisse fonctionner. L'espèce n'est pas encore véritablement « à problème » sur le site, pour être étudiée de façon systématique.

Annexe n°4 :

Arborescence explicative du statut des espèces



Annexe n°5 : Scripts R associés à la méthode

Lecture du fichier de données

```
> data<-read.csv(file.choose(),h=T,sep=";")
```

Pour la validation du test de Pearson par le test de Shapiro :

```
> model<-lm(variable explicative~variable expliquée,data=data)
> shapiro.test(resid(model))
```

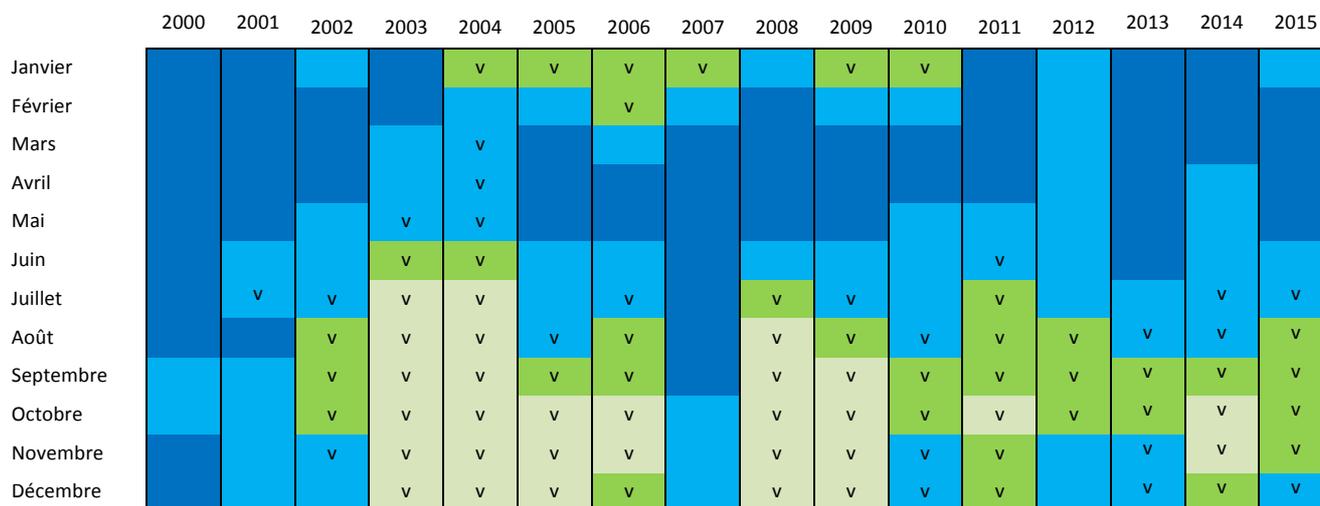
Pour le test de Spearman

```
> cor.test(data$variable explicative,data$variable expliquée,
method="spearman")
```

Pour le test de MannWithney-Wilcoxon

```
> wilcox.test(data$echantillon1,data$echantillon2)
```

Annexe n°6 : Tableau (n°4) récapitulatif des niveaux d'eau et de la présence des vasières sur l'étang



Légende : niveau d'eau de l'étang (échelle de lecture : Dignes des Pins ; unité : m)

> 3,53	> à la côte NGF 161,5 (= surverse étang de Saint-Quentin)
>3,15 et <3,53	Niveau optimal pour la navigation
>3 et <3,15	Niveau en dessous du minimum de navigation et Surface de vasière souhaitable
<3	Grandes surfaces de vasière
v	Présence de vasière

Annexe n°7 :

Récapitulatif des actions réalisées au cours du stage

Dates / Nombre de jours	Actions réalisées
22 sorties	Comptage par observation et identification des oiseaux
26/02/2016	Repas / réunion avec le comité des Chasseurs de Trappes (concertation pour la régulation de certaines espèces sur l'île de loisirs : Lapin de Garenne par exemple)
02/03/2016	Mise en place d'un crapeauduc pour les amphibiens du site
03/03/2016	Protocole Amphibien : passage sur tous les sites potentiels à la reproduction et vie des amphibiens
10/03/2016	Travaux d'aménagements des observatoires
11/03/2016 + 26/05/2016	Aide à la préparation / organisation de la Maison de la réserve pour la fête des 30 ans de la Réserve Naturelle en juin + Installation d'une animation sur le site de la réserve
14 et 15/03/2016	Participation à l'animation avec une classe de primaire
15/03/2016	Réunion annuelle Natura 2000
3 jours	Comptage STOC EPS, écoute des chants d'oiseaux : - le 16/03/2016 : passage précoce - le 19/04/2016 : 1 ^{er} passage - le 7/06/2016 : 2 ^e passage
23/03/2016	Participation à l'animation avec une classe de M1 de AgroParisTech
12/04/2016	Comptage amphibien : nombre de pontes visibles
Du 10 au 13/05/2016 Puis du 04 au 07/06/2016 + 12/05/2016	Comptage amphibien : protocole AmphiCapt, pose de seaux de capture le soir et récolte / identification le matin Sortie nocturne de comptage amphibien
19/05/2016	- Mise en place du stand pour la fête de la Nature des Réserves Naturelles d'Ile-de-France - Conférence au MNHN de restitution du projet Pulse sur l'état des plans d'eau de région parisienne (dont celui de SQY)
23/05/2016 + 5 sorties	- Mise en place du pâturage par des chèvres sur le site de la réserve - État des lieux
25 et 27/05/2016	Mise en place des tipis pour l'hébergement / animation de l'été
08/06/2016	- Arrachage d'une plante invasive : la Renouée du Japon - Évaluation de l'action visant à stopper la prolifération de l'espèce par la mise en place de bâche empêchant l'accès à la lumière
17/06/2016	Fête des 30 ans de la Réserve Naturelle
Semaine du 27/06 au 01/07/2016	Semaine de formation « vis ma vie à la Réserve » : 3 jours ornithologie + 2 jours de botanique
20/07/2016	Déplacement de la clôture du pâturage
01/08/2016	Réunion au MNHN avec Arnaud Catherine, Docteur au MNHN

Résumé

Les oiseaux appartiennent à un des maillons supérieurs de nombreuses chaînes trophiques, ce qui leur confère un statut d'indicateur de biodiversité. Il est donc nécessaire de réaliser des suivis des populations aviaires sur les sites, pour donner un aperçu des tendances d'évolutions de ces espèces, mais également pour conforter ou non la gestion passée des habitats. C'est dans ce cadre que s'inscrit l'étude réalisée au sein de la Réserve Nationale Naturelle de Saint-Quentin-en-Yvelines, créée pour les enjeux liés à son site ornithologique. La volonté de la réserve, après 30 ans d'existence, est de répondre (sous la forme d'analyses statistiques de ses données de suivis) aux principaux objectifs de son Plan de gestion : la préservation du site en évaluant l'état actuel des populations emblématiques, ainsi que l'étude d'espèces d'intérêts pour un projet de créations de nouvelles aires protégées. Le résultat des tendances d'évolution des populations a permis de conforter le ressenti des ornithologues du site : tendances à la hausse ou à la baisse (ou non valide statistiquement / difficultés de donner une tendance) des espèces étudiées. Afin d'être validée, la gestion du site quant à elle, mériterait d'être plus approfondie sur les conditions propices au stationnement des oiseaux et le partage des connaissances avec la région.

Birds lay among the top layers of the trophic chain. Thus, they are a good indicator for biodiversity. Therefore, monitoring natural sites implies to follow birds populations. These observations are done in order to evaluate these population evolution tendencies. Furthermore, these observations allow validating the operations to manage the natural site. As a result, I did a study inside the "Réserve Nationale Naturelle de Saint-Quentin-en-Yvelines". This site was created with consideration about the bird's life. The reserve through its 30 years life has been committed (with analytic analysis from its observations) to its objectives which are:

- Preservation of the site through the evaluation of the iconic species
- Analysis of interesting species to create other protected areas

The results of the tendencies analysis both for increase and decrease confirmed the observations of the site's ornithologists. Unfortunately, for some species no conclusion could be drawn. In order to be accepted, the site administration had to be deepen on the conditions required to attract birds. Furthermore, the management also had to be adapted to the knowledge of the area.