Estimation du succès de nids de la Barge à queue noire en Marais breton : vers une conciliation de l'agriculture et de la biodiversité ?

Mémoire de deuxième année de Master Ecologie, Biodiversité, Evolution

Parcours Préservation et Gestion Conservatoire des systèmes écologiques

Soutenance : à Paris le 05 octobre 2018

Période de stage : 05 mars 2018 – 05 septembre 2018

Structure d'accueil : Ligue pour la protection des oiseaux – LPO Vendée – Antenne Marais breton

Présenté par :

Sophie MURARASU

Encadrante de stage :

Perrine DULAC

Coordinatrice antenne Marais Breton – Chargée de mission

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier vivement Perrine Dulac pour son accueil à l'antenne Marais breton de la LPO Vendée, OULA! Sans elle, la collapsologie s'effondrerait.

Je remercie également Fréderic Robin qui m'a aiguillée tout au long de mon stage, pour ses coups de fil et ses skypes afin de me transmettre son expérience de « bargeologue ».

Un très grand merci à Fréderic Signoret pour son accueil à la ferme, pour le partage de son expérience d'éleveur et pour sa passionnante analyse socio écosystémique du marais.

Je remercie tout particulièrement Jean Guy et Alexandre qui m'ont accompagnée sur le terrain. Merci Jean Guy pour ton incroyable bonne humeur les pieds dans la vase ainsi que pour les agréables pique-nique au Coef Gobin entre recherche de nids et baguage de poussins de barges (et d'avocettes). Grâce à toi, le saut à la ningle et le déplacement en yole n'ont plus de secrets pour moi. J'espère qu'il sera possible de découvrir très prochainement ton exposition « Scroutch » ! Merci Alexandre pour tes nombreux muffins et pains au chocolat réconfortants lors des grosses sessions de terrain, d'avoir accepté de porter la tenue « ghillie ghillie » ainsi que pour ta relecture et ton aide pour la mise en forme de ce rapport !

Mes remerciements s'adressent aussi à Camille, Charles et Juliette pour leurs conseils respectifs en agronomie, hydrologie et ornithologie.

Je voudrais remercier ensuite mes proches et particulièrement Martin qui m'a fait découvrir l'ornithologie il y a maintenant 5 ans. Merci pour ton impressionnante efficacité de relecture et tes encouragements !

Je remercie également Catherine ou « Catoche les bons tuyaux » qui m'a fait découvrir les moindres recoins du marais Breton au volant de sa décapotable !

Un très grand merci à Gaëlle et Julie qui ont fait un long trajet pour venir me voir avant la dernière ligne droite.

Enfin, merci aux paysans de nature et aux producteurs du collectif court-circuit qui m'ont permis de me subsanter durant ces 6 mois !

STRUCTURE D'ACCUEIL

La Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO), association "loi 1901" est née en 1912 et se compose de délégations, groupes, relais et antennes réunis sur toute la France. C'est une association nationale reconnue d'utilité publique depuis 1986 qui compte plus de 44 000 adhérents.

La LPO a pour but "la protection des oiseaux et des écosystèmes dont ils dépendent et en particulier, la faune et la flore qui y sont associées", et plus globalement la protection de la biodiversité. Depuis 1993, elle est le représentant officiel de Birdlife International en France.

Sur le département, c'est l'association locale LPO Vendée qui s'investit dans la protection des espèces, la conservation du patrimoine et la sensibilisation des publics.

La LPO Vendée mène plusieurs actions :

- Transmettre, sensibiliser et former aux enjeux de la biodiversité tous les publics.
- Recueillir des données à travers les comptages et suivis naturalistes.
- Concilier agriculture et biodiversité grâce au réseau « Paysans de Nature ». En achetant des parcelles, la LPO facilite l'installation de paysans respectueux de l'environnement.

L'antenne Marais breton de la LPO Vendée se situe au cœur d'une des plus grandes zones humides de France. Les enjeux écologiques y sont très forts ce qui explique le fort dynamisme de cette antenne en matière de préservation de l'environnement.

SOMMAIRE

INTRODUCTION 1

MATERIEL ET METHODES 6

- *Modèle biologique : la Barge à queue noire,* Limosa limosa limosa *6*
- *Site d'étude : le Marais breton* *7*
- *Suivi sur le terrain* *8*
- *Analyses* *11*

RESULTATS 14

- *Effectifs* *14*
- *Succès des nids et taux de survie de la population échantillonnée* *15*
- *L'incubation des nids* *16*
- *Effets des caractéristiques agro-environnementales* *17*

DISCUSSION 19

- *Utilisation des loggers* *20*
- *Températures d'incubation* *20*
- *Passage de l'observateur* *21*
- *Distance à la haie* *21*
- *Type de gestion* *22*
- *Limites de l'étude* *23*
- *Concilier agriculture et biodiversité* *24*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 26

ANNEXES 30

INTRODUCTION

L'intensification et l'industrialisation des pratiques agricoles en cours depuis la moitié du XXe siècle pèsent sur la biodiversité dont l'érosion menace en retour la soutenabilité de l'agriculture (Tilman *et al.*, 2002).

On commence aujourd'hui à évaluer l'impact de ce modèle agricole incompatible avec la préservation de l'environnement: érosion et pollution des sols (Bourguignon & Bourguignon, 2015), épuisement des ressources naturelles non renouvelables (Sorrel, 2009) et déclin de la biodiversité (Barnosky *et al.*, 2011), entre autres. Outre ces effets néfastes sur l'environnement, le système économique dans lequel s'exercent ces activités met aussi à mal le bien-être et la sécurité financière des exploitants agricoles. Chute du nombre d'exploitants, augmentation du nombre de suicides et revenus fluctuants des agriculteurs (Agreste, 2010), le modèle agricole actuel est le résultat d'une véritable érosion de la paysannerie. Plus généralement, cette problématique agricole n'est qu'un aspect de la crise écologique actuelle, intimement liée à une crise politique et sociale. L'érosion de la biodiversité, le changement climatique et l'épuisement des ressources menacent de plus en plus intensément l'humanité, en phase à des pressions croissantes : sécurité alimentaire remise en question (Schauberger *et al.*, 2017), développement des migrations climatiques (Banque Mondiale, 2018), explosion des inégalités (FAO, 2015).Malgré la multiplication des avertissements des scientifiques et l'action de militants engagés, les décideurs politiques restent focalisés sur des politiques court-termistes incompatibles avec les engagements internationaux tels que l'Accord de Paris.

Parmi les nombreux sujets sur lesquels les scientifiques tirent jour après jour la sonnette d'alarme, l'effondrement rapide de la biodiversité fait l'objet d'études de plus en plus nombreuses et de plus en plus alarmantes. Par exemple, il a été observé un déclin de 75% des insectes en seulement 27 ans dans les espaces naturels allemands (Hallmann *et al.*, 2017), ainsi qu'une diminution rapide des populations d'oiseaux de milieux agricoles notamment dans les plaines céréalières françaises, tels que le pipit farlouse ou l'alouette des champs (Bretagnolle *et al.*, 2018). Plus généralement, en 17 ans, les populations d'oiseaux vivant en milieu agricole ont perdu un tiers de leurs effectifs en France (Jiguet, 2016).

Une érosion d'une telle ampleur, bien que multifactorielle, résulte d'une dégradation massive des habitats naturels, parmi lesquels on retrouve les zones humides dont la moitié a disparu en

France entre 1960 et 1990 (Bernard, 1994). Aujourd'hui, il semble qu'une prise de conscience émerge autour de l'intérêt de ces milieux riches et uniques, véritables réservoirs de biodiversité à l'interface d'écosystèmes terrestres et aquatiques. Depuis 1971, les zones humides sont reconnues comme des territoires d'importance internationale avec la convention de Ramsar et en 1992 les zones humides entrent dans le droit français dans le cadre de la loi sur l'eau.

Cependant, ces milieux ont continué de subir les effets d'une politique d'intensification agricole avec des labours, aux dépends des prairies naturelles, ainsi que du drainage pour la mise en culture (Smart *et al.*, 2006). Par exemple, le Marais poitevin a été fortement dégradé pour permettre la culture du maïs. Cette dégradation a conduit ce territoire à perdre son label de Parc Naturel Régional (PNR) en 1997, label qu'il n'a retrouvé qu'en 2014.

La modification de ces zones humides a entrainé le déclin des populations d'oiseaux d'eau, écologiquement dépendants de ces milieux pendant au moins une partie de leur cycle annuel (Wilson, Whittingham, & Bradbury, 2005). Ces évolutions à la baisse des populations constituent d'ailleurs un bio indicateur de la dégradation de ces milieux. L'homogénéisation des paysages entraîne une diminution du nombre d'insectes, ressource alimentaire essentielle aux poussins chez de nombreuses espèces (Hallmann *et al.*, 2017). La simplification des paysages conduit également à une modification de l'abondance et de la distribution des prédateurs qui a pour conséquence une prédation accrue des œufs et des poussins (Teunissen *et al.*, 2008 ; Schekkerman, Teunissen, & Oosterveld, 2009).

Autant que la mise en culture des terres, la gestion des parcelles agricoles est également à l'origine de plusieurs déséquilibres : la dispersion de produits chimiques par exemple (insecticides et vermicides) a un effet négatif sur la faune invertébrée dont se nourrissent les oiseaux adultes et poussins notamment (Schekkerman & Beintema, 2007), et le drainage des sols dans ces zones humides réduit les surfaces de prairies inondables, habitat essentiel aux oiseaux d'eau pour se nourrir (Smart *et al.*, 2006).

Parmi ces pratiques agricoles liées à l'élevage, les effets du pâturage et de la fauche ont été particulièrement étudiés à la fois concernant la biodiversité floristique et entomologique (Humbert *et al.*, 2012) mais aussi dans le cadre de la conservation d'espèces de limicoles (Sabatier *et al.*, 2010 ; Exo *et al.*, 2017). Ces pratiques constituent une menace directe pour la reproduction des oiseaux prairiaux. La fauche de plus en plus précoce détruit les nids et entraîne la mort des poussins non volants et la pratique du pâturage intensif modifie la végétation et accroît le risque de piétinement des nids dans les prairies (Sabatier *et al.*, 2015 ; *cf*. **Figure. 1**).

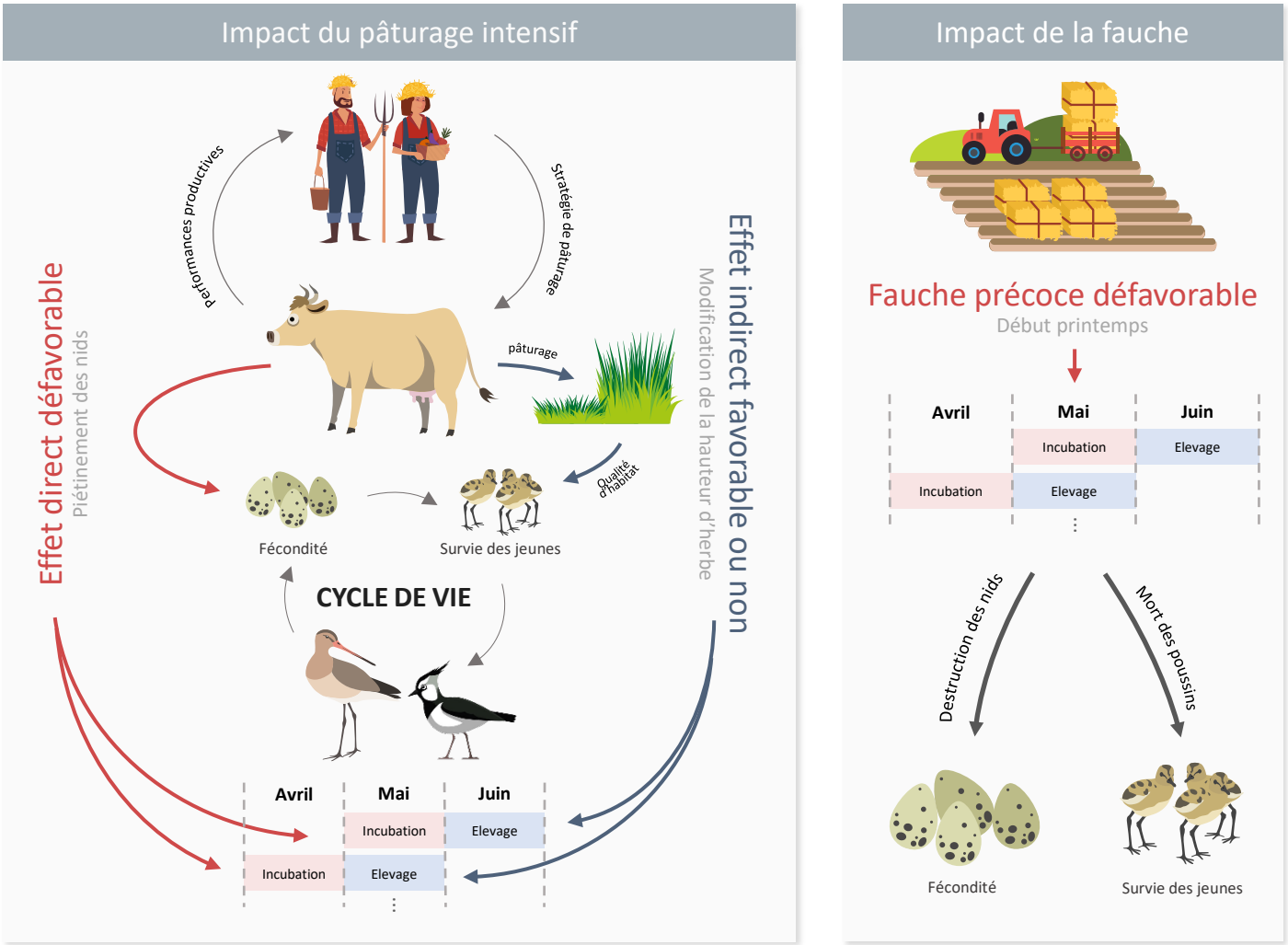


Figure 1. Impact de deux modes de gestion agricole, pâturage et fauche, sur le cycle de vie des limicoles : l'exemple ci-contre prend en compte les cycles de vie de deux espèces de limicoles différentes pour illustrer l'étendue de l'impact des modes de gestion agricoles sur les différentes composantes de ces cycles de vie (fécondité et survie des jeunes). Modifié d'après Sabatier *et al.* (2010)

Ces phénomènes ont été particulièrement étudiés chez la Barge à queue noire, *Limosa limosa*, limicole inféodé aux prairies humides qui est en fort déclin en Europe (Gill *et al.*, 2007). Les études en cours montrent que la sous espèce continentale *L. limosa limosa* a subi un déclin particulièrement important chez les populations hollandaises, qui ont perdu 75% de leurs effectifs en 50 ans. Ce déclin est estimé à presque 4% par an entre 2007 et 2015, année à laquelle le nombre de couples est estimé à 33 000, contre 47 000 en 2007 (Kentie *et al.*, 2016). Premier site de nidification de la sous espèce *limosa*, les Pays-Bas sont également aujourd'hui le premier exportateur agricole européen. Or, pour se retrouver au premier rang européen, ils ont dû intensifier et mécaniser fortement leur agriculture, menaçant la survie des nids et des poussins et accentuant la faible productivité de l'espèce, ce qui semble être la principale cause de la chute continue des populations (Schekkerman, Teunissen, & Oosterveld, 2008).

Le suivi de cette espèce est réalisé dans plusieurs pays à travers différentes études et des plans de gestion sont mis en place dans les pays qui accueillent la sous-espèce *limosa* (tant pour la nidification, l'hivernage que les haltes migratoires) tels que le Plan d'action international pour la conservation de la Barge à queue noire (AEWA : Accord sur la conservation des oiseaux d'eau migrateurs en Afrique-Eurasie) et le Plan national de gestion à l'échelle de notre pays.

En France, une petite population de barges à queue noire se concentre sur la façade atlantique (entre la Brière et le Marais Poitevin). C'est en Marais breton vendéen que l'on trouve la majorité des couples nicheurs (environ 100 couples). Malgré l'intensification des pratiques de fauche et de pâturage et une gestion de l'eau de plus en plus défavorable aux limicoles, le Marais breton reste assez épargné ; l'agriculture y est extensive au regard de ce qui se pratique aux Pays Bas et il y a eu peu de retournement de prairies. La population de barges à queue noire est la plus importante de France et y semble stable (Robin *et al.*, 2012) avec un taux de survie élevé des adultes (0,85) et des poussins (0,61) contrairement aux autres populations françaises et européennes. Le suivi de cette population française est donc un enjeu capital pour d'une part comprendre pour quelles raisons seule celle-ci semble avoir une dynamique positive, et d'autre part essayer de trouver les clés pour conforter cette population et endiguer la régression de l'espèce dans les autres secteurs de nidification.

Les études déjà réalisées sur cette population se sont majoritairement concentrées sur l'estimation des effectifs reproducteurs (2017), du taux de survie de la population calculé à partir de la méthode CMR (2017), des facteurs environnementaux relatifs à la nidification de la barge et de l'identification des sites de reproduction (2015). Bien que pressenti grâce aux résultats de CMR, il existe toujours d'importantes lacunes d'information sur le succès reproducteur annuel de la Barge à queue noire en Marais breton. Or, c'est précisément le faible succès de reproduction des autres populations européennes qui constitue la principale cause de déclin de l'espèce (Groen & Hemerik, 2002). Il est donc indispensable d'estimer ce paramètre démographique pour comprendre effectivement la dynamique de la population de barges continentales du Marais breton.

Dans le cas particulier des oiseaux, la fitness d'une population, à travers le succès de reproduction annuel, peut se mesurer à travers différents traits de vie au cours du cycle reproducteur mais reste classiquement estimée via le pourcentage d'œufs ou de nids qui parviennent à éclosion (Murray, 2000). Moins informatif que le succès des œufs mais beaucoup plus facile à estimer, le succès des nids (*i.e.* la proportion de nids éclos) permet d'avoir un estimateur efficace de l'état de santé des couples reproducteurs d'une population (Roodbergen,

van der Werf, & Hötker, 2012). Au-delà de simplement fournir un indicateur démographique, le suivi du succès des nids permet aussi la prise en compte de facteurs environnementaux et agricoles qui influencent ce paramètre dans la gestion des populations (Bertholdt *et al.*, 2017). Kentie et ses collaborateurs (2015) ont par exemple démontré que la survie des nids est plus élevée dans des prairies naturelles que dans des parcelles de monocultures au sein d'une population de barges à queue noire aux Pays-Bas, illustrant ainsi l'impact de la structuration du paysage sur la prédation des nids.

L'étude ci présente s'attache donc à estimer un des paramètres du succès de reproduction de la population de barges continentales du Marais breton et à explorer les facteurs biotiques et abiotiques susceptibles de jouer un rôle dans la survie des nids en lien avec les pratiques agricoles locales. Dans un premier temps, les couples reproducteurs de barges à queue noire ont été suivis afin de localiser les nids. Ceux-ci ont ensuite fait l'objet d'un suivi tout au long de la période de reproduction pour dans un premier temps étudier les effets des caractéristiques des parcelles agricoles sur le succès de reproduction de *Limosa limosa* à travers la survie des nids et enfin explorer les effets des patterns d'incubation sur ce paramètre démographique.

MATERIEL ET METHODES

1- Modèle biologique : la Barge à queue noire

Encadré 1 | Descriptif détaillé

Ordre: Charadriiformes
Famille: Scolopacidés

Sous-espèces :
*L.limosa limosa***
*L.limosa islandica**
L.Limosa melanuroides

Taille ± 40 cm
Masse: 250 à 600 g
Envergure: 70 à 80 cm

Alimentation: vers, mollusques et arthropodes

Statut de conservation:
Vulnérable au niveau national
Quasi menacé au niveau mondial
Moratoire sur la chasse depuis 2008

**Modèle d'étude
*De passage en France

Plutôt fidèles à leur site de nidification (Van Den Brink *et al.*, 2008), les barges à queue noire s'installent en couples isolés ou en semi-colonies lâches dans des prairies humides pâturées extensivement ou fauchées. Après des parades nuptiales démonstratives, la ponte de 3 ou 4 œufs est déposée au sol dans un nid creusé généralement par le mâle. Les exigences écologiques de l'espèce pour nicher et la discrétion des adultes nicheurs rendent particulièrement difficile le suivi de l'espèce et la recherche des nids. A l'éclosion, après environ 22 jours d'incubation (*cf.* **Figure. 2**), les poussins sont nidifuges et les adultes se montrent plus agressifs envers les intrus.

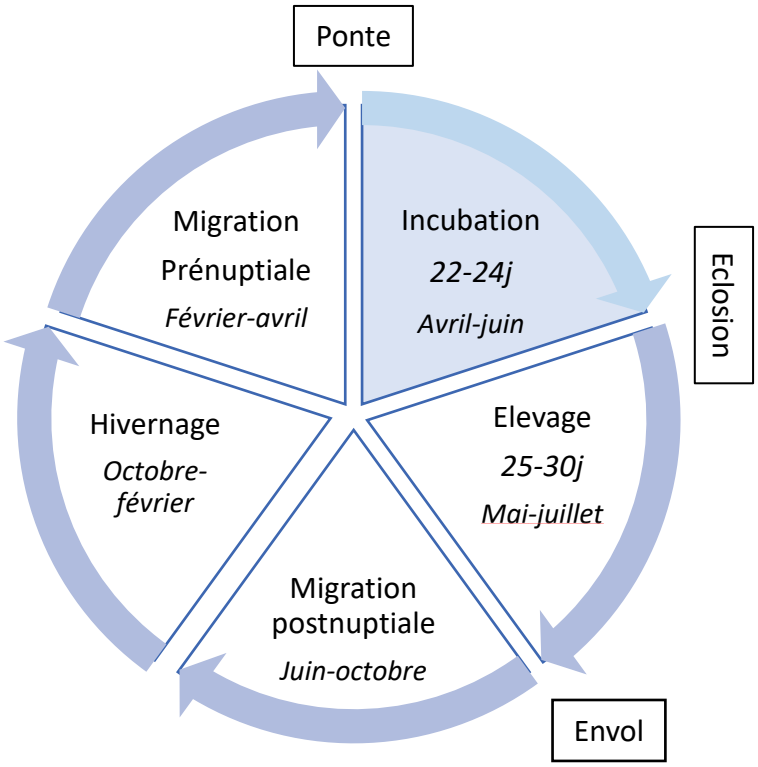


Figure 2. Cycle de vie de la Barge à queue noire.

***2**- Site d'étude : le Marais Breton*

Zone humide de l'ouest de la France, le Marais Breton Vendéen est situé sur la façade atlantique à 50 km au sud de l'estuaire de la Loire. Ce marais s'étend sur 35 000 ha environ. On distingue le marais salé et le marais doux.

Le marais salé est constitué de prairies permanentes imbriquées dans un maillage d'anciennes salines. L'eau de mer alimente les fossés et les bassins grâce à l'ouverture des vannes et écluses lors des grandes marées. Certaines salines sont toujours exploitées. Tandis que le marais doux se caractérise par des prairies permanentes bordées de fossés alimentés en eau douce, la quasi-totalité étant utilisée pour l'élevage ou la culture.

Réservoir de biodiversité

Le marais abrite une faune et une flore exceptionnelles. Depuis 1982, le Marais Breton fait partie d'une Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) et fait l'objet d'un inventaire scientifique. Egalement désigné zone Natura 2000, le marais est compris dans une Zone Spéciale de Conservation (ZSC) définie par la directive « Habitats » ainsi que dans une Zone de Protection Spéciale (ZPS) définie par la directive « Oiseaux ». En 2017, le site dit « Marais Breton, Baie de Bourgneuf, Ile de Noirmoutier et Forêt de Monts » est labellisé site Ramsar (*cf.* **Figure. 3**).

C'est un milieu utilisé par les oiseaux d'eau comme site d'hivernage, de nidification et de halte migratoire. Il est en particulier le premier site de nidification en France du Vanneau huppé, de la Barge à queue noire, du Chevalier gambette, du Canard souchet et du Hibou des marais (Issa & Muller, 2015).

Site agricole majeur

Alors qu'on observe un déclin de l'élevage en France au profit des grandes cultures, le Marais Breton reste un site important pour l'élevage bovin, activité agricole avec un poids économique et social majeur. Gestionnaires incontournables du marais, 350 agriculteurs et sauniers s'engagent dans des contrats MAE dont les cahiers des charges concernent principalement la gestion de l'eau, les dates de fauche et l'utilisation d'intrants. Près de la moitié de la surface du Marais breton est concerné par ces mesures agro-environnementales. Cela représente 3 à 4 millions d'euros par an.

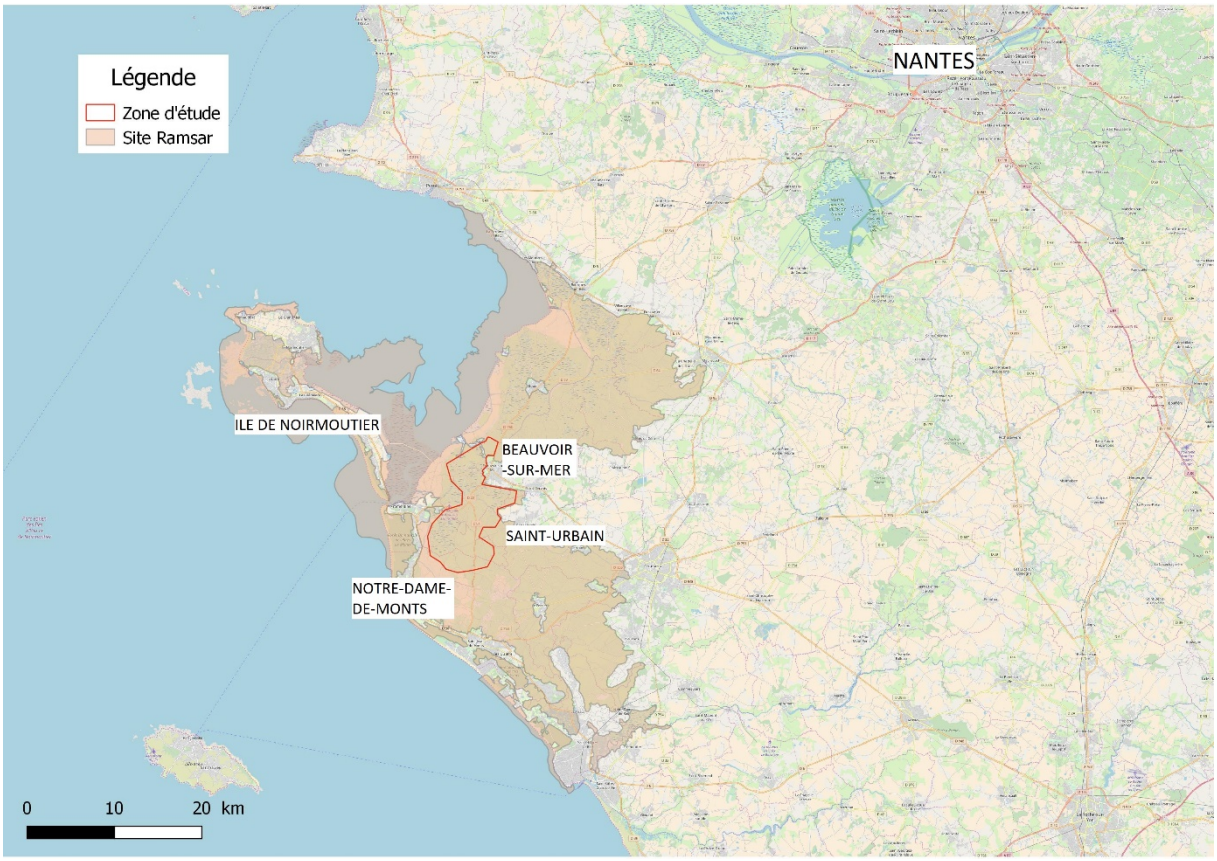


Figure 3. Recontextualisation géographique de la zone d'étude, le site « Marais Breton, Baie de Bourgneuf, Ile de Noirmoutier et Forêt de Monts ».

Le principal noyau de la population de barges à queue noire du Marais breton se trouve entre Beauvoir-sur-Mer, Saint-Urbain et Notre-Dame-de-Monts, dans un secteur de 30 km² environ (zone d'étude). Il se situe sur la frange marais salé/marais doux. La zone d'étude est composée de bassins en eau douce ou salée et de prairies naturelles mésophiles à hygrophiles bordées de fossés, qui sont utilisées généralement pour l'élevage bovin, avec 2/3 des prairies en fauche et 1/3 des prairies en pâturage.

3- *Suivi sur le terrain*

Suivi par comptage

Une journée de comptage a été organisé le 28 avril 2018 afin d'estimer le nombre de couples nicheurs, de les localiser et de trouver les nids de couples déjà installés. Plusieurs groupes de bénévoles parcourent la principale zone historique de reproduction à pied et renseignent les individus montrant des indices de cantonnement et/ou de nidification : parades, accouplements, cris d'alarme, construction de nid, adultes couvant.

Suivi par baguage

L'identification des couples nicheurs est renforcée par un programme de baguage des adultes et des poussins ainsi que d'un suivi de la biométrie de la population au moment des captures. Le contrôle visuel d'individus bagués permet d'estimer la survie de la population et notamment la taille de la population. Parmi les mesures biométriques faites sur les poussins, la longueur du bec (BP) est utilisée dans le cadre de cette étude : les mesures telles que la longueur du bec (BP) permettent d'estimer l'âge des poussins et ainsi d'en déduire leur date probable d'éclosion et d'envol. Dans cette étude qui vise à étudier les facteurs pouvant affecter la survie des nids mais aussi les pratiques agricoles favorables ou défavorables au succès de reproduction, il est alors intéressant de comparer ces dates aux différentes dates de fauche pratiquées en Marais breton.

Suivi des nids

La recherche des nids commence mi-mars avec des passages deux à trois fois par semaine dans la zone d'étude. Lors de la découverte du nid, deux bâtons sont placés à 5 mètres de part et d'autre du nid afin de le repérer au(x) passage(s) suivant(s) et les coordonnées GPS du nid sont enregistrées avec une précision de 5 mètres. Différentes mesures biométriques sont faites sur les œufs (masse, hauteur et largeur) pour compléter les données de biométrie de la population. Des photos du nid et de l'environnement autour sont prises pour caractériser l'habitat (parcelle).

Pour suivre les nids, la méthode classique consiste à effectuer des visites répétées sur le nid à intervalles réguliers (Hötker, 2010). Cependant une telle pratique est intrusive pour toutes les espèces, qui plus est sur une espèce sensible et menacée comme la Barge à queue noire. Elle serait préjudiciable à la survie de la population, perturbant la couvaison des adultes et à terme, le succès des nids. Ainsi, pour surveiller l'ensemble de la durée d'incubation d'un nid depuis le jour de sa découverte jusqu'à son éclosion sans perturber les oiseaux, un enregistreur de température (logger) a été déposé dans le nid (*cf.* ci-après).

Test de flottabilité pour prédire la date d'éclosion

Pour déterminer le stade d'incubation et estimer la date de ponte et la date d'éclosion, un test de flottabilité est réalisé pour chaque œuf selon la méthode de Van Paassen (1984) : un œuf perdant de l'eau par évaporation au cours de l'incubation, l'angle formé entre l'horizon et l'axe longitudinal de l'œuf une fois placé dans un volume d'eau à température ambiante permet d'estimer son âge en nombre de jours, et donc de prédire la date d'éclosion, connaissant la durée moyenne d'incubation de l'espèce (*cf.* **Figure. 4**).

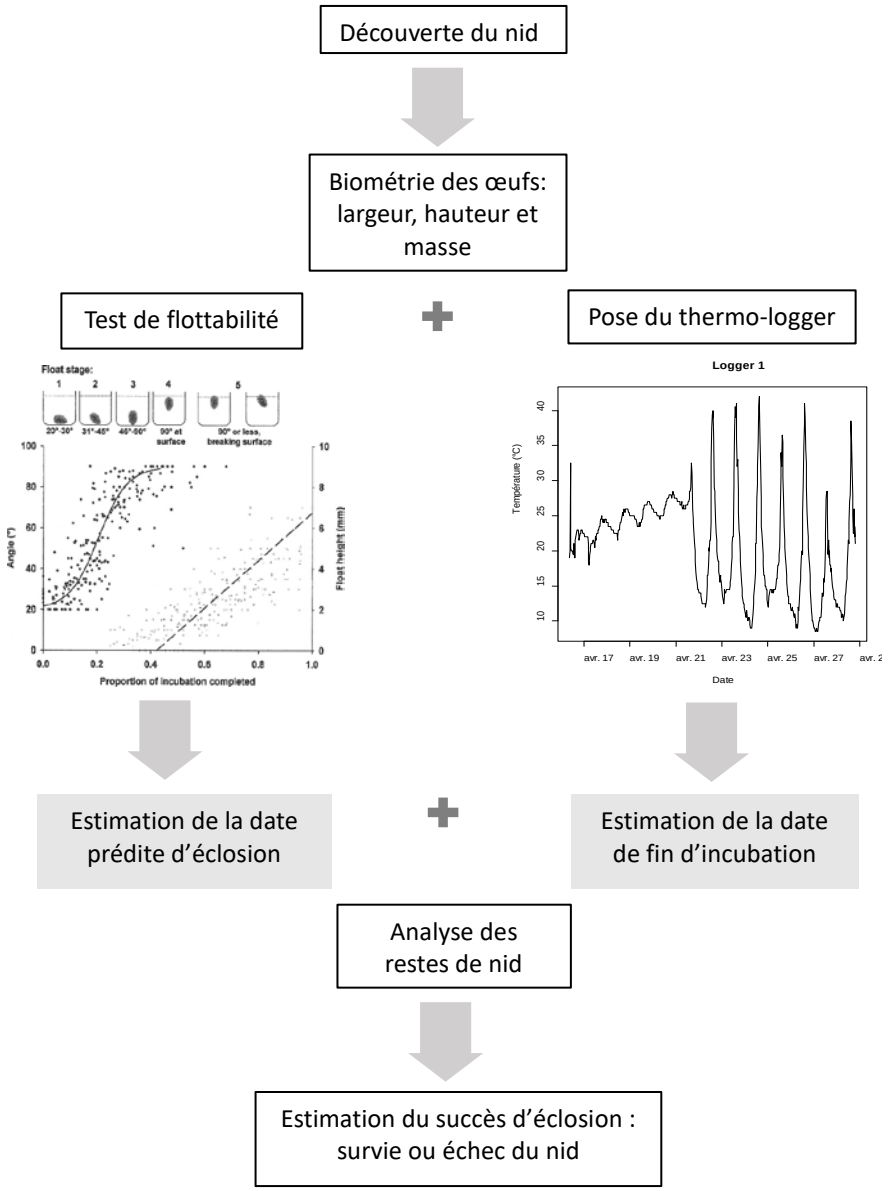


Figure 4. Schéma du dispositif expérimental

Pose du logger pour déterminer la survie des nids

De nombreuses études traitant de la prédation (MacDonald & Bolton, 2008; Cervencl *et al.*, 2011) et de la couvaison de nids (Joyce, Sillett, & Holmes, 2001) ont eu recours à l'utilisation d'enregistreurs de température pour identifier les évènements en lien avec la survie des nids durant l'incubation, ceux-ci étant faciles à mettre en place et peu coûteux (Hartman & Oring, 2006). Dans le cadre de cette étude, des enregistreurs, aussi appelés thermologgers (Thermo iButton® *DS1921G*: -40/+85°C, Précision ±1°C, Diamètre 16mm - Epaisseur 6mm) ont été utilisés. Un thermologger a été placé sous les œufs, protégé dans un petit sachet en plastique, fixé avec une vis dans la terre pour éviter qu'il ne soit retiré par les oiseaux, et recouvert de

matériaux de nid. Une fois activé, il enregistre la température à intervalles réguliers. Dans cette étude, le pas de temps choisi entre chaque enregistrement est de 30 minutes. Cependant, si le dispositif est installé avant la fin de la ponte, un deuxième passage est nécessaire pour connaitre le nombre exact d'œufs dans le nid et améliorer l'estimation de la date prédite d'éclosion.

Certains nids découverts n'ont pu être équipés d'un tel dispositif pour différentes raisons : découverte fortuite du nid sans matériel, impossibilité de retourner sur la parcelle où se situe le nid, difficulté à le retrouver.

Une fois la date prédite d'éclosion passée, un retour sur le nid est effectué pour analyser les restes de nid et récupérer le logger afin d'extraire les données de températures (*cf.* **Figure. 4**).

4- *Analyses*

Estimation du succès du nid

Une fois le logger récupéré sur le terrain, les données brutes de températures sont extraites grâce au logiciel OneWireViewer. Lors de la couvaison, la température reste relativement constante car les parents se relaient sur le nid (avec toutefois un différentiel jour-nuit, *cf.* RESULTATS - **Figure. 6**). Une chute ou augmentation soudaine de température permet d'identifier qu'un adulte quitte le nid temporairement ou définitivement. Si ce brusque changement de température est suivi d'oscillations journalières, c'est que le nid a été définitivement abandonné par l'adulte. En analysant conjointement les restes de nids avec la date de fin d'incubation estimée d'après les loggers et la date prédite d'éclosion estimée par le test de flottabilité, il est alors possible de déterminer le succès du nid :

- Si des fragments d'au moins un œuf éclos sont retrouvés dans le nid et que la date de fin d'incubation concorde avec la date prédite d'éclosion (± 1 jour), le nid est considéré comme éclos (*i.e.* survie du nid, *cf.* RESULTATS - **Figure 6. (ii)**)

- Si la date de fin d'incubation arrive plus tôt que la date prédite d'éclosion et que le nid est retrouvé vide ou bien avec des coquilles trouées ou des œufs froids, le nid est considéré comme prédaté ou abandonné (*i.e.* échec du nid, *cf.* RESULTATS – **Figure 6. (i)**).

Calcul du taux de survie des nids

Dans un premier temps, le taux de survie de nid a été calculé en utilisant une méthode classique qui consiste à diviser le nombre de nids considérés comme éclos sur le nombre total de nids

trouvés lors du suivi des nids. Cependant cette méthode a des limites car elle surestime le taux de survie de la population si les nids n'ont pas tous été trouvés au début de leur incubation (Mayfield, 1975). En effet, certains nids échouent avant d'être découverts, et n'apparaissent donc pas dans ce calcul. Pour corriger ce biais, Mayfield (1975) a proposé une autre méthode prenant en compte la durée d'observation des nids. Ainsi dans un second temps, une correction du taux de survie des nids a été effectuée. Pour passer du taux de succès classique au taux de Mayfield, une équation a été proposée par Hötker (2010) basée sur une analyse qui compare le succès de nid selon les deux méthodes sur sept espèces différentes de limicoles dont la Barge à queue noire :

$$HM = 0.0073\ HT^{2} + 0.2367\ HT + 3.8016$$

Avec : *HM* le taux de survie estimé selon la méthode de Mayfield en pourcentage et *HT* le taux de survie estimé selon la méthode classique en pourcentage

Estimation des paramètres d'incubation

Pour extraire des séries temporelles des loggers les données de température d'incubation, un nettoyage du jeu de données est effectué pour ne garder que les données enregistrées entre la pose du logger et la fin d'incubation de chaque nid (dernière donnée avant le changement brusque de température). Les nids avec moins de deux journées de données sont écartés de l'analyse. Pour regarder si la température d'incubation joue un rôle sur la survie des nids, il a été calculé la température moyenne d'incubation pour chaque nid. De plus le calcul de la pente, c'est à dire l'évolution de la température d'incubation au cours du temps (*cf.* ANNEXES – 2) entre la pose et la fin d'incubation a été réalisé.

Caractéristiques agro-environnementales

Afin de tester l'effet de la gestion de la parcelle sur la survie des nids, le type de gestion (pâturage ou fauche) de chacune des parcelles contenant un nid a été relevé sur le terrain puis confirmé après analyse cartographique. Ainsi, les images satellites du programme Copernicus ont été utilisées sur QGis pour suivre l'évolution de la végétation d'une parcelle via le plugin « *Semi-Automatic Classification* » (Pettorelli *et al.*, 2005) en calculant l'Indice de Végétation par Différence Normalisée (NDVI, variant entre -1, nuages/eau, et +1, végétation abondante) pour chaque nid. Il permet d'estimer la densité de végétation au moment de la ponte (± 5 jours) ainsi que les dates de fauche réelles des parcelles (dates théoriques). En Marais breton, les dates de début de fauches pour la plupart des agriculteurs sont réglementées par les Mesures Agro-

Environnementales (MAEs). Selon le niveau de ces mesures, ces dates peuvent être plus ou moins tardives, bien qu'elles puissent varier selon les conditions climatiques.

De récentes études ont montré l'impact de la structuration du paysage agricole sur la survie des nids (Eglington *et al.*, 2009; Groen *et al.*, 2012; Laidlaw *et al.*, 2015). En plus des caractéristiques inhérentes aux exploitations agricoles, le Marais breton présente des caractéristiques structurelles qui lui sont propres, de par sa topographie et ses réseaux de fossés. La caractérisation et la valorisation des zones de nidification de la Barge à queue noire en Marais breton ont déjà fait l'objet d'une cartographie (Phelippon & Dulac, 2016) qui a été réutilisée et complétée pour en extraire la plus courte distance des nids aux routes, haies et fossés.

Pour étudier l'influence de l'inondation sur la survie des nids, la surface de prairies inondables au début du printemps et la surface en eau permanente ont été estimées sur QGis dans un rayon de 200 m autour des nids (rayon illustrant le domaine vital de *l. limosa* pendant la période de reproduction, établi d'après les distances maximales parcourues par des individus bagués ayant un nid).

En tant que proxy de l'isolement des nids, la densité de conspecifiques nicheurs a été calculée sur QGis par interpolation spatiale à partir de la localisation des couples nicheurs estimés lors de la journée de comptage.

Analyses statistiques

L'ensemble des analyses statistiques a été effectué avec le logiciel R v. 3.2.5 (R. Core Team 2016). Pour évaluer (*i*) l'effet des variables agro-environnementales et (*ii*) l'effet des paramètres de l'incubation sur le succès des nids de barges à queue noire, un modèle linéaire généralisé avec une distribution logistique binaire a été réalisé pour chacune des variables testées.

Tous les nids n'ayant pas été doté de loggers et suivis de la même façon, les analyses statistiques ont d'abord été conduites l'ensemble des nids trouvés. Concernant exclusivement l'analyse des variables liées à l'incubation, d'autres nids ont du être retirés de l'analyse : seuls les nids avec une période d'incubation suffisamment longue (*i.e.* suivis sur plus de deux jours) ont été conservés.

RESULTATS

1- Effectifs

Sur l'ensemble des prospections réalisées, 100 couples nicheurs ont été dénombrés sur l'ensemble de la zone d'étude et un quart de la population reproductrice a été échantillonné avec un total de 25 nids trouvés (**Figure. 5**). Sur ces 25 nids, seuls 19 d'entre-eux ont pu être équipés de loggers dont un n'a jamais pu être retrouvé.

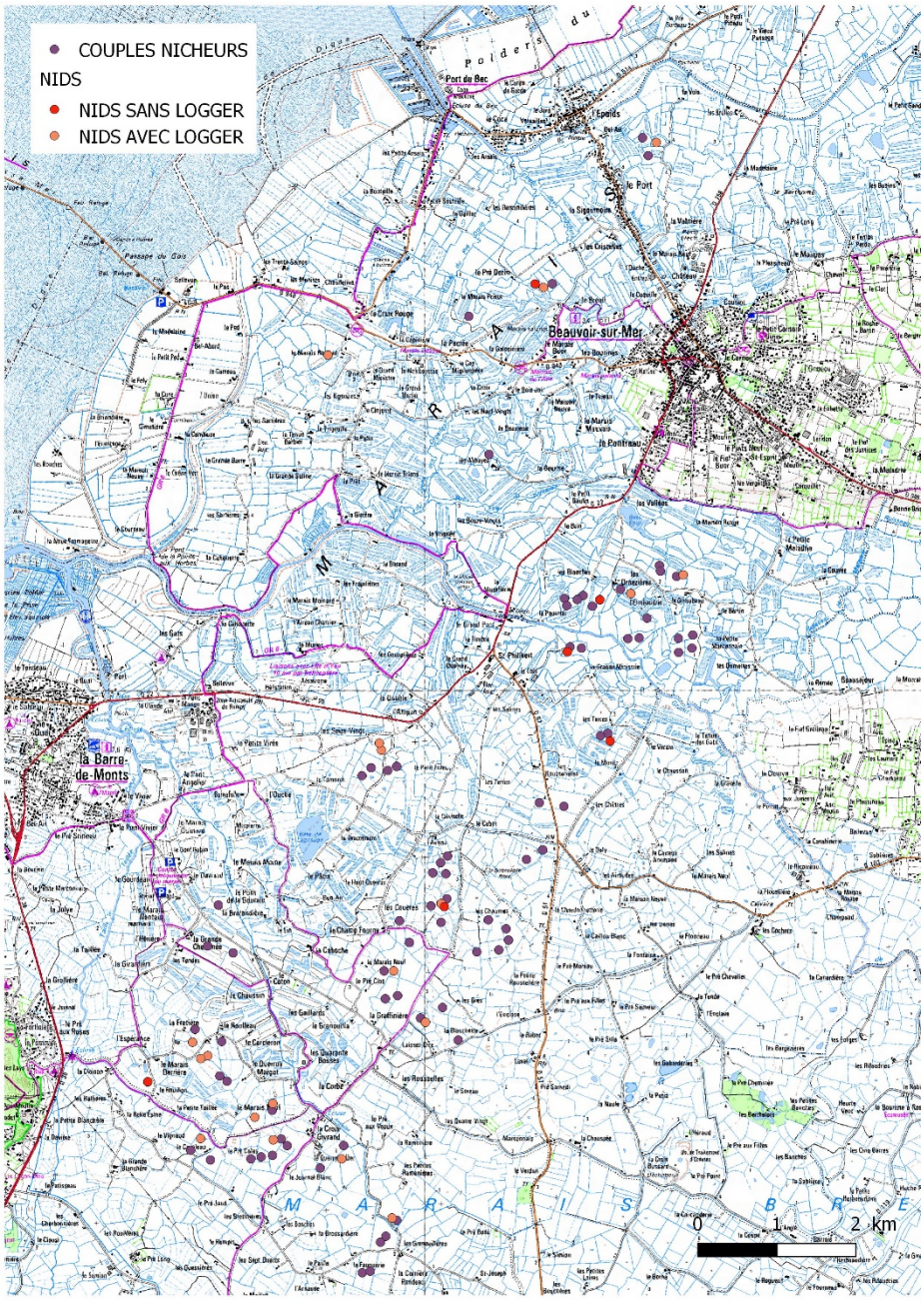


Figure 5. Localisation de la population de barges à queue noire nicheuses du Marais breton

2- Succès des nids et taux de survie de la population échantillonnée

La **Figure 6. (i)** et **(ii)** représente les températures enregistrées par le logger depuis son activation jusqu'à la récupération des données. Plusieurs phases peuvent être identifiées : (a) variation journalière des températures entre l'activation et la pose du logger dans le nid, (b) températures relativement constantes qui indiquent la présence d'un adulte couvant, (c) retour des variations journalières de températures indiquant l'absence d'adulte couvant le nid : fin de l'incubation. Grâce au test de flottabilité estimant la date prédite d'éclosion (±1 jour près) lors du passage sur le nid, il est possible de savoir si le nid a abouti à l'éclosion.

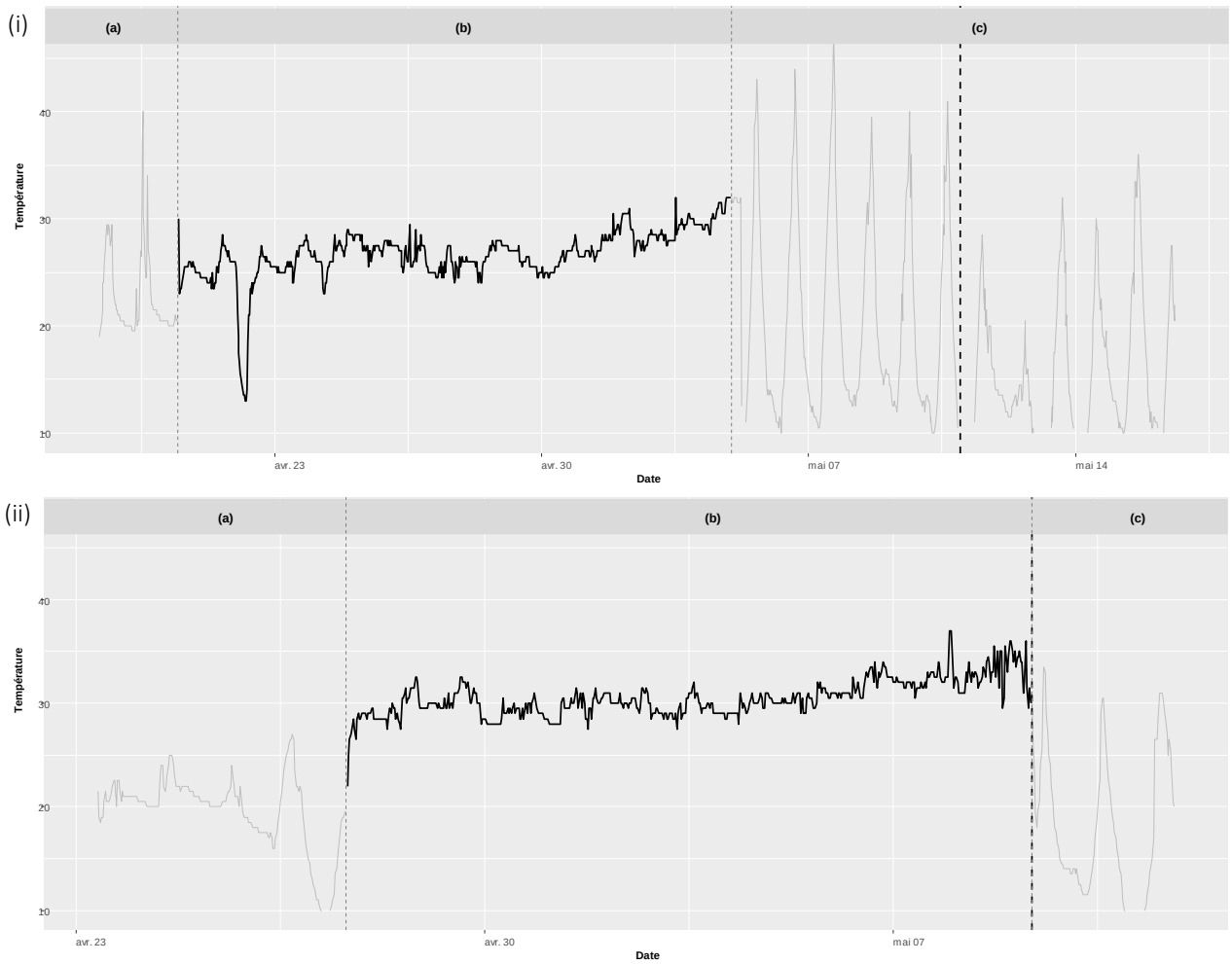


Figure 6. Exemple de patterns d'incubation illustrant les différentes phases d'enregistrement : (a) période d'activation du logger avant sa pose dans le nid, (b) période où l'adulte couve (c) variations journalières indiquant que l'adulte n'est plus au nid ; trait gras pointillé = date d'éclosion prédite grâce au test de flottabilité. **Figure 6. (i)** : exemple d'un nid en échec présentant une date d'éclosion plus tôt que la date prédite d'éclosion ; **Figure 6. (ii)** : exemple d'un nid éclos, concordance de la date prédite d'éclosion avec la date de fin d'incubation.

L'aboutissement des 18 nids surveillés est connu grâce à cette méthode combinant l'analyse des loggers et le test de flottabilité. Les 5 nids supplémentaires n'ont pu être équipés de loggers car découverts trop tardivement, prédatés, éclos ou en cours d'éclosion. Ils ont toutefois pu être utilisés dans l'étude car il a été possible d'estimer leur survie sans la pose de logger (analyse des restes de nids, différence observable entre des restes d'œufs prédatés ou éclos, ou observation fortuite de l'éclosion).

Ainsi sur les 23 nids utilisés pour les analyses, 12 nids sont considérés en échec et 11 en survie. Le taux de survie est de 0,48 des nids selon la méthode classique. Selon la méthode de Mayfield qui corrige la surestimation, le taux de survie est alors rabaissé à 0,32.

Sur les 18 nids avec loggers (50% d'échec, 50% de survie), un a été abandonné avant notre passage (logger posé malgré des œufs trouvés froids) et 4 abandons ont eu lieu moins de 2 jours après notre intervention. Six des neuf abandons ont lieu en journée.

3- L'incubation des nids

Les températures moyennes d'incubation des nids varient de 21 à 32°C. Il n'y a pas d'effet significatif de l'amplitude journalière sur la survie des nids (Z=-1.191, ddl= 11, *P*= 0,234 ; Figure X) ni de la température moyenne d'incubation (Z=1.074, dd=11, P=0,283 ; Figure X).

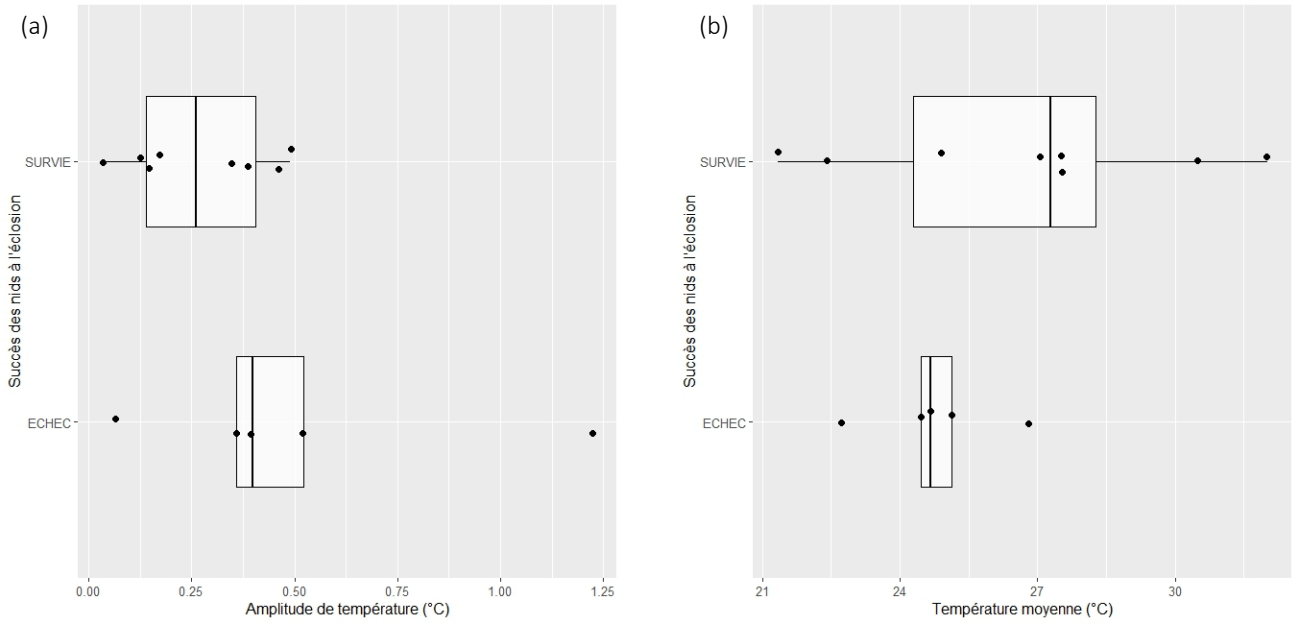
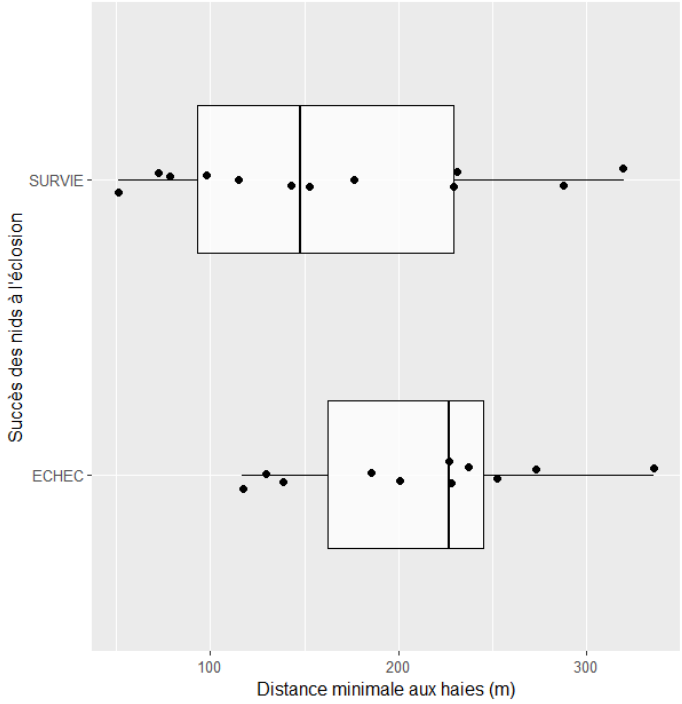


Figure 7. (a) Survie en fonction de l'amplitude journalière moyenne de température durant la période d'incubation. **(b)** Survie en fonction de la température moyenne durant la période d'incubation

4- Effets des caractéristiques agro-environnementales

Les variables agroenvironnementales ont été testées indépendamment sans qu'aucun effet statistiquement significatif n'ait été détecté (*cf.* **Tableau I.**).



Aucune des variables agro-environnementale testée n'a d'effet significatif sur la survie des nids. Même si l'échec des nids semble augmenter avec la distance aux haies (Figure. X), la *P value* de ce modèle est tout juste supérieure à un seuil de significativité de 1% (*cf.* **Tableau. 1**).

Figure 8. Survie des nids en fonction de la distance minimale aux haies

Tableau I. Résultats des modèles linéaires généralisés construit pour chacune des variables testées une à une.

Modèles	Estimate	se	z-value	*P*
Gestion - pâturage	-0.981	0.890	-1.102	0.270
Distance à la haie	-0.008	0.005	-1.437	0.151
NDVI	0.126	7.695	0.016	0.987
Distance à la route	-0.006	0.008	-0.819	0.413
Distance aux fossés	0.001	0.033	0.032	0.974
Distance aux bassins	-0.002	0.014	-0.176	0.860
Densité de barges	-0.105	0.150	-0.700	0.484

Concernant le type de gestion, le modèle tend vers une meilleure survie en fauche qu'en pâturage (*cf.* **Figure. 9**). Sur les 23 nids trouvés, le ratio fauche: pâturage des parcelles qui est de 9:14 est proportionnel à celui estimé pour l'ensemble des couples nicheurs recensés lors du comptage du 28 avril (40:60). Le pourcentage de survie selon la méthode classique est de 43% en pâturage (6 éclosion pour 14 nids) et de 67% en fauche (6 éclosions pour 9 nids) tandis que le pourcentage corrigé avec la méthode de Mayfield est respectivement de 27% et 52%.

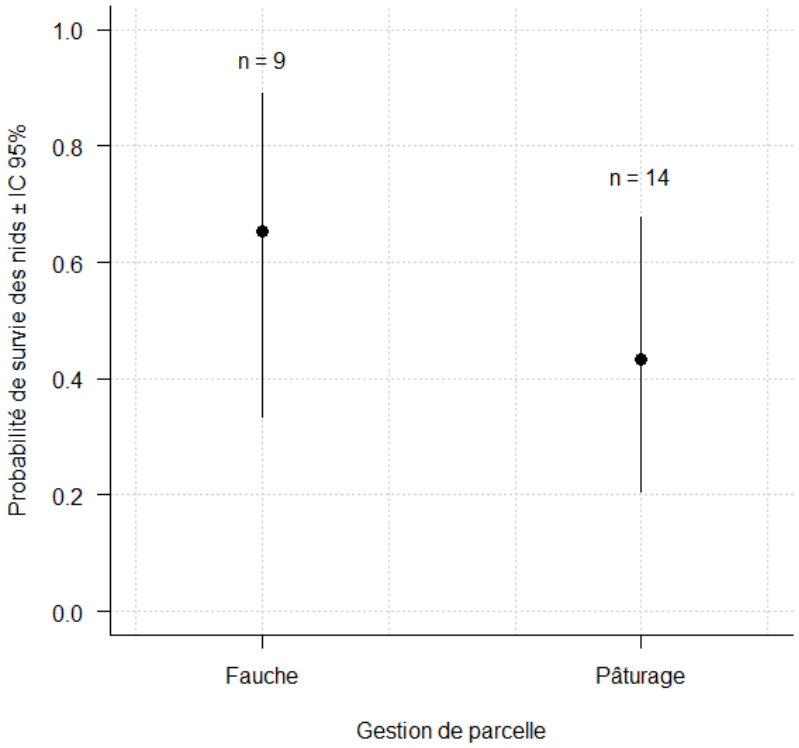


Figure 9. Probabilité de survie des nids en fonction du type de gestion, fauche ou pâturage

La **Figure 10.** rassemble les données d'éclosion des nids et d'envol des poussins issues des loggers et du baguage des poussins en fonction des dates de fauche réelles et théoriques. En 2018 les nids trouvés ont éclos avant le début des fauches.

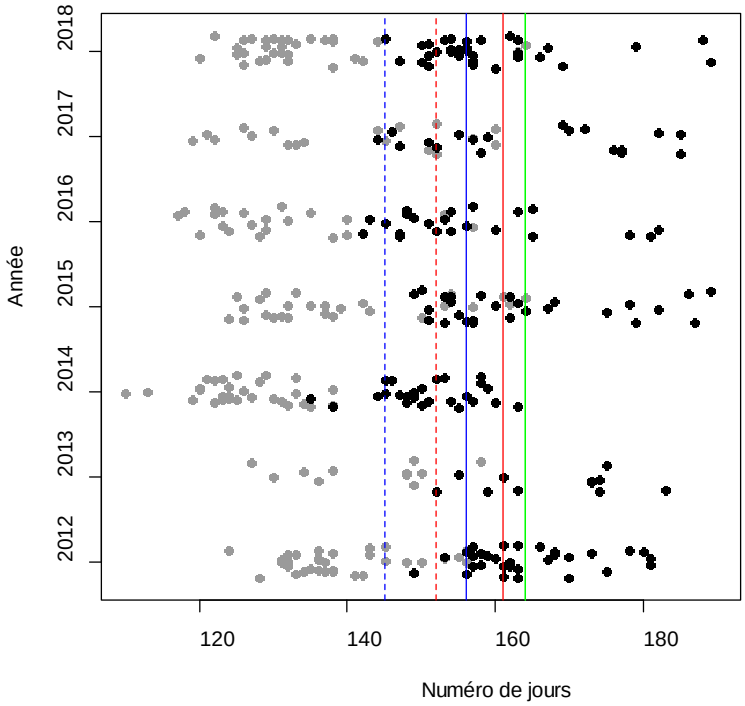


Figure 10. *Estimation des dates d'éclosion (points gris) et des dates d'envols des poussins (points noirs) issues des données de poussins bagués. En 2018 elles sont issues également des données logger. Les lignes verticales correspondent aux dates autorisées de début de fauche dans les parcelles bénéficiant de contrats MAE de niveau 1 (pointillé) et de niveau 2 (trait plein), pour le marais salé en bleu (25 mai et 5 juin) et pour le marais doux en rouge (1er et 10 juin). La ligne verticale verte correspond à la date réelle de début de fauche en 2018 dans la zone d'étude.*

Tableau II. Pourcentage de nids non éclos et de poussins non volants aux différentes dates de fauches théoriques depuis 2012.

Année	Nids non éclos au 25 mai (%)	Poussins non volants au 25 mai (%)	Nids non éclos au 10 juin (%)	Poussins non volants au 10 juin (%)
2018	9	100	6	30
2017	39	94	0	50
2016	14	91	0	28
2015	26	100	7	48
2014	0	90	0	7
2013	55	100	0	73
2012	24	100	0	67

DISCUSSION

Sur une population reproductrice estimée à une centaine de couples, l'échantillon étudié ne représente qu'un quart des effectifs. Cependant, le taux de survie estimé semble similaire aux estimations de précédentes études qui portent sur d'autres populations. Même si ce paramètre a été peu mesuré chez la Barge à queue noire et que sa comparaison s'avère délicate, le taux de survie corrigé de 32% est du même ordre de grandeur que ceux estimé par Roodbergen et ses collaborateurs (Roodbergen, van der Werf, & Hötker, 2012) lors de leur méta-analyse portant sur cinq espèces de limicoles, dont la Barge à queue noire, et couvrant une période de 1980 à 2006.

Malgré un manque de significativité statistique, il est possible de distinguer certaines tendances émergentes quant à l'impact des variables sélectionnées sur la survie des nids grâce aux données issues des loggers, posés pour la première fois cette année en Marais breton. Parmi le grand nombre de variables potentiellement influentes, on commence à distinguer un effet de la gestion agricole des parcelles étudiées et de leur composition paysagère en lien avec la prédation, renforcés par la littérature. En effet, la fauche précoce et l'augmentation de la prédation sont les principales causes avancées dans la diminution de la survie des nids chez les populations

hollandaises de Barge à queue noire (Gill *et al.*, 2007). Toutefois la complexité et l'imprédictibilité du milieu naturel rendent particulièrement difficiles la distinction entre ces facteurs, qui plus est dans le cadre d'une étude annuelle. Si les loggers permettent de connaître le succès à l'éclosion et d'explorer l'évolution des températures durant l'incubation, il est cependant difficile de connaitre la nature de l'échec uniquement avec les données qu'ils fournissent, bien que certaines informations puissent être interprétées, comme l'heure à laquelle les anomalies de températures apparaissent.

Dans un tel contexte, l'échec d'un nid peut être dû à des facteurs intrinsèques à la biologie de l'espèce, de la prédation (elle-même provoquée par une structure paysagère particulière), des mauvaises conditions météorologiques, un dérangement des adultes couvant (lui-même potentiellement provoqué par le passage des observateurs, des agriculteurs ou du bétail), voire à la destruction du nid par la fauche. De plus, un échec peut s'expliquer de façon multifactorielle, ce qui complique encore son explication. Il faudrait donc d'autres dispositifs pour connaitre les causes de l'échec.

Utilisation des loggers

Par ailleurs, les résultats présentés précédemment tendent à estimer le succès d'éclosion des nids. Or le succès de reproduction n'est pas réductible à ce seul paramètre. Etudier pleinement le succès de reproduction demanderait d'étudier le cycle de reproduction dans son ensemble, depuis l'installation des couples reproducteurs jusqu'à l'envol des poussins, en passant par le succès des œufs et des nids. Car, même pour ce paramètre pourtant facile à suivre, isoler les facteurs responsables de sa diminution représente un challenge en terme de données et de protocole dans une étude *in natura*.

Température d'incubation

Les patterns d'incubation nous renseignent sur l'évolution des températures entre la pose du logger et la fin de l'incubation. Il semble que sur le faible échantillon dont nous disposons, les échecs sont davantage associés à de fortes variations de température, ce qui serait le signe d'une absence sur le nid plus fréquente. Cela peut s'expliquer par du dérangement lié à la pression anthropique ou à la présence de prédateurs.

Cependant le nombre de données de températures varient très fortement d'un nid à l'autre. Ces écarts s'expliquent par des découvertes de nid à des stades d'incubation différents, ou encore à un échec plus ou moins précoce après la pose du logger. Ainsi, nous disposons de quelques

heures de données pour certains nids et jusqu'à 25 jours pour d'autres. De plus, la diversité des habitats (différences d'exposition au vent ou au soleil) ainsi que la saisonnalité du nid, modifient les températures enregistrées. Des témoins au niveau de chaque nid permettraient de prendre en compte les conditions de chacun des nids pour affiner la modélisation du succès des nids.

Passage de l'observateur

Malgré la mise en place d'un système le moins invasif possible (un seul passage sur le nid durant la période d'incubation), les relevés de températures montrent un nombre élevé d'abandons du nid après le passage des observateurs sur le nid (moins de deux jours entre la pose du logger et l'abandon du nid). Malgré le faible nombre de nids testés et même s'il semble difficile de quantifier le seul impact du passage des observateurs sur le nid, le dérangement des couples reproducteurs provoqué par l'expérimentation (visites répétées, pose du logger, mesure des œufs et test de flottabilité) reste un risque non négligeable et beaucoup trop dommageable pour une espèce si fragile. Ce dérangement pourrait pousser les adultes à abandonner le nid, ou à le rendre plus visible aux yeux des prédateurs.

Distance à la haie

L'effet de la distance du nid aux haies a été mesuré comme proxi de la prédation. D'après les résultats, une légère tendance peut-être observé : plus un nid est proche d'une haie, plus il y aurait une survie des nids. Cela semble contre intuitif, sachant que les haies peuvent servir d'habitat ou d'abri pour de nombreux prédateurs tels que les mustélidés. Or, il semble que la prédation (renards, corvidés, mustélidés, rapaces) soit l'une des causes de déclin des populations du à la simplification du paysage (Teunissen *et al.*, 2008; Schekkerman, Teunissen, & Oosterveld, 2009b). Toutefois les deux tiers des abandons des nids ont eu lieu en journée. Le type de prédateurs à proximité des nids et leur densité observés n'ont pas été relevés au cours de cette étude, malgré cela, il est à noter une forte densité de busards cendrés en Marais breton, particulièrement sur certaines parcelles étudiées à fort taux d'échec. Les résultats observés semblent coïncider avec la chasse diurne des busards en milieux ouverts. Cette espèce a par ailleurs été identifiée au cours de précédentes études comme un prédateur de la Barge à queue noire (Teunissen 2008).

De plus, la haie est également l'habitat de micromammifères, proies alternatives dont la chasse peut être facile et moins couteuse en énergie (Laidlaw *et al.*, 2015) que celle des œufs qui sont protégés très activement par les adultes. Ceux-ci adoptent en effet un comportement très

agressif envers les prédateurs et nichent préférentiellement à proximité d'autres limicoles pour faciliter la défense des nids.

Néanmoins, il convient de relativiser l'importance de cette variable. La haie n'est peut-être pas l'élément paysager le plus attendu dans un paysage de marais, milieu globalement très ouvert.

L'identification précise de la nature de l'échec pourrait passer à l'avenir par le recours à d'autres outils, tels que l'installation de caméras, l'observation dédiée à la pression de prédation, l'étude approfondie des réseaux trophiques dans ces prairies ainsi que l'examen de la densité d'autres nicheurs.

Type de gestion

En 2018, les résultats semblent aller vers une meilleure survie en fauche qu'en pâturage : 43% de survie en pâturage contre 67% en fauche, malgré l'absence de différence significative. Les dates réelles des fauches, connues grâce au NDVI et à l'observation directe sur le terrain n'ont pas affecté la survie ou l'échec de notre échantillon cette année. En effet, les éclosions ont toutes eu lieu avant la fauche sur l'ensemble des nids trouvés. Une parcelle destinée aux foins rend le nid moins visible car cela permet une plus forte croissance de la végétation. De plus, il n'y a pas de risque de piétinement par le bétail et moins de dérangement par l'homme tant que les foins n'ont pas commencé.

Les résultats de l'année 2018 doivent être interprétés au regard d'un contexte de fauche particulier. En effet, les fauches ont été tardives pour tous les agriculteurs de la zone d'étude en raison de forts orages survenus de mi-mai à mi-juin. Dans ce secteur les foins commencent habituellement à la fin mai, alors que cette année aucune parcelle n'était fauchée avant le 15 juin. Cette particularité nécessite de répéter l'étude de survie des nids sur plusieurs années pour confirmer les bénéfices de cette fauche tardive. Tout récemment, Exo et ses collaborateurs (2017) ont démontré pour la toute première fois l'effet positif de la fauche tardive sur la nidification d'une espèce de limicole proche de la Barge à queue noire, le Chevalier Gambette, étude qui semble confirmer les prémices de résultats obtenus pour la Barge à queue noire.

En effet les dates de fauche sont habituellement plus précoces si les conditions météorologiques le permettent. Dans ces cas-là, des pontes tardives ou deuxième ponte auraient pu être affectées par la fauche (*cf.* **Figure. 10**).

Pour étudier plus en profondeur l'effet de la fauche sur le succès de reproduction, il serait intéressant de se pencher sur le lien entre la date de la fauche et la survie des poussins après

l'éclosion (en cas de succès du nid). La fauche semble être plus préjudiciable aux poussins qu'aux nids. En effet la majorité des poussins ne sont pas volants au moment des dates de fauche. On pourrait également comparer l'installation des couples d'une année sur l'autre et regarder ainsi si le type de gestion, et notamment la date de la fauche, joue sur l'installation des couples lors de leur retour dans le marais. Cela impliquerait un suivi plus approfondi des dates de fauche sur chacune des parcelles.

De plus, nous pouvons avancer des hypothèses sur l'échec plus fréquent de l'éclosion des nids dans les parcelles de pâturage (43% de survie en pâturage contre 67% en fauche). Le piétinement des nids par le bétail et le dérangement plus régulier provoqué par les paysans perturberait l'incubation des adultes. Nous avons pu relever la présence de bétail sur certaines parcelles pendant le suivi des nids. Cependant, il conviendrait de poursuivre plus en détail l'examen du chargement instantané et annuel sur chacune des parcelles ainsi que le nombre de jours de présence des bêtes pendant l'incubation. Le passage des éleveurs pourrait aussi faire l'objet d'une analyse approfondie.

L'analyse de l'effet du type de gestion sur la survie des nids est particulière dans le Marais breton en comparaison avec d'autres territoires de nidification en Europe, et notamment aux Pays-Bas. En effet, les oiseaux aux Pays-Bas rencontrent un territoire très dégradé et il est observé qu'ils nichent de plus en plus fréquemment sur des parcelles consacrées à la monoculture. La différence est peut-être plus notable dans ces territoires qu'au sein du Marais breton où les différences de paysages entre parcelle de fauche et de pâturage sont moins marquées que des différences entre des prairies naturelles et des parcelles de monoculture (Kentie 2015). La stabilité observée de la population de barges à queue noires du Marais breton ne serait pas due à simple aubaine climatique qui retarderait au gré des années les dates de fauche. Au-delà du rôle du succès d'éclosion dans la dynamique de la population du Marais breton, l'étendue du noyau de reproduction et la relative connectivité entre les parcelles de fauche et de pâturage qui forment la grande majorité du paysage breton Vendéen, jouent très certainement un rôle non négligeable dans l'installation des couples reproducteurs et la survie des poussins et leur succès à l'envol.

Limites de l'étude

La discussion que nous venons de mener a été l'occasion de soulever plusieurs limites à l'étude réalisée. D'abord, les faibles effectifs de barges à queue noire dans le Marais breton rendent compliqués le suivi d'une telle espèce : peu de couples sont repérés, et ils sont particulièrement

sensibles à la présence humaine. Il est par ailleurs difficile de réaliser un suivi de la ponte jusqu'à l'envol des poussins sur la Barge à queue noire étant donné que les poussins sont nidifuges.

D'autres variables ont été étudiées, mais le faible jeu de données n'a pas permis de révéler si elles ont ou non un effet sur la survie des nids. Les pistes suivantes ont été explorées : distance des nids aux routes et aux fossés, surface de prairies inondables au début du printemps, surface en eau permanente, densité de conspécifiques nicheurs et densité de végétation. La poursuite de ces études sur le long terme permettra peut-être de trancher sur leur importance relative en augmentant le jeu de données et en réduisant l'effet annuel.

Concilier agriculture et biodiversité

Ces résultats ont montré que les mesures agro-environnementales, même les plus exigeantes, ne prennent pas complètement en compte les exigences écologiques de la Barge à queue noire. En effet, les dates autorisées de début de fauche ne sont pas en adéquation avec la fin de la période de reproduction de ces limicoles (dates d'éclosion et dates d'envol des poussins se chevauchant avec les dates de fauche). Si la survie des nids en 2018 ne semble pas avoir été impactée par la fauche, cela ne s'explique que par le fait que la fauche a été particulièrement tardive à cause des conditions météorologiques décrites précédemment.

Les dates de fauche théoriques imposées par les MAE posent problème (*cf.* ANNEXES – 3). D'une part, elles ont pour conséquence une relative détérioration de la qualité du foin pour les éleveurs, ce qui entraine des compensions financières importantes de la part des pouvoirs publics (Musters *et al.*, 2001). D'autre part, ces mesures ne sont pas à la hauteur des enjeux de préservation des limicoles (Kleijn *et al.*, 2001; Verhulst, Kleijn, & Berendse, 2007)

En outre, en Marais breton, où 3 à 4 millions d'euros sont versés aux agriculteurs chaque année au titre des MAE, les contrats de niveau élevé (les plus ambitieux pour la biodiversité) ne représentent qu'une petite partie de la surface du marais. En 2016, 50 % de la surface du marais était engagée en MAE, dont 6 % en « niveau 3 » (pas de fauche et 20 % de la surface en eau au 1er mai), le niveau le plus favorable à l'installation de la Barge à queue noire (Phelippon & Dulac, 2016). 67 % des surfaces engagées l'étaient en « niveau 2 ».

Cette gestion, qualifiée de *land sharing*, qui consiste donc à concilier sur des mêmes parcelles l'activité agricole et la préservation de la biodiversité, semble déficiente de part sa gouvernance. Les MAE ne sont plus appliquées à des fins de production de biodiversité mais bien de maintien

d'activités agricoles. Ce déséquilibre en faveur de l'agriculture se fait inéluctablement au détriment de la biodiversité, à travers des mesures qui ne conviennent pas à sa protection et qui sont pourtant considérées comme environnementales (exemple du niveau 2 de MAE insuffisant). Cette conclusion sur l'inefficacité des MAE à travers la généralisation de mesures insuffisantes a aussi été formulée au cours d'une étude récente pour un autre paramètre de la dynamique de la population de barges à queue noire, l'inondation des prairies au printemps qui est le facteur clé de l'installation des couples reproducteurs (Phelippon & Dulac, 2016). Dans la lignée de cette étude, les résultats présentés plus haut viennent renforcer la mise en exergue de la déviance systématique des mesures agro-environnementales. Il conviendrait pourtant d'équilibrer l'utilisation des terres pour arriver à un partage des terres entre les paysans exploitants et la biodiversité habitante. Par exemple, du pâturage effectué en amont de la période de reproduction est bénéfique pour les espèces. En effet, le pâturage crée une diversité de la végétation (variété d'espèces et de hauteurs d'herbes) (Sabatier *et al.*, 2010). Il existe une autre approche, qualifiée de *land sparing*, qui consiste cette fois à séparer nettement les parcelles réservées à l'agriculture et celle mises en réserve pour la biodiversité. Certains éleveurs du Marais breton commencent à réfléchir à des pratiques de non fauche dans une optique de réduction de la mécanisation (et donc de protection de la biodiversité) et de valorisation très tardive des prairies.

Malgré toutes les contraintes évoquées, la population de barges à queue noire du Marais breton se porte bien, et constitue peut-être une population source. Ce pourrait être lié à l'engagement volontaire d'un certain nombre de paysans sur les niveaux d'eau et la gestion de la fauche, au-delà des MAE, mais aussi à la gestion non rationnelle ou non organisée d'autres paysans, qui sont dans un système plus "traditionnel" sans réelle volonté de préservation de biodiversité, mais qui montre pourtant les effets néfastes des cahiers des charges imposés par une agriculture conventionnelle productiviste..

Dans un tel contexte, il semble nécessaire d'éviter toute pression supplémentaire sur la Barge à queue noire en Marais breton. Ainsi, le moratoire sur la chasse, reconduit pour un an en août 2018, permettra peut-être de limiter, à court terme, la pression anthropique.

BIBLIOGRAPHIE

Agreste (2010) Recensement agricole.

Banque Mondiale (2018) . Groundswell : se préparer aux migrations climatiques internes. Banque mondiale, Washington.

Barnosky, A.D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G.O.U., Swartz, B., Quental, T.B., Marshall, C., McGuire, J.L., Lindsey, E.L., Maguire, K.C., Mersey, B. & Ferrer, E.A. (2011) Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature* **471**, 51–57.

Bernard, P. (1994) Les zones humides, rapport d'évaluation. In p. 391.

Bertholdt, N.P., Gill, J.A., Laidlaw, R.A. & Smart, J. (2017) Landscape effects on nest site selection and nest success of Northern Lapwing *Vanellus vanellus* in lowland wet grasslands. *Bird Study* **64**, 30–36.

Bourguignon, L. & Bourguignon, C. (2015) La mort des sols agricoles. *Études sur la mort*, 47–53.

Bretagnolle, V., Berthet, E., Gross, N., Gauffre, B., Plumejeaud, C., Houte, S., Badenhausser, I., Monceau, K., Allier, F., Monestiez, P. & Gaba, S. (2018) Towards sustainable and multifunctional agriculture in farmland landscapes: Lessons from the integrative approach of a French LTSER platform. *Science of The Total Environment* **627**, 822–834.

Cervencl, A., Esser, W., Maier, M., Oberdiek, N., Thyen, S., Wellbrock, A. & Exo, K.-M. (2011) Can differences in incubation patterns of Common Redshanks Tringa totanus be explained by variations in predation risk? *Journal of Ornithology* **152**, 1033–1043.

Eglington, S.M., Gill, J.A., Smart, M.A., Sutherland, W.J., Watkinson, A.R. & Bolton, M. (2009) Habitat management and patterns of predation of Northern Lapwings on wet grasslands: The influence of linear habitat structures at different spatial scales. *Biological Conservation* **142**, 314–324.

Exo, K.-M., Wellbrock, A.H.J., Sondermann, J. & Maier, M. (2017) Assessing the impact of mowing on Common Redshanks Tringa totanus breeding on saltmarshes: lessons for conservation management. *Bird Conservation International* **27**, 440–453.

FAO (2015) La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture. FAO.

Gill, J.A., Langston, R.H., Alves, J.A., Atkinson, P.W., Bocher, P., Vieira, N.C., Crockford, N.J., Gélinaud, G., Groen, N. & Gunnarsson, T.G. (2007) Contrasting trends in two Black-tailed Godwit populations: a review of causes and recommendations. *BULLETIN-WADER STUDY GROUP* **114**, 43.

Groen, N.M. & Hemerik, L. (2002) Reproductive success and survival of Black-tailed Godwits Limosa limosa in a declining local population in the Netherlands. *Ardea* **90**, 239–248.

Groen, N.M., Kentie, R., Goeij, P. de, Verheijen, B., Hooijmeijer, J.C.E.W. & Piersma, T. (2012) A Modern Landscape Ecology of Black-Tailed Godwits: Habitat Selection in Southwest Friesland, The Netherlands. *Ardea* **100**, 19–28.

Hallmann, C.A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., Stenmans, W., Müller, A., Sumser, H. & Hörren, T. (2017) More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PloS one* **12**, e0185809.

Hartman, C.A. & Oring, L.W. (2006) An inexpensive method for remotely monitoring nest activity. *Journal of Field Ornithology* **77**, 418–424.

Hötker, H. (2010) Correction factors for hatching success rates of Meadow Birds not derived by the Mayfield method. *Wader Study Group Bull* **117**, 59–61.

Humbert, J.-Y., Pellet, J., Buri, P. & Arlettaz, R. (2012) Does delaying the first mowing date benefit biodiversity in meadowland? *Environmental Evidence* **1**, 9.

Issa, N. & Muller, Y. (2015) *Atlas des oiseaux de France métropolitaine: nidification et présence hivernale*. Delachaux et Niestlé.

Jiguet, Fr. (2016) Les résultats nationaux du programme STOC de 1989 à 2015.

Joyce, E.M., Sillett, T.S. & Holmes, R.T. (2001) AN INEXPENSIVE METHOD FOR QUANTIFYING INCUBATION PATTERNS OF OPEN-CUP NESTING BIRDS, WITH DATA FOR BLACK-THROATED BLUE WARBLERS. *Journal of Field Ornithology* **72**, 369–379.

Kentie, R., Both, C., Hooijmeijer, J.C. & Piersma, T. (2015) Management of modern agricultural landscapes increases nest predation rates in Black-tailed Godwits L imosa limosa. *Ibis* **157**, 614–625.

Kentie, R., Senner, N.R., Hooijmeijer, J.C.E.W., Márquez-Ferrando, R., Figuerola, J., Masero, J.A., Verhoeven, M.A. & Piersma, T. (2016) Estimating the Size of the Dutch Breeding Population of Continental Black-Tailed Godwits from 2007–2015 Using Resighting Data from Spring Staging Sites. *Ardea* **104**, 213–225.

Kleijn, D., Berendse, F., Smit, R. & Gilissen, N. (2001) Agri-environment schemes do not effectively protect biodiversity in Dutch agricultural landscapes. *Nature* **413**, 723–725.

Laidlaw, R.A., Smart, J., Smart, M.A. & Gill, J.A. (2015) The influence of landscape features on nest predation rates of grassland-breeding waders. *Ibis* **157**, 700–712.

MacDonald, M.A. & Bolton, M. (2008) Predation on wader nests in Europe. *Ibis* **150**, 54–73.

Mayfield, H.F. (1975) Suggestions for calculating nest success. *The Wilson Bulletin*, 456–466.

Murray, B.G. (2000) Measuring annual reproductive success in birds. *The Condor* **102**, 470–473.

Musters, C.J.M., Kruk, M., Graaf, H.J.D. & Keurs, W.J.T. (2001) Breeding Birds as a Farm Product. *Conservation Biology* **15**, 363–369.

van Paassen, A.G., Veldman, D.H. & Beintema, A.J. (1984) A simple device for determination of incubation stages in eggs. *Wildfowl* **35**, 173–178.

Pettorelli, N., Vik, J.O., Mysterud, A., Gaillard, J.-M., Tucker, C.J. & Stenseth, N.C. (2005) Using the satellite-derived NDVI to assess

ecological responses to environmental change. *Trends in ecology & evolution* **20**, 503–510.

Phelippon, C. & Dulac, P. (2016) Caractérisation et valorisation des zones de nidification de la Barge à queue noire en Marais breton vendéen.

Robin, F., Robin, J.-G., Dulac, P., Guéret, J.-P. & Piersma, T. (2012) Current state of Black-tailed Godwits Limosa limosa limosa breeding in France, 4.

Roodbergen, M., van der Werf, B. & Hötker, H. (2012) Revealing the contributions of reproduction and survival to the Europe-wide decline in meadow birds: review and meta-analysis. *Journal of Ornithology* **153**, 53–74.

Sabatier, R., Durant, D., Ferchichi, S., Haranne, K., Léger, F. & Tichit, M. (2015) Effect of cattle trampling on ground nesting birds on pastures: an experiment with artificial nests. *European Journal of Ecology* **1**, 5–11.

Sabatier, R., Grené, P., Léger, F., Doyen, L. & Tichit, M. (2010) Un modèle de co-viabilité pâturage–oiseaux prairiaux en marais.

Schauberger, B., Archontoulis, S., Arneth, A., Balkovic, J., Ciais, P., Deryng, D., Elliott, J., Folberth, C., Khabarov, N., Müller, C., Pugh, T.A.M., Rolinski, S., Schaphoff, S., Schmid, E., Wang, X., et al. (2017) Consistent negative response of US crops to high temperatures in observations and crop models. *Nature Communications* **8**, 13931.

Schekkerman, H. & Beintema, A.J. (2007) Abundance of invertebrates and foraging success of Black-tailed Godwit Limosa limosa chicks in relation to agricultural grassland management. *Ardea* **95**, 39–54.

Schekkerman, H., Teunissen, W. & Oosterveld, E. (2008) The effect of mosaic management on the demography of black-tailed godwit *Limosa limosa* on farmland. *Journal of Applied Ecology*, ???-???

Schekkerman, H., Teunissen, W. & Oosterveld, E. (2009a) Mortality of Black-tailed Godwit Limosa limosa and Northern Lapwing Vanellus vanellus chicks in wet grasslands: influence of predation and agriculture. *Journal of Ornithology* **150**, 133–145.

Schekkerman, H., Teunissen, W. & Oosterveld, E. (2009b) Mortality of Black-tailed Godwit Limosa limosa and Northern Lapwing Vanellus vanellus chicks in wet grasslands: influence of predation and agriculture. *Journal of Ornithology* **150**, 133–145.

Smart, J., Gill, J.A., Sutherland, W.J. & Watkinson, A.R. (2006) Grassland-breeding waders: identifying key habitat requirements for management. *Journal of Applied Ecology* **43**, 454–463.

Sorrel, S. (2009) Global oil depletion. *An assessment of the evidence for a near term peak in global oil production. A report produced by the Technology and Policy Assessment Function of the UK Energy Research Centre*.

Teunissen, W., Schekkerman, H., Willems, F. & Majoor, F. (2008) Identifying predators of eggs and chicks of Lapwing Vanellus vanellus and Black-tailed Godwit Limosa limosa in the Netherlands and the importance of predation on wader reproductive output. *Ibis* **150**, 74–85.

Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R. & Polasky, S. (2002) Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* **418**, 671.

Verhulst, J., Kleijn, D. & Berendse, F. (2007) Direct and indirect effects of the most widely implemented Dutch agri-environment schemes on breeding waders. *Journal of Applied Ecology* **44**, 70–80.

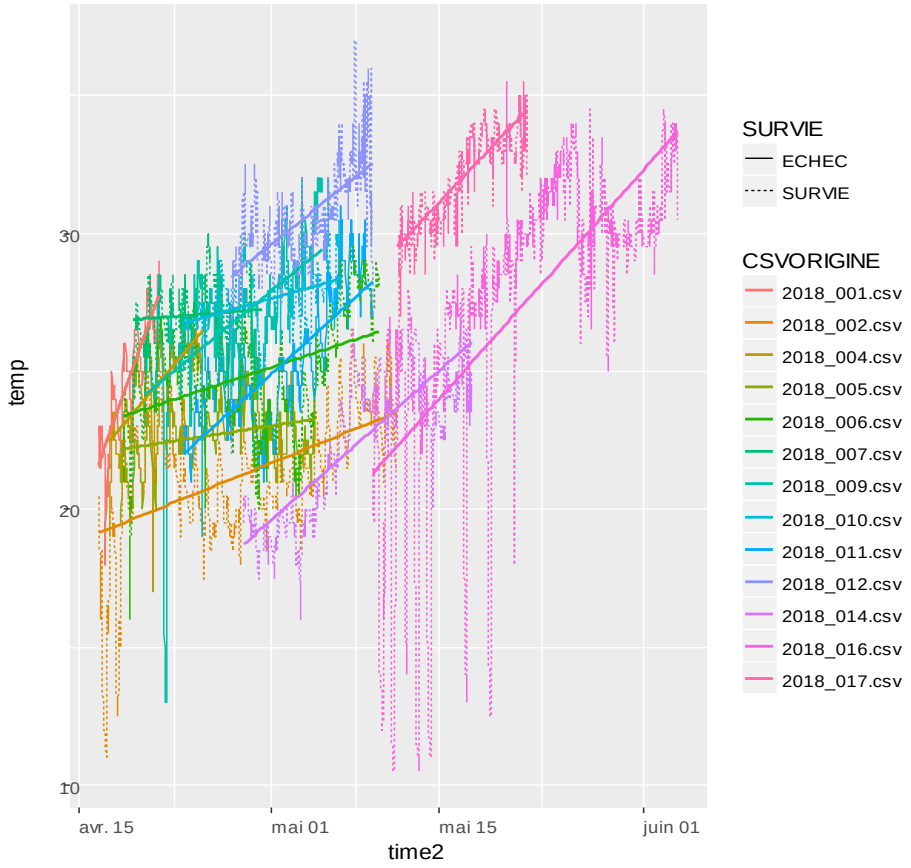
Wilson, J.D., Whittingham, M.J. & Bradbury, R.B. (2005) The management of crop structure: a general approach to reversing the impacts of agricultural intensification on birds?: Management of crop structure. *Ibis* **147**, 453–463.

ANNEXES

Annexe 1. Caractéristiques des nids avec loggers

Id_nids	Date_pose	Heure_pose	Date_predite_eclosion	Date_fin	Heure_fin	Date_recup	Survie
2018_001	16/04/2018	14:45:00	05/05/2018	21/04/2018	15:31	28/04/2018	Echec
2018_002	16/04/2018	16:00:00	05/05/2018	11/05/2018	08:57	11/05/2018	Survie
2018_004	17/04/2018	12:06:00	06/05/2018	25/04/2018	07:01	07/05/2018	Echec
2018_005	18/04/2018	11:44:00	09/05/2018	04/05/2018	15:30	07/05/2018	Echec
2018_006	18/04/2018	16:22:00	07/05/2018	10/05/2018	00:21	22/05/2018	Survie
2018_007	19/04/2018	10:59:00	25/04/2018	30/04/2018	06:25	30/04/2018	Survie
2018_008	19/04/2018	15:53:00	10/05/2018	20/04/2018	09:02	16/05/2018	Echec
2018_009	20/04/2018	11:35:00	11/05/2018	05/05/2018	05:34	16/05/2018	Echec
2018_010	23/04/2018	15:33:00	05/05/2018	06/05/2018	17:08	09/05/2018	Survie
2018_011	23/04/2018	17:01:00	12/05/2018	09/05/2018	09:31	18/05/2018	Echec
2018_012	27/04/2018	15:15:00	09/05/2018	09/05/2018	09:30	11/05/2018	Survie
2018_013	27/04/2018	16:30:00	18/05/2018	27/04/2018	16:30	03/05/2018	Echec
2018_014	28/04/2018	16:50:00	13/05/2018	17/05/2018	16:16	22/05/2018	Survie
2018_015	30/04/2018	17:15:00	12/05/2018	30/04/2018	23:46	16/05/2018	Echec
2018_016	09/05/2018	11:25:00	01/06/2018	03/06/2018	18:56	06/06/2018	Survie
2018_017	11/05/2018	12:20:00	23/05/2018	22/05/2018	06:21	28/05/2018	Survie
2018_018	28/05/2018	10:25:00	12/06/2018	30/05/2018	18:07	08/06/2018	Echec
2018_019	12/06/2018	09:50:00	13/06/2018	12/06/2018	13:20	18/06/2018	Echec

Annexe 2. Evolution des températures d'incubation entre la pose du logger et la fin d'incubation



Annexe 3. Cahier des charges des MAE en Marais breton

Engagement	Mesures surfaciques			
	Mesure Elevage et Prairie Humide	**Mesure Elevage et Prairie Humide sans intrants**	**Mesures "Maintien des baisses en eau"**	**Reconversion des Terres Arables (RTA)**
Code de la mesure	**PL_BRET_ZH1A**	**PL_BRET_ZH2A**	**PL_BRET_ ZH2C PL_BRET_ZH3A**	**PL_BRET_RP2A**
code + bio		**PL_BRET_MO2A**	**PL_BRET_ MO2C PL_BRET_MO3A**	
Niveau de la mesure	1	2	2 et 3	2
Diagnostic individuel			Obligatoire	
Plan de gestion	Mettre en oeuvre et enregistrer les interventions prescrites dans le plan de gestion. Le plan de gestion devra être établi par la Chambre d'agriculture de la Vendée et l'association pour le Développement du Bassin Versant de la Baie de Bourgneuf (structures agréées). Il pourra être ajusté, par les structures agréées, au cours de l'engagement.			
Engagement spécifique			Maintien du niveau d'eau jusqu'au : ZH2C : 1er avril sur au moins 10% de la surface engagée ZH3A 4 : 1er mai sur au moins 20% de la surface engagée	Mise en place de prairie avec couverts autorisés avant le 15 mai 2015
Conservationde la prairie permanente	Interdit de labourer, niveler, drainer, combler les parties basses			
Fertilisation NPK	Limitée à 50 unités d'azote (minérale et organique)	Interdite		
Utilisation des produits phytosanitaires	Aucun traitement sauf en localisé sur chardons, rumex et plantes envahissantes			
Chargement moyen	Chargement moyen annuel limité à 1,4 UGB/ha/an	Chargement moyen annuel limité à 1,2 UGB/ha/an		
Dates de pâturage	Interdit du 1er janvier au 30 janvier inclus	Autorisé avec un chargement parcellaire instantané limité à 0.6 UGB/ha entre le 1er janvier et le 1er mars		
Dates de fauche	Marais doux : à partir du 1er juin Marais salé : à partir du 25 mai	Marais doux : à partir du 10 juin Marais salé : à partir du 5 juin	Marais doux : à partir du 10 juin Marais salé : à partir du 5 juin	Marais doux : à partir du 1er juin Marais salé : à partir du 25 mai
Enregistrement des pratiques à la parcelle	- interventions mécaniques (fauche, broyage, apport de fertilisation…) : date, nature de l'intervention et matériel utilisé - pratiques de pâturage (durée du pâturage, nombre et types d'animaux présents sur les parcelles engagées)			
Rémunération	150 €/ha/an	216 €/ha/an	ZH2C : 287 €/ha/an ZH3A : 302 €/ha/an	326 €/ha/an

RESUME

L'intensification de l'agriculture en Europe, et notamment aux Pays-Bas, a entrainé le déclin de la sous espèce *Limosa limosa limosa* de la Barge à queue noire depuis 50 ans. Or, en Marais breton la population de barges à queue noire, qui est la plus importante de France, semble stable. Le suivi de cette population est donc un enjeu capital pour d'une part comprendre pour quelles raisons seule celle-ci semble avoir une dynamique positive, et d'autre part essayer de trouver les clés pour conforter cette population et endiguer la régression de l'espèce dans les autres secteurs de nidification. Ainsi en 2018 l'étude a porté sur un des paramètres du succès de reproduction, le succès des nids ainsi que les facteurs pouvant l'influencer tels que la gestion des parcelles. Des enregistreurs de température ont été déposés dans les nids et une caractérisation agro-environnementale des parcelles a été réalisée. Ce recensement du succès d'éclosion a permis d'estimer le taux de survie de la population à 0,32. Du fait d'un faible échantillon inhérent aux objectifs portés, l'étude n'a pas permis d'identifier clairement les facteurs influençant la survie des nids mais permet cependant d'apporter de sérieuses pistes pour l'orientation des futures recherches et l'amélioration de la gestion agricole du marais.

MOTS-CLES - Barge à queue noire ; survie des nids ; gestion agricole ; caractéristiques du paysage ; Marais breton

ABSTRACT

The nominate subspecies of the Black-tailed Godwit, *Limosa limosa limosa* has been declining for 50 years due to intensification of agriculture and particulary in the Netherlands. But in Marais Breton, the population of the Black-tailed Godwit, the biggest in France seems stable. The monitoring of this population is therefore a crucial issue to understand why it seems to have a positive dynamic and to try to find the keys to comfort this population and stop the decline of the species in other nesting areas. Thus, in 2018 the study focused on one of the parameters of breeding success, nest succes as well as the factors that can influence it, such as agriculture management. Thermologgers were installed in nests and an agro-environmental characterization of the area was carried out. The survival rate of the nests was estimated at 0.32. Because of the small sample resulting from our main objectives, the present study didn't clearly success to identify the factors influencing nest survival but nevertheless helps to guide future research and agricultural management.

KEY-WORDS - Black-tailed Godwit ; nest success ; agricultural management ; landscape features ; Marais breton