

2014-2015

Master 2 Ecologie Environnement

Spécialité Zones humides continentales et littorales : écologie et éco-ingénierie

Stratégies d'utilisation de l'espace chez la Gorgebleue à miroir de Nantes

(*Luscinia svecica namnetum*, Mayaud 1934)

Analyse inter-sites et à l'échelle des marais salants du Mès (Loire-Atlantique)



Harmange Clément

Sous la direction de :

Matthieu Marquet : Parc naturel régional de Brière
Laurent Godet : CNRS, UMR 6554 LETG Nantes Géolittomer

Membres du jury

M. Secondi Jean, Maître de conférences, GECCO

M. Ballouche Aziz, Professeur, UMR CNRS 6554 LETG-LEESA

Mme Davranche Aurélie, Maître de conférences, UMR CNRS 6554 LETG-LEESA | Correspondant universitaire



Soutenu publiquement à Angers le :
10 septembre 2015



L'auteur du présent document vous autorise à le partager, reproduire, distribuer et communiquer selon les conditions suivantes :



- Vous devez le citer en l'attribuant de la manière indiquée par l'auteur (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'il approuve votre utilisation de l'œuvre).
- Vous n'avez pas le droit d'utiliser ce document à des fins commerciales.
- Vous n'avez pas le droit de le modifier, de le transformer ou de l'adapter.

**Consulter la licence creative commons complète en français :
<http://creativecommons.org/licences/by-nc-nd/2.0/fr/>**

Ces conditions d'utilisation (attribution, pas d'utilisation commerciale, pas de modification) sont symbolisées par les icônes positionnées en pied de page.



ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussigné(e) HARMANGE CLEMENT.....
déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une
partie d'un document publiée sur toutes formes de support, y compris l'internet,
constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.
En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées
pour écrire ce rapport ou mémoire.

signé par l'étudiant(e) le 20 / 08 / 2015

**Cet engagement de non plagiat doit être signé et joint
à tous les rapports, dossiers, mémoires.**

Présidence de l'université
40 rue de rennes – BP 73532
49035 Angers cedex
Tél. 02 41 96 23 23 | Fax 02 41 96 23 00



REMERCIEMENTS

Je souhaite tout d'abord remercier mes co-encadrants Matthieu Marquet (Chargé de mission Natura 2000) et Laurent Godet (Chargé de recherche CNRS) pour m'avoir accordé leur confiance en me recrutant pour ce stage. Je les remercie de leur aide précieuse, tant dans la réalisation de la campagne terrain que dans le traitement des données et la rédaction de ce rapport. Je les remercie aussi pour leur accueil chaleureux, leur bonne humeur quotidienne, leur disponibilité, et leur pédagogie. Enfin, je les remercie pour leur générosité dans la transmission des connaissances sur l'avifaune.

Au même titre, je souhaite remercier Jérôme Fournier, chargé de recherche au CNRS et bagueur formateur au CRBPO-MNHN, pour la mise en place des émetteurs et le baguage nécessaires à l'étude. Je le remercie également pour m'avoir fait confiance en m'autorisant à manipuler les oiseaux en sa présence, ainsi que pour sa pédagogie et ses conseils riches d'informations sur la manipulation des individus.

Je remercie également l'équipe d'Arild Johnsen du Muséum d'Histoire Naturelle d'Oslo pour leur aide précieuse sur le terrain et nous avoir permis de recapter les individus les plus récalcitrants. Je remercie toutes les personnes qui m'ont aidé sur le terrain, à savoir Patrick Bonnet (Chargé de mission éducation au PnrB), Julie Dietrich (stagiaire PnrB), Théo Emeriau (stagiaire PnrB), et Nicolas Grare (ami).

Ensuite, je souhaite remercier l'équipe du Parc naturel régional de Brière pour leur accueil, ainsi que l'ambiance chaleureuse et détendue qui se dégage de ce groupe. Je remercie particulièrement Florian Stevenin (Technicien MAE au PnrB), Julie Dietrich, Théo Emeriau et Valentin Coupé (stagiaire PnrB), pour avoir partagé le même bureau dans une très bonne ambiance.

Pour finir, je voudrais dire un grand merci à toute l'équipe de paludiers des marais salants du bassin du Mès pour leur hospitalité, leur soutien précieux, leur bonne humeur et je les remercie particulièrement de m'avoir autorisé à déambuler jours et nuits sur leurs marais salants sans quoi cette étude n'aurait été possible.

Présentation des structures d'accueil

Parc naturel régional de Brière

Le Parc naturel régional de Brière (ou PnrB), créé en 1970, est un des plus anciens Parcs naturels régionaux français. Il est géré par un syndicat mixte qui est composé de 20 communes adhérentes (**Figure 1**), de la ville de Nantes, du Département de Loire-Atlantique, de la Région Pays-de-la-Loire, de la Commission Syndicale de Grande Brière Mottière, du Syndicat du Bassin Versant du Brivet et des quatre intercommunalités du territoire (CAP Atlantique, la CARENE et les communautés de communes Loire-et-Sillon et Pont-Château Saint-Gildas-des-Bois). L'équipe du Parc est composée de vingt-huit agents permanents répartis dans différents services : service aménagement et biodiversité, service tourisme et vie du territoire, service administratif et financier.

Le champ d'action du Parc repose sur 3 axes : « Valoriser un héritage exceptionnel et favoriser un développement innovant et durable », « Être innovants ensemble » et « Préserver les patrimoines naturels et paysagers et atouts singuliers du territoire ». Notre étude s'inscrit dans ce dernier volet et plus particulièrement dans l'objectif stratégique « Gérer et préserver la biodiversité ». Le Parc doit constamment participer à l'acquisition de connaissances, raison pour laquelle a été développé un partenariat avec le laboratoire LETG Nantes Géolittomer afin d'approfondir les connaissances sur la Gorgebleue à miroir de Nantes.

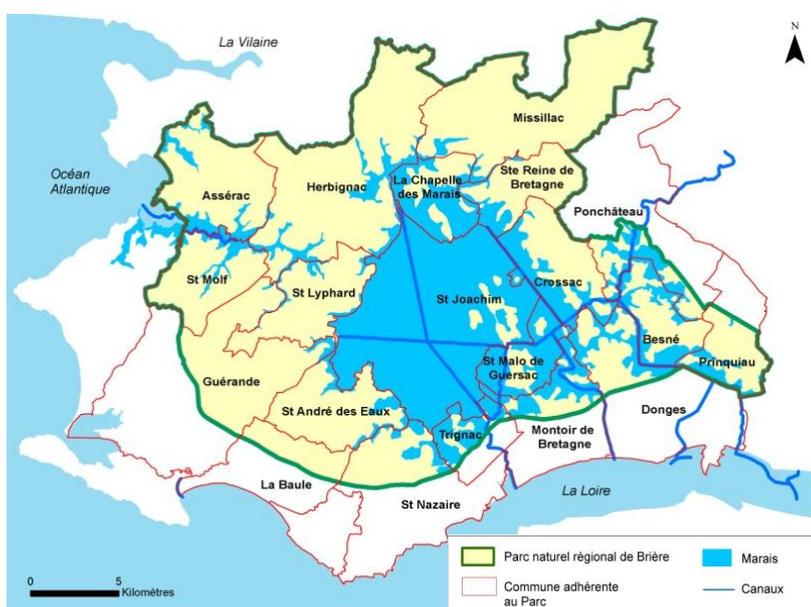


Figure 1. Périmètre du Parc naturel régional de Brière pour la période 2014-2026. Source : Parc naturel régional de Brière, 2014.

Laboratoire LETG Nantes Géolittomer – UMR 6554

Le laboratoire LETG (Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique) est une unité mixte de recherche répartie sur 5 sites (Nantes, Brest, Rennes, Caen, Angers), qui est composée de 82 membres permanents parmi lesquels des Professeurs (18), Maîtres de conférences (41), Directeurs de recherche (3), Chargés de recherche (8), Ingénieurs (7), assistants ingénieurs (3) et un technicien. Les doctorants sont au nombre de 48. Les activités de recherche de ce laboratoire sont portées par deux équipes qui s'intéressent pour l'essentiel à l'étude des interactions homme-milieu le long d'un continuum terre-mer. C'est dans ce cadre qu'un partenariat a été développé avec le Parc naturel régional de Brière concernant la Gorgebleue à miroir, passereau inféodé aux milieux littoraux.

Sommaire

INTRODUCTION

I. MATERIEL ET METHODES

1. SITES D'ETUDE
 - a) *Les marais-salants du Mès (Loire-Atlantique)*
 - b) *Les roselières de la Réserve Pierre Constant (Loire-Atlantique)*
 - c) *Les schorres de la Pointe d'Arçay (Vendée)*
2. MODELE BIOLOGIQUE
 - a) *Généralités sur la Gorgebleue à miroir (Luscinia svecica, Linnaeus 1758)*
 - b) *La Gorgebleue à miroir de Nantes (Luscinia svecica namnetum, Mayaud 1934)*
3. METHODES DE TERRAIN
 - a) *Capture et équipement des individus*
 - b) *Suivi télémétrique*
4. ANALYSES DE DONNEES
 - a) *Calcul des surfaces de domaines vitaux et territoires*
 - b) *Taille des domaines vitaux et territoires : comparaison inter-sites et évolution temporelle*
 - c) *Facteurs déterminant la surface des domaines vitaux et des territoires*
 - d) *Stratégies territoriales en marais salants*

II. RESULTATS

- a) *Taille des domaines vitaux et territoires : comparaison inter-sites et évolution temporelle*
- b) *Facteurs déterminant la surface des domaines vitaux et des territoires*
- c) *Stratégies territoriales en marais salants*

III. DISCUSSION

- a) *Taille des domaines vitaux et territoires : comparaison inter-sites et évolution temporelle*
- b) *Facteurs déterminant la surface des domaines vitaux et des territoires*
- c) *Stratégies territoriales en marais salants*

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

TABLE DES ILLUSTRATIONS

TABLE DES MATIERES

Introduction

Les zones côtières, favorables au développement d'activités socio-économiques, ont subi une pression anthropique (Small et Nicholls, 2003 ; Bailey, 2004) par laquelle l'Homme a laissé une empreinte à travers la modification des paysages et écosystèmes, impactant la biodiversité (Halpern *et al.*, 2008). Les marais salants, milieux façonnés par l'Homme depuis plusieurs siècles en France [IXème siècle (Thompson, 1999) et même VIème siècle (Forré et Ménanteau, 2007)], représentent particulièrement bien les zones littorales fortement anthropisées. Ces milieux, caractérisés par une imbrication d'éléments géométriques, tels que les digues, les étiers, et les bassins à salinité différente, constituent des paysages contraignants pour la faune terrestre (Dominik *et al.*, 2012).

Cependant, certaines espèces utilisent une grande gamme d'habitats le long d'un gradient d'anthropisation (Devictor *et al.*, 2008). Bien que l'abondance, la richesse et la diversité spécifique des passereaux diminuent, en réponse à une augmentation des contraintes paysagères en marais salants (Dominik *et al.*, 2012), un seul passereau semble s'installer préférentiellement dans les zones de cœurs des salines: la Gorgebleue à miroir (*Luscinia svecica*, Linnaeus 1758) (Dominik *et al.*, 2012). Au cœur des salines, cette espèce représente même jusqu'à 40% de l'abondance totale de passereaux nicheurs (Taillandier *et al.*, 1985 in Allano *et al.*, 1994).

Cette étude s'intéresse particulièrement à la Gorgebleue à miroir de Nantes (*Luscinia svecica namnetum*, Mayaud 1934), morphotype endémique des milieux littoraux de la façade atlantique ouest-européenne (Zink *et al.*, 2003), qui semble très plastique et est en progression démographique et géographique (Eybert *et al.*, 2004). Bien que les marais salants de Guérande furent considérés comme foyer principal de reproduction de ce morphotype (Eybert et Questiau, 1999 ; Geslin *et al.*, 2002 ; Eybert *et al.*, 2004), la reproduction a lieu du bassin d'Arcachon à la baie du Mont Saint-Michel (Eybert *et al.*, 1999). Le long de la façade atlantique, la Gorgebleue à miroir de Nantes utilise comme habitats les talus de marais salants, les schorres, mais aussi les phragmitaies, notamment dans les marais intérieurs, constituant ses trois habitats principaux (Geslin, 2002 ; Eybert *et al.*, 2004 ; Eybert, 2008). A ce jour, aucune étude synchronique n'avait été réalisée dans le but d'étudier les variations d'utilisation de l'espace sur les trois habitats préférentiels du morphotype *namnetum* : les schorres, les roselières et les marais salants.

L'objectif de notre étude est, par une méthode de radiopistage, d'approfondir la connaissance de l'utilisation de l'espace par les Gorgebleues à miroir de Nantes (*Luscinia svecica namnetum*) selon un gradient d'anthropisation : depuis un site très anthropisé aux paysages contraignants (les marais salants du Mès, Loire-Atlantique), en passant par des roselières colonisées récemment par l'espèce (Réserve Pierre Constant, Loire-Atlantique), jusqu'aux sites de nidification

probablement « originels » que sont les schorres (Pointe d'Arçay, Vendée). Pour se faire, nous organiserons notre réflexion autour de 3 questions: **(1) L'utilisation de l'espace par la Gorgebleue à miroir est-elle similaire entre trois habitats privilégiés de zones humides du morphotype *namnetum* suivant un gradient d'anthropisation (marais salants, roselières et schorres) et évolue-t-elle au cours du temps ? (2) Quels sont les facteurs déterminant l'utilisation de l'espace ? (3) Existe-t-il des stratégies d'utilisation de l'espace différentes entre individus ?**

En tenant compte des caractéristiques individuelles, paysagères et sociales, Godet *et al.* (2015) ont démontré que les Gorgebleues adaptent la taille de leur domaine vital¹ en l'augmentant en réponse aux contraintes paysagères croissantes imposées par les marais salants. Les surfaces en schorres et en étier semblent être les éléments paysagers les plus favorables aux Gorgebleues, contrairement aux bassins qui contribuent à augmenter la surface des domaines vitaux. Godet *et al.* (2015) soulignent alors que le rôle attractif des marais salants serait discutable par rapport aux habitats naturels de schorres qu'ils remplacent. Nous pouvons donc nous attendre à ce que les tailles de domaines vitaux et de territoires² soient plus importantes dans des habitats à forte contrainte paysagère représentés par les marais salants et soient plus restreintes suivant le gradient d'anthropisation vers les roselières puis les schorres. Cependant, une évolution de la surface des domaines vitaux au fil de la saison de reproduction pourrait être observée, notamment pendant le pic de fertilité des femelles (Møller, 1990).

Concernant notre deuxième question, nous nous attendons à ce que les domaines vitaux soient principalement influencés par la structure paysagère dans les marais salants et plus particulièrement par les surfaces de schorres et d'étier (Godet *et al.*, 2015).

Concernant notre troisième question, deux stratégies territoriales différentes semblaient se dessiner d'après les suivis par radiopistage effectués sur cette espèce dans les marais salants l'an passé (Monnet, 2014). Certains mâles, dits « résidents », défendaient ardemment leur territoire, alors que d'autres dits « flottants », démontraient peu de comportements territoriaux et avaient un domaine vital très vaste, se superposant aux territoires d'autres mâles. Compte tenu de ces observations, nous pouvons nous attendre à identifier deux stratégies territoriales différentes au sein des marais salants.

¹ Domaine vital : « Surface traversée par un individu pendant ses activités normales de recherche de nourriture, de reproduction et de soins aux jeunes » (Burt, 1943)

² Territoire : « Toute surface défendue » (Noble, 1939)

I. Matériel et méthodes

1. Sites d'étude

L'ensemble des questions soulevées par cette étude est abordé à l'échelle du site des marais salants du Mès, excepté la question n°1 consistant en une étude comparative de l'utilisation de l'espace sur trois habitats de zones humides différents. Il s'agit, suivant un gradient décroissant d'anthropisation, des marais salants du bassin du Mès (Loire-Atlantique), des roselières de la Réserve Pierre Constant (Loire-Atlantique), et des schorres de la Pointe d'Arçay (Vendée).

a) Les marais-salants du Mès (Loire-Atlantique)

Les marais-salants du Mès constituent notre principal site d'étude. Cette zone de 590 ha est située dans le périmètre du Parc naturel régional de Brière depuis sa création (**Figure 2**). Ces marais salants sont constitués en grande partie par des zones en eau représentées majoritairement par les bassins salicoles, le cours d'eau du Mès et ses chenaux affluents (**Annexe I**). Les bassins sont entrecoupés par des réseaux de digues argileuses enherbées, de schorres et de quelques patchs de roselières. La matrice environnante est principalement constituée de zones agricoles (Godet *et al.*, 2015).

b) Les roselières de la Réserve Pierre Constant (Loire-Atlantique)

La Réserve Pierre Constant est une des trois entités de la Réserve naturelle régionale des Marais de Brière, et est située au cœur du marais indivis de Grande Brière Mottière (Loire-Atlantique, **Figure 2**) (Muséum National d'Histoire Naturelle, 2003-2015). Elle est incluse depuis 1975 dans le Parc naturel régional de Brière, classé en tant que tel depuis 1970. Cette réserve est un site de 25 ha situé sur la commune de Saint-Malo-de-Guersac. Les habitats qui la composent sont des roselières (16%), des prairies inondables (16%) et des plans d'eau (40%) dont une grande partie creusés artificiellement ce qui souligne une certaine anthropisation du site (**Annexe II**). Les 28% restants du recouvrement en sol sont constitués de milieux de transition et de boisements (Marquet *et al.*, 2014 ; Dietrich, 2015).

c) Les schorres de la Pointe d'Arçay (Vendée)

La Pointe d'Arçay, située sur le littoral vendéen en lisière du Parc naturel régional du Marais poitevin (**Figure 2**), constitue un espace de près de 400 ha soumis à trois régimes de gestion. Elle est classée en Réserve de chasse depuis 1951 (gérée par l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage), Réserve biologique dirigée depuis 1982 (gérée par l'Office National des Forêts) et sous gestion du Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres depuis 2008 pour le Domaine Public Maritime (Gouguet, 2010 ; Malo, 2015). De par cette accumulation des politiques de gestion et la fermeture au public, cette zone a été en très grande partie préservée des pressions anthropiques.

Ces schorres sont caractérisés par un fort recouvrement en Obione (*Halimione portulacoides*, Aellen 1938) et en Soude vraie (*Suaeda vera*, Forssk. ex J.F.Gmel., 1791), entrecoupés de chenaux (**Annexe III**).

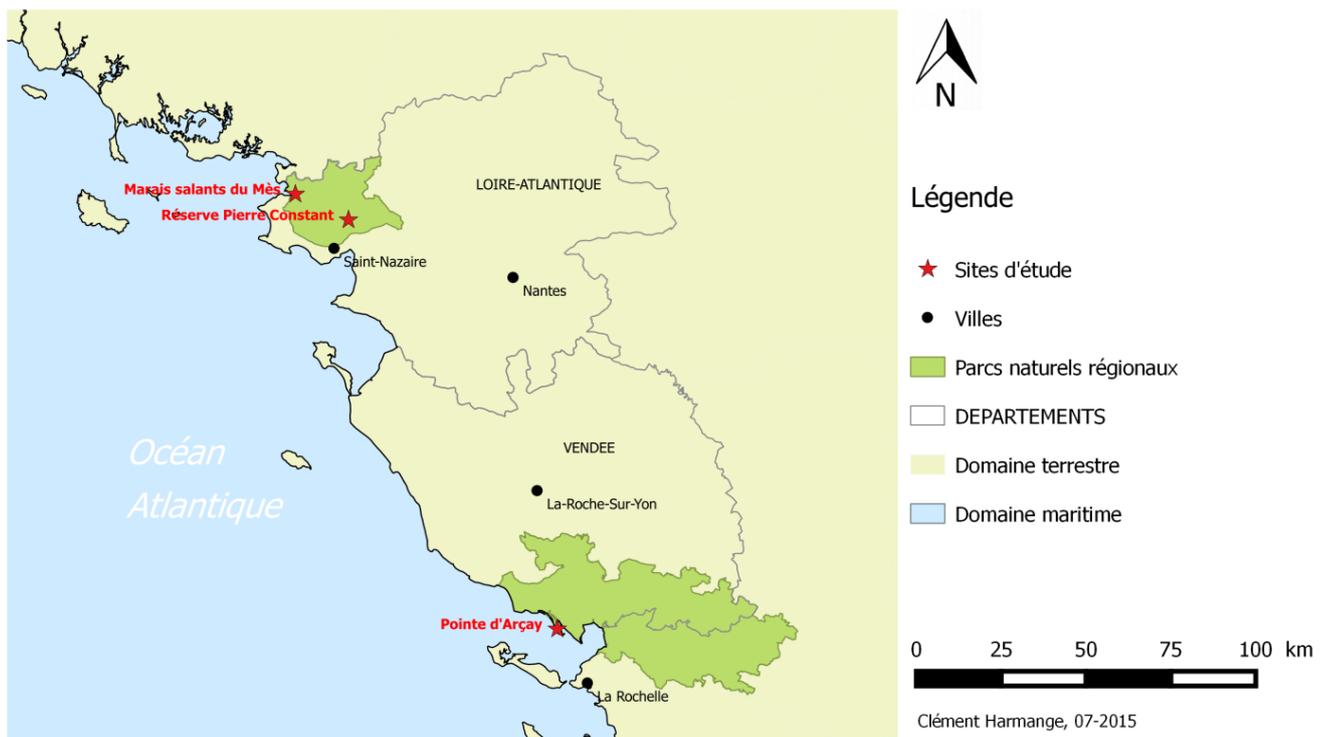


Figure 2. Cartographie représentant les trois sites d'étude de la Gorgebleue à miroir de Nantes sur la façade atlantique française dans les Parcs naturels régionaux de Brière (au nord) et du Marais poitevin (au sud). Réalisée à partir du logiciel QGIS (QGIS Development Team, 2014).

2. Modèle biologique

a) Généralités sur la Gorgebleue à miroir (*Luscinia svecica*, Linnaeus 1758)

La Gorgebleue à miroir (*Luscinia svecica*, Linnaeus 1758) est un passereau de la famille des Muscipidae (Sibley et Ahlquist, 1990 *in* Geslin, 2002 ; Sibley et Monroe, 1990 *in* Geslin, 2002). Cette espèce est très largement répartie, de la façade atlantique ouest-européenne à l'extrême est de la Russie (Glutz von Blotzheim et Bauer, 1994 *in* Geslin, 2002) et l'Alaska (Zink *et al.*, 2003 ; Eybert *et al.*, 2004). Elle est socialement monogame mais polygame sexuellement puisque bien qu'elle forme des couples pour la défense du territoire et l'élevage des jeunes, les copulations extra-conjugales sont fréquentes (Smiseth et Amundsen, 1995 ; Krokene *et al.*, 1996 ; Questiau *et al.*, 1999). Ce passereau est caractérisé par un dimorphisme sexuel très marqué (Eybert *et al.*, 1999), que ce soit au niveau de la coloration ou des mensurations (Constant et Eybert, 1995 ; Eybert *et al.*, 1999), ainsi que par un comportement territorial fort, aussi bien hivernal qu'en période de reproduction (Eybert *et al.*, 1989).

Cette espèce est polytypique, ce qui signifie qu'elle est subdivisée en sous-espèces (Zink *et al.*, 2003). Une dizaine de sous-espèces ont été décrites selon divers critères [mensurations, variations ornementales du plumage, réflectance UV, différences de chants (Eybert *et al.*, 2004 ; Arizaga *et al.*, 2006 ; Johnsen *et al.*, 2006 ; Turčoková *et al.*, 2010 ; Turčoková *et al.*, 2011)]. Pour cette raison et la faible différenciation génétique entre les sous-espèces, certains auteurs préfèrent l'emploi des termes « morphes » ou « morphotypes » (Questiau *et al.*, 1998 ; Eybert *et al.*, 2004) auxquels nous nous référerons dans la suite de ce rapport.

La Gorgebleue à miroir bénéficie d'une protection nationale depuis 1981 (par l'arrêté du 17 avril 1981 auquel a fait suite l'arrêté du 29 octobre 2009) ainsi qu'au niveau européen [annexe I de la Directive « Oiseaux » 79/409/CCE (2 avril 1979) et annexes II et III de la convention de Berne (19 septembre 1979) fixant respectivement les espèces faunistiques strictement protégées et protégées] (Eybert *et al.*, 2004 ; Muséum national d'Histoire naturel, 2003-2015). Même si les populations françaises se portent bien, la Gorgebleue reste une espèce vulnérable en raison des pressions qui pèsent sur les zones humides (Constant et Eybert, 1995 ; Eybert et Questiau, 1999).

Parmi les morphotypes décrits, seulement trois sont présents en France (Mayaud, 1938 ; Eybert *et al.*, 1999 ; Eybert *et al.*, 2004 ; Thomas, 2006) dont deux sont nicheurs : *Luscinia svecica cyaneula* (Wolf, 1810) et *Luscinia svecica namnetum* (Mayaud, 1934) (*L.s.svecica* est de passage occasionnel en France). Ces deux morphotypes nicheurs sont à miroir blanc. *L.s.cyaneula* se reproduit des Pays baltes à l'est et au nord de la France, dans le bassin du Rhône, en Savoie et dans l'estuaire de la Seine (Eybert *et al.*, 1999).

b) La Gorgebleue à miroir de Nantes (*Luscinia svecica namnetum*, Mayaud 1934)

La Gorgebleue à miroir blanc de Nantes (*Luscinia svecica namnetum*, Mayaud 1934), se distingue des autres morphotypes par le fait qu'elle soit le plus petit des morphes de l'espèce (Questiau *et al.*, 1998). Endémique de la façade atlantique ouest-européenne, elle est inféodée aux milieux littoraux ouverts à forte salinité (Thomas, 2006). Elle se reproduit du bassin d'Arcachon à la baie de Douarnenez, et atteint la baie du Mont Saint-Michel depuis 1997 (Eybert *et al.*, 1999). Elle pénètre depuis quelques années dans les terres vers les marais intérieurs comme le marais de Brière. Cette expansion géographique s'est accompagnée d'une expansion démographique (Eybert *et al.*, 2004).

L'arrivée des premiers individus sur le site de reproduction a lieu la première quinzaine de mars, voire vers le 20 mars pour les individus nichant à Guérande (Eybert *et al.*, 2004). Cette arrivée ne se fait pas de manière synchrone puisque les individus les plus âgés arrivent les premiers (Geslin, 2002). Les mâles âgés arrivent en moyenne 7 jours plus tôt que les jeunes mâles jamais accouplés (subadultes), 11 à 12 jours avant les femelles adultes et environ 20 jours avant les femelles subadultes (Geslin, 2002 ; Eybert *et al.*, 2004). L'arrivée des mâles avant celle des femelles leur permet de s'installer et commencer à défendre un territoire de reproduction (Eybert *et al.*, 2004).

Les Gorgebleues sont des passereaux très territoriaux. Ils défendent un territoire de reproduction d'une surface variable de 500 m² à plus de 2 ha incluant généralement le site de nidification (Geslin, 2002 ; Eybert *et al.*, 2004).

Le chant est utilisé pour attirer les femelles (Merilä et Sorjonen, 1994) et contribue donc à la formation des couples. Le chant peut se faire sur des perchoirs [principalement des buissons de Soude vraie (*Suaeda vera*) dans les marais salants (Eybert *et al.*, 2004)] ou être émis au cours du vol. C'est notamment le cas du vol territorial au cours duquel l'oiseau laisse pendre ses ailes, la queue en

éventail, et étire sa tête en arrière exposant son miroir et sa gorge bleue à la femelle ou au mâle concurrent (Andersson et Amundsen, 1997 ; Eybert *et al.*, 2004).

Une fois que la copulation a eu lieu, la femelle choisit l'emplacement de son nid, au sol (Eybert *et al.*, 2004). Son choix est déterminant pour faire face aux intempéries et à la prédation, principal facteur de mortalité des jeunes au nid (Bonnet, 1984 ; Eybert *et al.*, 2004).

La Gorgebleue à miroir pond, en France, de 3 à 6 œufs, à raison d'un œuf par jour déposé le matin (Geslin, 2002 ; Eybert *et al.*, 2004). L'incubation est assurée uniquement par la femelle, à partir de la ponte du dernier œuf et dure environ 13 jours (Geslin, 2002 ; Eybert *et al.*, 2004). Deux nichées surviennent généralement entre les mois d'avril et juillet avec pontes de remplacement possibles en cas d'échec (Geslin, 2002 ; Eybert *et al.*, 2004). Les femelles adultes pondent environ 6 jours plus tôt que les femelles subadultes qui pondent pour la première fois (Geslin, 2002). Les conditions météorologiques peuvent influencer les dates de ponte, notamment les fortes pluviosités pouvant engendrer un retard de 8 à 15 jours (Eybert *et al.*, 2004).

Pour préparer la migration post-nuptiale, une mue complète a lieu à la fin de la période de reproduction, avant le départ en migration, qui se fait principalement vers le Portugal (notamment dans l'estuaire du Tage) et vers l'Espagne (Eybert *et al.*, 2004).

3. Méthodes de terrain

a) Capture et équipement des individus

La capture des mâles a été réalisée selon deux méthodes. La première, utilisée dans les milieux à végétation basse (marais salants du Mès et schorres de la Pointe d'Arçay), est l'utilisation de pièges poteaux ou clap-nets (MoudryTM PT30; Moudry, Czech Republic), avec diffusion de chants territoriaux (Schulze, 2004) à l'aide d'une repasse audio. Pour cette méthode, l'équipement d'un site était réalisé après avoir repéré un mâle chanteur *a priori*. La seconde méthode, plus utilisée dans la végétation haute (roselières de la Réserve Pierre Constant), consistait à tendre des filets avec repasse audio.

Pour chaque individu capturé les mesures de masse, taille de tarse, longueur de l'aile pliée, taille de bec (bec et tête bec), longueur de rectrice, longueur de la troisième rémige, hauteur de miroir, hauteur de la bande rousse, diamètre de la protubérance cloacale, hauteur de la protubérance cloacale ont été effectuées par un seul bagueur sur les trois sites, et les individus ont été âgés selon les caractéristiques du plumage en deux catégories : les subadultes (individus nés l'année précédente et assurant leur première reproduction, dits « 2A ») et les adultes (individus nés au moins deux ans avant la capture, et se reproduisant au moins pour la deuxième fois, dits « +2A »).

En plus de ces mesures, tous les individus capturés ont été équipés d'une bague métallique du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, et de trois bagues couleurs (la bague située sur la même patte que la bague métal est une bague dite « millésime » dont la couleur correspond à une

année de capture ; les deux autres bagues situées sur la seconde patte représentent une combinaison couleur propre à l'individu).

Enfin, avant d'être relâchés, les individus ont été équipés d'un radio-émetteur développé spécifiquement pour cette étude sur ce morphotype par la société Biotrack (Wareham, Dorset, UK). Ces émetteurs (*PIP3 single cell tag*, longueur : 10 mm, largeur : 4 mm, épaisseur : 2 mm, poids maximal de 0,48 g, batterie « *Ag317* » durée de vie supérieur à 16 jours, émission du signal 20 ms et 50 ppm) ont été posés selon la méthode décrite par Fournier *et al.* (2013), sur le rachis des 2 rectrices centrales en dessous de la glande uropygienne. L'émetteur est perdu avec la mue de ces plumes qui sont muées avant le départ en migration ce qui évite toute gêne et tout surcoût énergétique lors de la migration (juillet). Une fois ces manipulations effectuées, chaque individu a été relâché à l'endroit exact de sa capture.

b) Suivi télémétrique

Le suivi télémétrique a commencé au minimum six heures après que les individus ont été relâchés. Il a été réalisé par trois opérateurs différents sur les trois sites durant toute la durée de vie des émetteurs, à savoir du 7 au 30 avril 2015 (23 jours) de 6h30 à 22h sur la Pointe d'Arçay, du 13 avril au 8 mai 2015 (25 jours) sur une amplitude horaire de 6h à minuit sur les marais salants du Mès, et du 17 avril au 12 mai 2015 de 5h32 à 00h05 à la Réserve Pierre Constant.

La localisation par radio-télémétrie a été réalisée à l'aide d'une antenne Yagi © 4MHz reliée à un récepteur SIKA © 4MHz. Les individus ont été localisés par triangulation et leurs points de localisation (ou « fixes ») ont été reportés sur un fond de carte sur le terrain, puis entrés sous QGIS (QGIS Development Team, 2014). Pour chaque localisation ont été reportés les date, heure, numéro d'émetteur de l'individu (**Annexe IV** : code Muséum correspondant au numéro d'émetteur), et tout comportement de chant, parade, construction de nid, nourrissage, becquée ou autre remarque. Afin d'éviter un biais dû à l'heure de la journée dans la collecte de données, les localisations des individus ont été réalisées en variant les horaires de pistage et en changeant régulièrement de parcours.

4. Analyses de données

a) Calcul des surfaces de domaines vitaux et territoires

Les territoires se distinguent des domaines vitaux par le fait qu'ils ne tiennent compte que des localisations où le mâle a été observé en train de chanter. Ces surfaces ont été tracées et estimées par la méthode des Polygones Convexes Minimum ou MCP (Minimum Convex Polygon) (Mohr 1947; White et Garott, 1990), à partir des coordonnées de localisations acquises par télémétrie grâce au package *adehabitatHR* (Calenge, 2006) sous le logiciel *R* (R Development Core Team, 2008).

Nous avons procédé à la création de MCP de 100% à 70% avec un pas de 5% pour les domaines vitaux, correspondant aux surfaces de domaines vitaux desquelles ont été retirés respectivement les 0 à 30% des localisations les plus extrêmes par rapport au barycentre de chaque polygone. Ceci

permet d'atténuer le biais soulevé par Worton (1987) qui signale que les localisations extrêmes influencent fortement la surface des MCP. Les surfaces de territoires ont été estimées uniquement par MCP 100 pour deux raisons : d'une part pour une question de pertinence (meilleure cohérence de conserver tous les points où l'individu affirme sa présence par un chant) et d'autre part car le nombre de localisations de territoires est trop faible pour tracer les MCP de pourcentages inférieurs.

b) Taille des domaines vitaux et territoires : comparaison inter-sites et évolution temporelle

Cette analyse prend en compte tous les mâles suivis à la Pointe d'Arçay et à la Réserve Pierre Constant (2015), ainsi que les individus les mieux suivis entre 2013 et 2015 dans les marais salants du Mès (selon trois critères : durée du suivi, nombre de localisations, allure de la courbe de surface de domaine vital au cours du temps). Afin de conserver l'indépendance des données, on ne conserve pour les individus suivis plusieurs années, que l'année pendant laquelle ils ont été le mieux suivi.

Les surfaces des domaines vitaux ont été analysées par des tests non paramétriques de comparaison de moyenne de Kruskal-Wallis (en raison d'une non-homoscedasticité des données) suivis de tests de comparaisons multiples non paramétriques grâce au package *pgirmess* (Giraudoux, 2007) développé sous *R* (R Development Core Team, 2008).

Concernant les comparaisons de surfaces de territoires, les données de la Réserve Pierre Constant n'ont pas pu être utilisées étant donné la difficulté d'identifier les mâles chantant dans les roselières. Un test *t* a donc été réalisé seulement entre les sites des marais salants du Mès et de la Pointe d'Arçay sur les surfaces $\log(X+1)$ transformées après vérification de l'homoscedasticité et de la normalité de la distribution des données transformées, testées respectivement par des tests de Fisher et de Shapiro.

Cette analyse inter-sites des surfaces de domaines vitaux et territoires a été répétée après exclusion des surfaces en bassins artificiels des sites des marais salants du Mès et de la Réserve Pierre Constant, étant donné que les surfaces en eau constituent une matrice inhospitalière et inutilisée par les Gorgebleues à miroir. Pour ce faire, les tests statistiques réalisés sont identiques aux précédents, excepté pour la comparaison des surfaces de domaines vitaux estimées par MCP 95 pour laquelle une analyse de variance de Fisher (ANOVA) a été réalisée, suivie d'un test de comparaison multiple de Tukey. L'homogénéité des variances et la normalité ont été testées sur les résidus respectivement par des tests de Bartlett et de Shapiro.

Au cours de la collecte de données, nous avons suspecté un fort accroissement de la surface des domaines vitaux dans les marais salants du Mès. Afin de faire ressortir ces périodes de rupture dans la surface des domaines vitaux, nous avons dans un premier temps calculé la surface cumulée dans le temps des domaines vitaux pour chacun des mâles bien suivis en 2015 selon un pas de 1 jour, sous le logiciel *R* (R Development Core Team, 2008). Nous avons ensuite cherché à mettre en évidence ces

ruptures de tendances dans l'évolution de la surface des domaines vitaux en fonction du temps. Cette analyse a été réalisée par un test de Rodionov (Rodionov, 2006), grâce à une macro développée sous le logiciel Excel® (version 2007). Ce test est généralement utilisé en climatologie et a été développé dans le but de faire ressortir des ruptures dans des séries temporelles, mais est aussi utilisé en écologie (Luczack *et al.*, 2011). Les paramètres implémentés sont les paramètres d'origine, à savoir un seuil de significativité de 0,1 et une longueur de coupure de 10 ; ces deux paramètres contrôlant la magnitude et l'échelle de rupture. Le paramètre de poids d'Huber est fixé à 1 pour considérer les données aberrantes au dessus d'un écart-type de 1 (Luczack *et al.*, 2011).

c) Facteurs déterminant la surface des domaines vitaux et des territoires

Afin de comprendre la contribution des caractéristiques individuelles, sociales et paysagères sur la surface des domaines vitaux et des territoires, des régressions multiples ont été réalisées sur les surfaces de domaines vitaux estimées par MCP 100 et 95, ainsi que sur les surfaces de territoires estimées par MCP 100. L'intérêt étant d'expliquer les contributions relatives des différents facteurs, nous avons opté pour un modèle explicatif de partitionnement hiérarchique de variance (Mac Nally, 2000) réalisé sous le logiciel R (R Development Core Team, 2008) à l'aide du package *hier.part* (Walsh et Mac Nally, 2003). Cette analyse permet de tester l'importance de chaque facteur pris indépendamment les uns des autres, mais requiert un nombre maximal de 12 variables explicatives.

Les caractéristiques individuelles utilisées sont la longueur du tarse, la longueur de l'aile pliée, la hauteur du miroir, le taux de chant (soit la proportion de localisations où un mâle chante sur le nombre total de localisations de ce mâle), l'âge, et enfin l'indice de gonflement de la protubérance cloacale (soit le ratio entre la hauteur et le diamètre de la protubérance cloacale : plus il est élevé, plus la protubérance est gonflée).

Les caractéristiques sociales prise en compte sont la distance moyenne entre les mâles et la distance au plus proche voisin. Ces distances étaient déjà disponibles pour les années 2013 et 2014 et ont été calculées pour les individus de l'année 2015 sous QGIS (QGIS Development Team, 2014) entre les barycentres des domaines vitaux estimés par MCP 100. Pour ce calcul de distance, tous les individus suivis par télémétrie ont été pris en considération ainsi que six mâles non suivis mais observés à plusieurs reprises lors d'émission de chants. Il est important de les inclure dans l'analyse même si le barycentre de leur domaine vital est probablement très approximatif.

Les caractéristiques paysagères ont été calculées sous forme d'indices paysagers en suivant plusieurs étapes :

- **Étape 1** : intersection d'une grille constituée de mailles de 100x100 m (chaque maille identifiée par un numéro) avec la cartographie des marais salants du Mès (typologie : bassins, digues, étier, roselières, schorres) pour obtenir la surface de chaque habitat contenue au sein de chacune des mailles numérotées.

- **Etape 2** : intersection de cette même grille avec les domaines vitaux et territoires de chacun des mâles pour obtenir les surfaces en domaine vital et territoire de chacun des mâles contenues dans chacune des mailles numérotées.
- **Etape 3** : calcul des indices de surfaces en bassins, digues argileuses, chenal, roselières et schorres. Ces indices ont été calculés de la manière suivante: Pour tout habitat h et individu i ,

$$\text{Indice}_{h,i} = \frac{\sum_{\text{maille}} (\text{Surface habitat par maille} \times \text{Surface MCPi par maille})}{\text{Surface totale MCPi}}$$

Cet indice a été calculé pour chacun des MCP de domaines vitaux de 70 à 100% et pour les MCP 100% de territoires. L'indice de surface de roselières a été écarté de l'analyse étant donné le faible recouvrement des roselières sur la zone d'étude.

Des indices de richesse paysagère (nombre d'habitats par maille) et de diversité paysagère [diversité de Shannon par maille calculée sous le logiciel *R* (R Development Core Team, 2008)] ont été calculés pour chacun des mâles selon la même méthodologie, à savoir en pondérant l'indice par maille obtenu par les surfaces de MCP de chacun des mâles contenues au sein de chaque maille.

Les analyses ont été réalisées sur les MCP 100 et 95 pour les domaines vitaux et sur les MCP 100 pour les territoires. Comme les variables sont au nombre de 14, nous avons écarté de l'analyse les deux variables ayant les plus faibles contributions sur la taille des domaines vitaux et territoires : l'âge et la longueur du tarse (après un premier partitionnement hiérarchique de variance).

Pour tester la significativité des facteurs inclus dans le partitionnement hiérarchique de variance, les contributions indépendantes observées ont été comparées à une population de contributions aléatoires issues de 999 randomisations. Le seuil de significativité retenu dans cette analyse est de 95%. Etant donné que les surfaces de domaines vitaux sont normales (test de Shapiro, $p=0,07$) mais ne sont pas normales pour les surfaces de territoires ($p<0,05$), ces analyses ont été réalisées sur les surfaces $\log(X+1)$ transformées afin de les normaliser.

d) Stratégies territoriales en marais salants

Afin de caractériser les stratégies territoriales qui semblaient ressortir les années passées (mâles « flottants » et « résidents »), une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée. Les variables prises en considération dans cette analyse relèvent de facteurs de sélection sexuelle (hauteur de la bande rousse, largeur du miroir, hauteur du miroir), de facteurs de territorialité (taux de chant, indice de gonflement de la protubérance cloacale) et des surfaces de territoires et domaines vitaux (MCP 95). L'âge a été considéré comme facteur supplémentaire (il n'intervient pas dans l'analyse) afin de le faire apparaître de manière informative. Cette analyse a été réalisée sous le logiciel *R* (R Development Core Team, 2008) avec les packages *FactomineR* (Lê *et al.*, 2008) et *Rcmdr* (Fox, 2005), sur les individus ayant été suivis au minimum quinze jours pour ne pas biaiser les données liées à la taille des domaines vitaux et territoires.

II. Résultats

La surface des domaines vitaux chute entre les polygones convexes minimum 100% et 95% donc les 5% de localisations les plus extrêmes étirent les polygones (**Figure 3**). Bien que les analyses aient été réalisées sur les surfaces de domaines vitaux estimées par MCP 100 à 70, nous présenterons dans ce rapport uniquement les résultats obtenus pour les MCP 95 et 100% en ce qui concerne les domaines vitaux, et MCP 100% pour ce qui est des territoires.

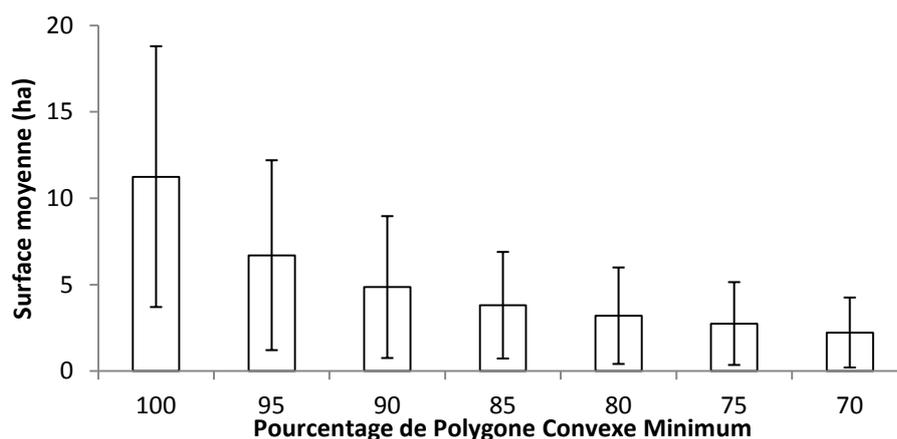


Figure 3. Surface des domaines vitaux (en ha) des Gorgebleues à miroir de Nantes suivis par radiopistage sur les marais salants du Mès en 2015 selon le pourcentage des polygones convexes minimum.

a) Taille des domaines vitaux et territoires : comparaison inter-sites et évolution temporelle

Si l'on considère les polygones convexes minimum 100%, la taille des domaines vitaux diffère significativement entre les trois sites (Test de Kruskal-Wallis : $N=52$; $ddl=2$; $p<0,0001$), et cette taille diffère significativement entre chaque site pris deux à deux (Test Kruskal-Wallis Multiple Comparison : $N=52$; $p=0,05$). En effet, les surfaces moyennes des domaines vitaux sont de 11,24 ha ($\pm 7,55$; $min=0,51$; $max=24,94$) pour les marais salants du Mès ; 3,44 ha ($\pm 1,85$; $min=0,93$; $max=8,35$) dans les roselières de la Réserve Pierre Constant; et 1,01 ha ($\pm 0,84$; $min=0,11$; $max=2,59$) pour les schorres de la Pointe d'Arçay (**Figure 4** ; **Annexe V**).

En revanche, les domaines vitaux estimés par MCP 95 diffèrent de manière significative entre les sites deux à deux (Test de Kruskal-Wallis : $N=52$; $ddl=2$; $p<0,0001$), hormis entre la Réserve Pierre Constant et les marais du Mès bien que l'on observe une tendance similaire à celle mise en évidence pour les MCP 100 (Test Kruskal-Wallis Multiple Comparison : $N=52$; $p=0,05$). Pour les MCP 95, les surfaces des domaines vitaux sont de 6,70 ha ($\pm 5,49$; $min=0,30$; $max=19,55$) dans les marais salants du Mès; 1,74 ha ($\pm 1,03$; $min=0,38$; $max=4,09$) dans les roselières de la Réserve Pierre Constant ; et 0,56 ha ($\pm 0,63$; $min=0,10$; $max=2,24$) au sein des schorres de la Pointe d'Arçay.

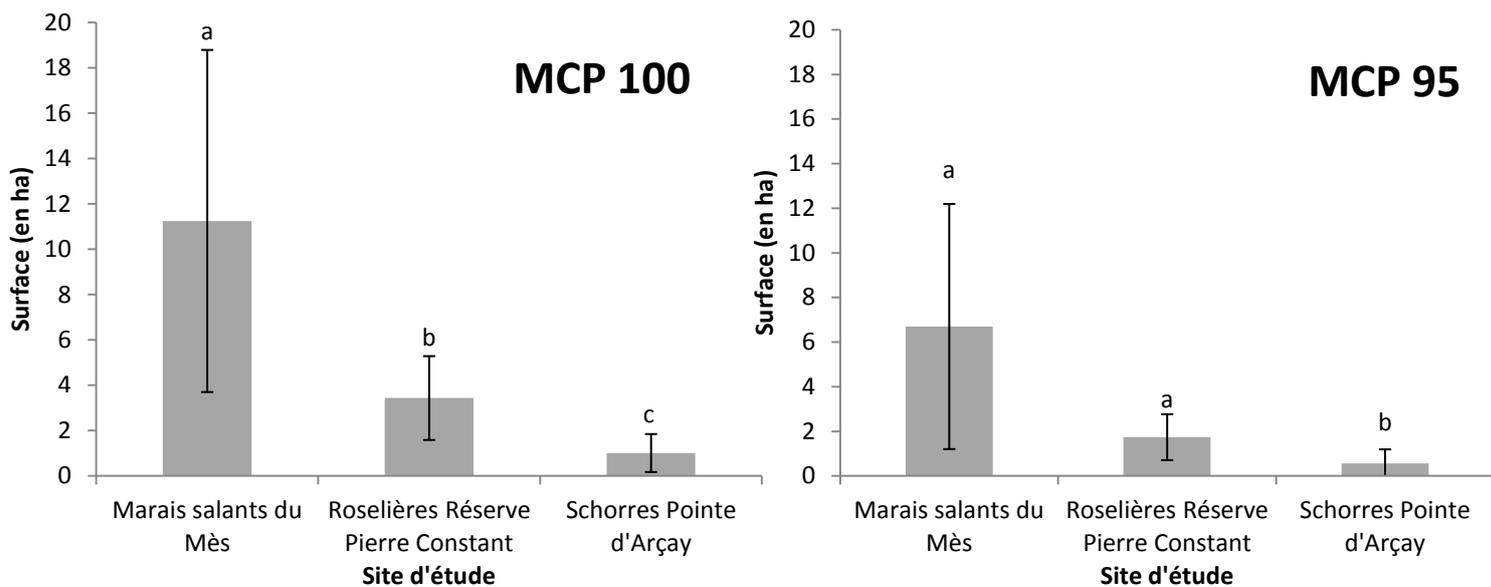


Figure 4. Surfaces moyennes des domaines vitaux sur les sites d'étude de la Pointe d'Arçay (données de 2015), de la Réserve naturelle régionale Pierre Constant (données 2015) et des marais salants du bassin du Mès (données 2013 à 2015). Le graphique MCP 100 correspond aux surfaces de domaines vitaux estimées par polygones convexes minimum 100%, le graphique MCP 95 correspond aux surfaces de domaines vitaux estimées par polygones convexes minimum 95%. Les barres d'erreur correspondent aux écarts-types, les lettrines différentes déterminent les groupes de significativité différents.

En ce qui concerne les territoires, la surface est significativement différente entre les marais salant du Mès et les schorres de la Pointe d'Arçay (Test T : $T=-3,384$; $N=31$; $ddl=28,48$; $p<0,01$) avec des surfaces moyennes de respectivement 2,28 ha ($\pm 1,95$; $min=0,17$; $max=6,53$) contre 0,69 ha ($\pm 0,66$; $min=0,03$; $max=1,97$) (Figure 5).

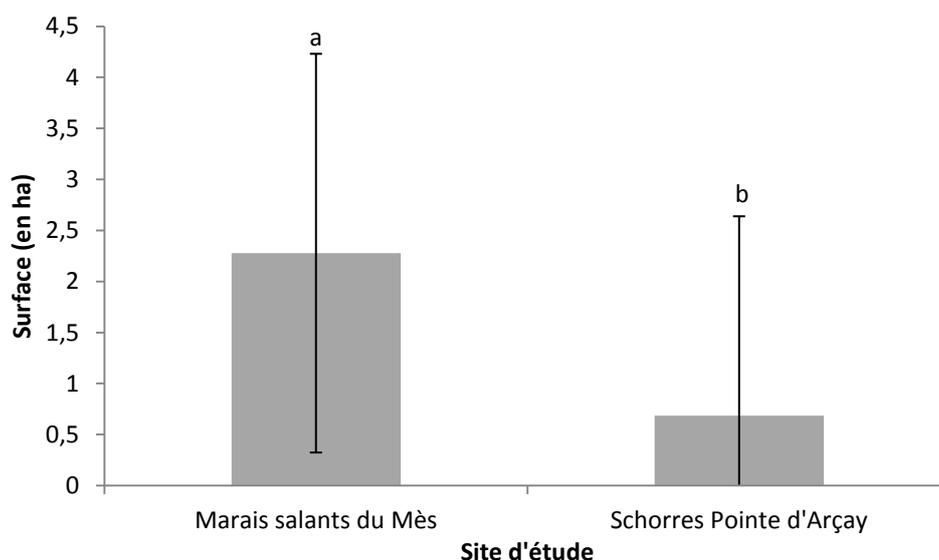


Figure 5. Surfaces moyennes des territoires estimées par la méthode des polygones convexes minimum 100% sur les sites d'étude de la Pointe d'Arçay (données 2015) et des marais salants du Mès (données 2013 à 2015). Les barres d'erreur correspondent aux écarts-types, les lettrines différentes déterminent les groupes de significativité différents.

Lors du retrait des surfaces en eau de l'analyse (c'est-à-dire n'incluant que les surfaces terrestres dans le calcul des tailles de domaines vitaux et territoires), des différences significatives de surfaces de domaines vitaux subsistent (Test Kruskal-Wallis: $N=52$; $ddl=2$; $p<0,0001$). En effet, pour les MCP 100%, les surfaces de domaines vitaux de la Pointe d'Arçay sont significativement différentes de celles des deux autres sites (Test Kruskal-Wallis Multiple Comparison : $N=52$; $p=0,05$), cependant il n'y a pas de différence significative entre les marais salants du Mès et les roselières de la Réserve Pierre Constant. Les surfaces de domaines vitaux sont respectivement de 4,89 ha ($\pm 3,57$; $min=0,45$; $max=12,26$) pour les marais salants du Mès; 2,59 ha ($\pm 1,25$; $min=0,66$; $max=5,45$) pour les roselières de la Réserve Pierre Constant ; et 1,01 ha ($\pm 0,84$; $min=0,12$ à 2,59) pour les schorres de la Pointe d'Arçay (**Figure 6**).

Pour les MCP 95% des différences significatives de surfaces de domaines vitaux entre les sites sont notables (ANOVA de Fisher : $F=14,4$; $N=52$, $ddl=2$, $p<0,0001$). Les différences interviennent entre les trois sites (Test post-hoc de Tukey : $N=52$; Constant-Arçay $p=0,0192208$; Mès-Arçay $p=0,0000069$; Constant-Mès $p=0,0330685$). Les surfaces sont alors de 2,62 ha ($\pm 1,90$; $min=0,29$; $max=7,15$) pour les marais salants du Mès; de 1,37 ha ($\pm 0,71$; $min=0,35$; $max=2,69$) pour les roselières de la Réserve Pierre Constant ; et de 0,56 ha ($\pm 0,63$; $min=0,10$; $max=2,24$) pour les schorres de la Pointe d'Arçay.

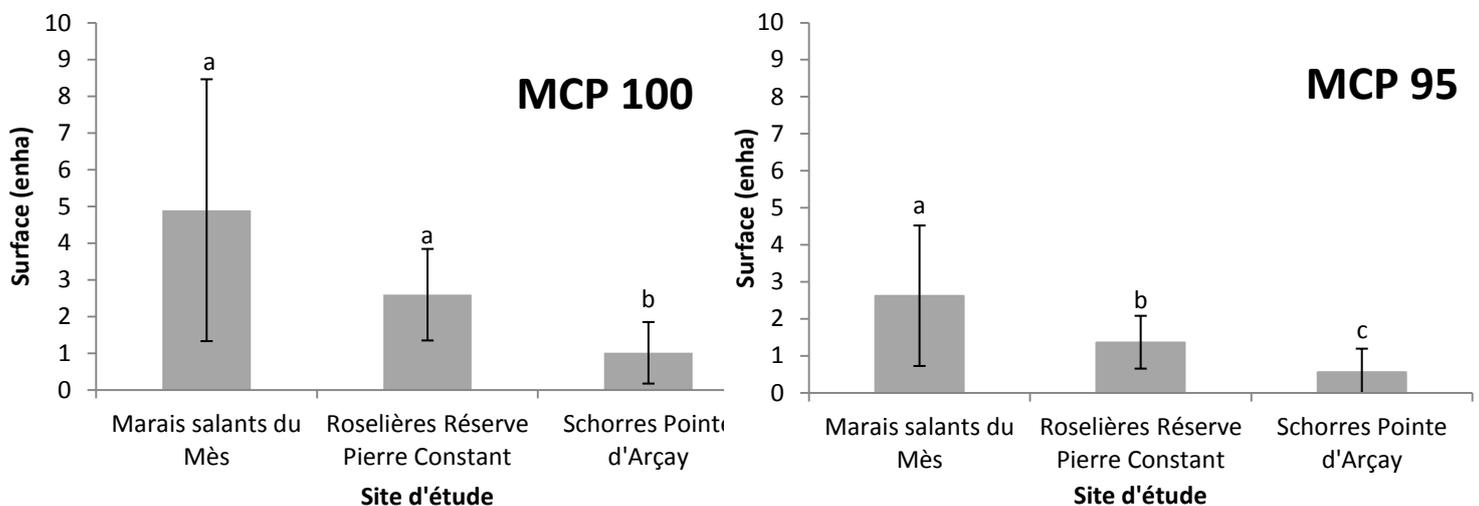


Figure 6. Surfaces moyennes des domaines vitaux sans les surfaces en bassins sur les sites d'étude de la Pointe d'Arçay (données de 2015), de la Réserve naturelle régionale Pierre Constant (données 2015) et des marais salants du bassin du Mès (données 2013 à 2015). Le graphique MCP 100 correspond aux surfaces de domaines vitaux estimées par polygones convexes minimum 100%, le graphique MCP 95 correspond aux surfaces de domaines vitaux estimées par polygones convexes minimum 95%. Les barres d'erreur correspondent aux écarts-types, les lettrines différentes déterminent les groupes de significativité différents.

Pour ce qui est des MCP 100% de territoires, lorsque l'on retire les surfaces en eau, il n'y a pas de différence significative entre les marais salants du Mès et les schorres de la Pointe d'Arçay (Test T : $T=-0,799$; $N=31$; $ddl=22,78$; $p=0,4326$). Les surfaces moyennes des territoires sont alors respectivement de 0,82 ha ($\pm 0,63$; $min=0,15$; $max=2,73$) contre 0,69 ha ($\pm 0,66$; $min=0,03$; $max=1,97$) (**Figure 7**).

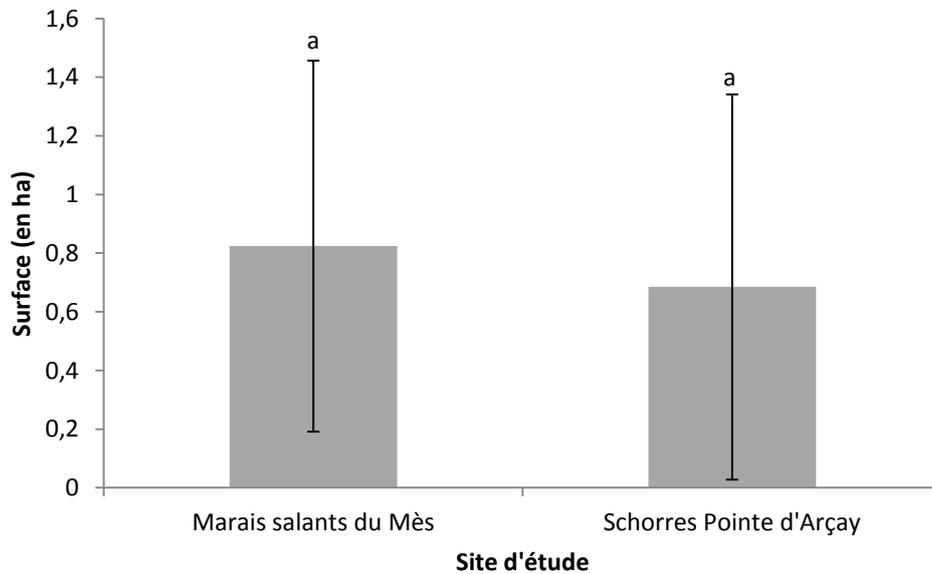


Figure 7. Surfaces moyennes des territoires estimées par la méthode des polygones convexes minimum 100% sans les surfaces en bassins artificiels sur les sites d'étude de la Pointe d'Arçay (données 2015) et des marais salants du Mès (données 2013 à 2015). Les barres d'erreur correspondent aux écarts-types, les lettrines différentes déterminent les groupes de significativité différents.

A l'échelle de l'année 2015 dans les marais salants du Mès, plusieurs mâles présentent des ruptures simultanées dans l'augmentation de la surface de leur domaine vital au cours du temps (**Figure 8**). En effet, deux périodes de rupture ressortent.

Pour la première, entre le 24 et le 28 avril, les mâles 64, 65, 67, 70 et 72 sont concernés. Parmi les trois mâles pour lesquels l'analyse de Rodionov n'a pas permis de faire ressortir des ruptures, le mâle 66 a subi une rupture mais décalée entre le 21 et le 25 avril. Il en est de même pour le mâle 71 dont la surface du domaine vital subit une période de rupture du 21 au 28 avril mais dont l'analyse de Rodionov fait ressortir une rupture uniquement du 21 au 23 avril.

La deuxième rupture qui survient dans l'augmentation de la surface des domaines vitaux des mâles a lieu entre les 2 et 7 mai. Les individus concernés par cette seconde rupture sont les mâles 65, 66, 70, 71 et 73. Parmi les mâles pour lesquels l'analyse de Rodionov n'a pas permis de faire ressortir une augmentation de domaines vitaux, les individus 64 et 67 ont subi une augmentation mais qui n'est pas révélée par l'analyse de Rodionov.

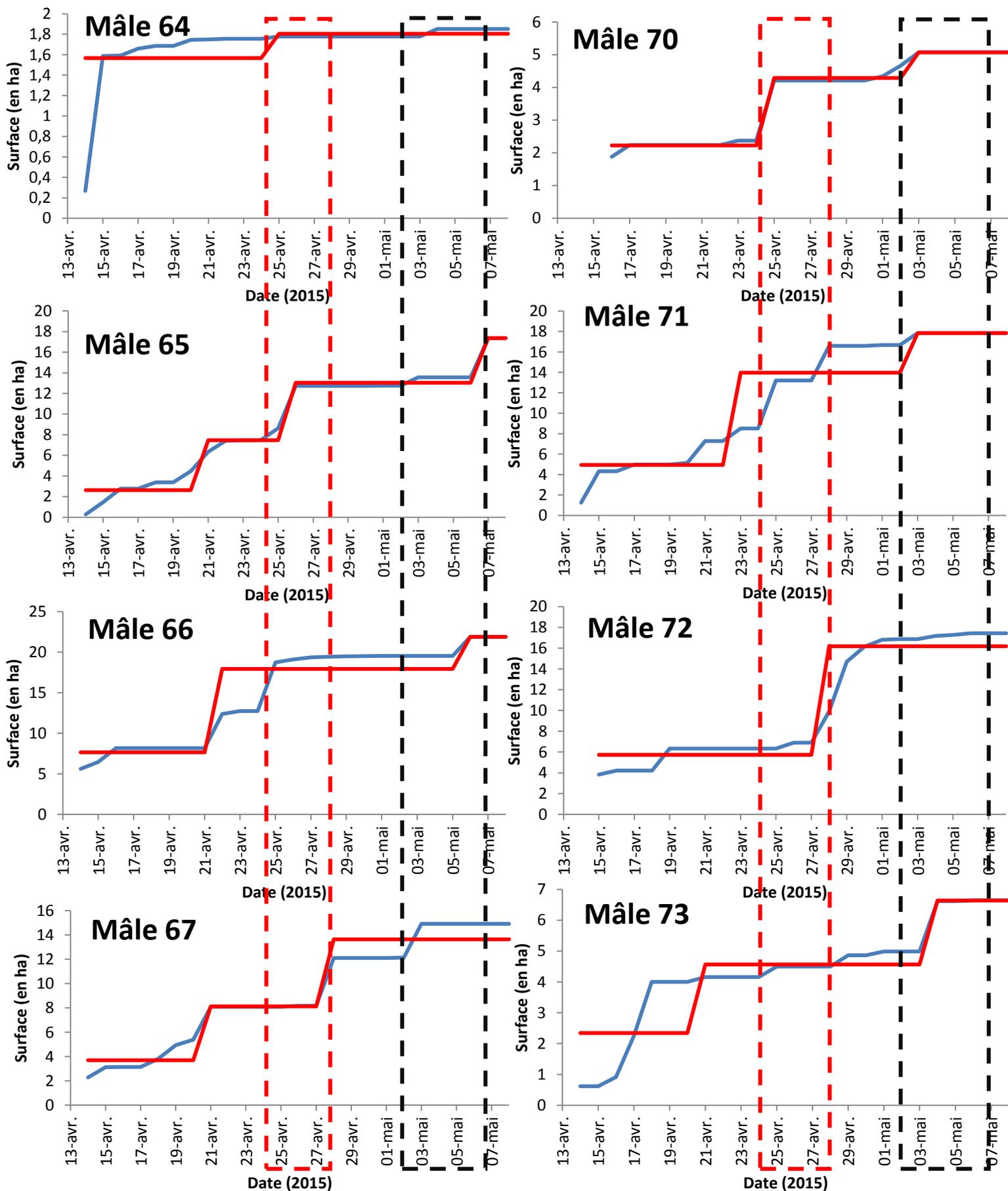


Figure 8. Evolution des tailles de domaines vitaux estimées par la méthodes des polygones convexes minimum 100% au cours du suivi par radiopistage pour chacun des mâles bien suivis en 2015 sur les marais salants du Mès. Les courbes bleues représentent les surfaces de domaines vitaux estimées, les courbes rouges représentent les ruptures mises en évidence par l'analyse de Rodionov, les encadrés pointillés représentent les première (en rouge) et seconde (en noir) dates de ruptures qui tendent à ressortir.

b) Facteurs déterminant la surface des domaines vitaux et des territoires

Pour l'analyse des surfaces de domaines vitaux estimées par MCP 100, le modèle de régression multiple explique 8,55% de la variance de notre jeu de données (**Figure 9**). Les principaux facteurs qui influencent significativement la taille des domaines vitaux sont des caractéristiques paysagères. La richesse paysagère influence négativement la taille des domaines vitaux (contribution indépendante = 16,72%), de même que la diversité paysagère (16,01%) et la surface en étier (15,03%). Certaines caractéristiques individuelles influencent significativement la taille des domaines vitaux mais avec une faible contribution. Il s'agit de l'indice de gonflement de la protubérance cloacale (6,90%) et de la longueur de l'aile pliée (5,91%). Plus leur valeur est élevée, plus la taille des domaines vitaux est importante.

En ce qui concerne les surfaces de domaines vitaux d'après une estimation par MCP 95, le modèle de régression multiple, avec les mêmes variables explicatives, explique 27,35% de la variance de notre jeu de données (**Figure 9**). Les caractéristiques paysagères sont les seules variables à influencer la surface des domaines vitaux, et l'influencent toutes significativement. Parmi ces variables, celles contribuant le mieux à expliquer significativement et de manière négative la taille des domaines vitaux sont la richesse puis la diversité paysagères et la surface en étier, de même que pour les MCP 100, avec des contributions indépendantes respectives de 16,51%, 15,67% et 13,21%. La surface en bassins a une influence significative sur la taille des domaines vitaux avec une contribution de 10,40% et suivant une relation positive. La surface en schorres contribue de manière négative à raison de 8,48%. Enfin, la surface en digues contribue à expliquer la variation de la taille des domaines vitaux à raison de 7,24% selon une relation positive. Contrairement à l'analyse réalisée sur les surfaces de domaines vitaux estimées par MCP 100, aucune caractéristique individuelle ne semble expliquer la variation des domaines vitaux estimés par MCP 95.

En ce qui concerne les territoires, la régression multiple réalisée permet d'expliquer 60,16% de la variance de la surface des territoires (**Figure 9**). Cette variation est expliquée par un seul facteur significatif qui contribue à raison de 15,96% : l'indice de gonflement de la protubérance cloacale. Plus cet indice est élevé et plus la taille du territoire est grande.

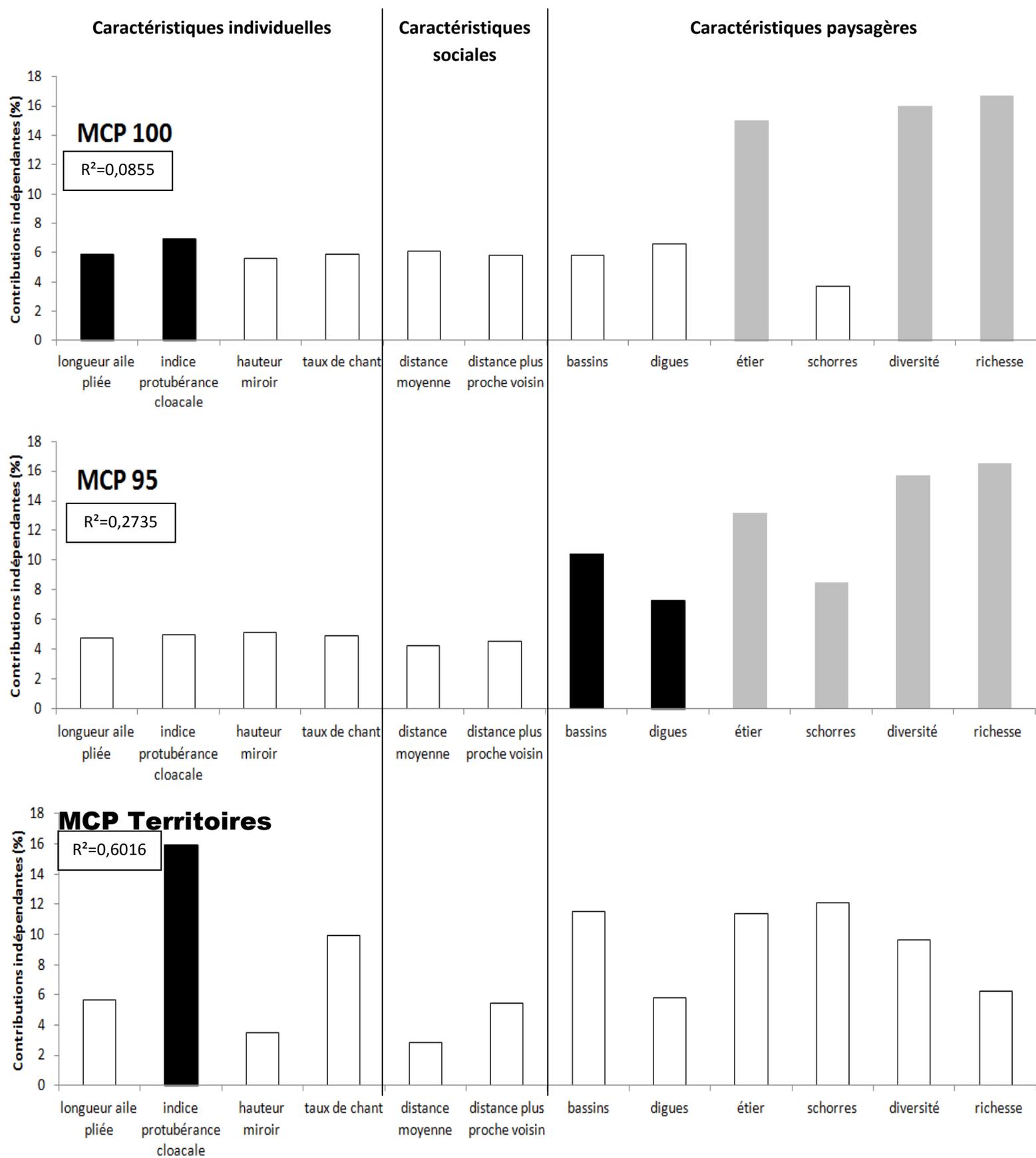


Figure 9. Pourcentage de contribution des différentes caractéristiques individuelles, sociales et paysagères sur les surfaces de domaines vitaux estimées par la méthode des polygones convexes minimum 100% (MCP100) et 95% (MCP95) et les surfaces de territoires estimées par polygones convexes minimum 100% (MCP Territoires). Les barres en blanc correspondent à des facteurs non significatifs, les barres colorées correspondent aux facteurs significatifs de signe positif pour les barres *noires* et négatif pour les barres *grises*. Les R² correspondent au pouvoir explicatif des régressions multiples réalisées en prenant en compte l'ensemble de ces facteurs.

c) Stratégies territoriales en marais salants

Dans l'analyse en composantes principales réalisée, le premier saut d'inertie survient entre les axes 1 et 2. Nous conservons donc les deux premiers axes expliquant 52,85% de la variance du jeu de données.

Les variables qui contribuent à l'axe 1 sont la bande rousse (redband, 28,38%), l'indice de gonflement de la protubérance cloacale (indicePC, 19,32%), le taux de chant (chant, 14,47%) et la surface du territoire (mcpt, 26,86%). Les variables contribuant à l'axe 2 sont la surface du domaine vital (mcp95, 48,18%) et le taux de chant (chant, 25,95%) (**Figure 10 A**).

Concernant la distribution des individus, ils semblent se répartir dans 3 zones du graphique (**Figure 10 B**). Trois regroupements d'individus peuvent être discernés. Le premier est caractérisé par des individus présentant une surface de territoire restreinte, une protubérance peu gonflée, une bande rousse peu épaisse, un comportement de chant territorial réduit, ainsi qu'une surface de domaine vital très étendue (**Figure 10 B** : en bas à gauche). Un second regroupement est caractérisé par des mâles à grands territoires, qui ont une activité de chant importante, ont une protubérance cloacale gonflée, une bande rousse épaisse et des domaines vitaux petits (**Figure 10 B** : en haut à droite). Le troisième regroupement (**Figure 10 B** : en haut à gauche) se caractérise par des individus présentant un petit territoire, une bande rousse peu épaisse, une protubérance cloacale peu gonflée, une activité de chant moyenne et des surfaces de domaines vitaux restreintes.

Cependant, il est à noter que la dispersion des individus de cette ACP semble faire ressortir une hiérarchisation du jeu de données selon les années.

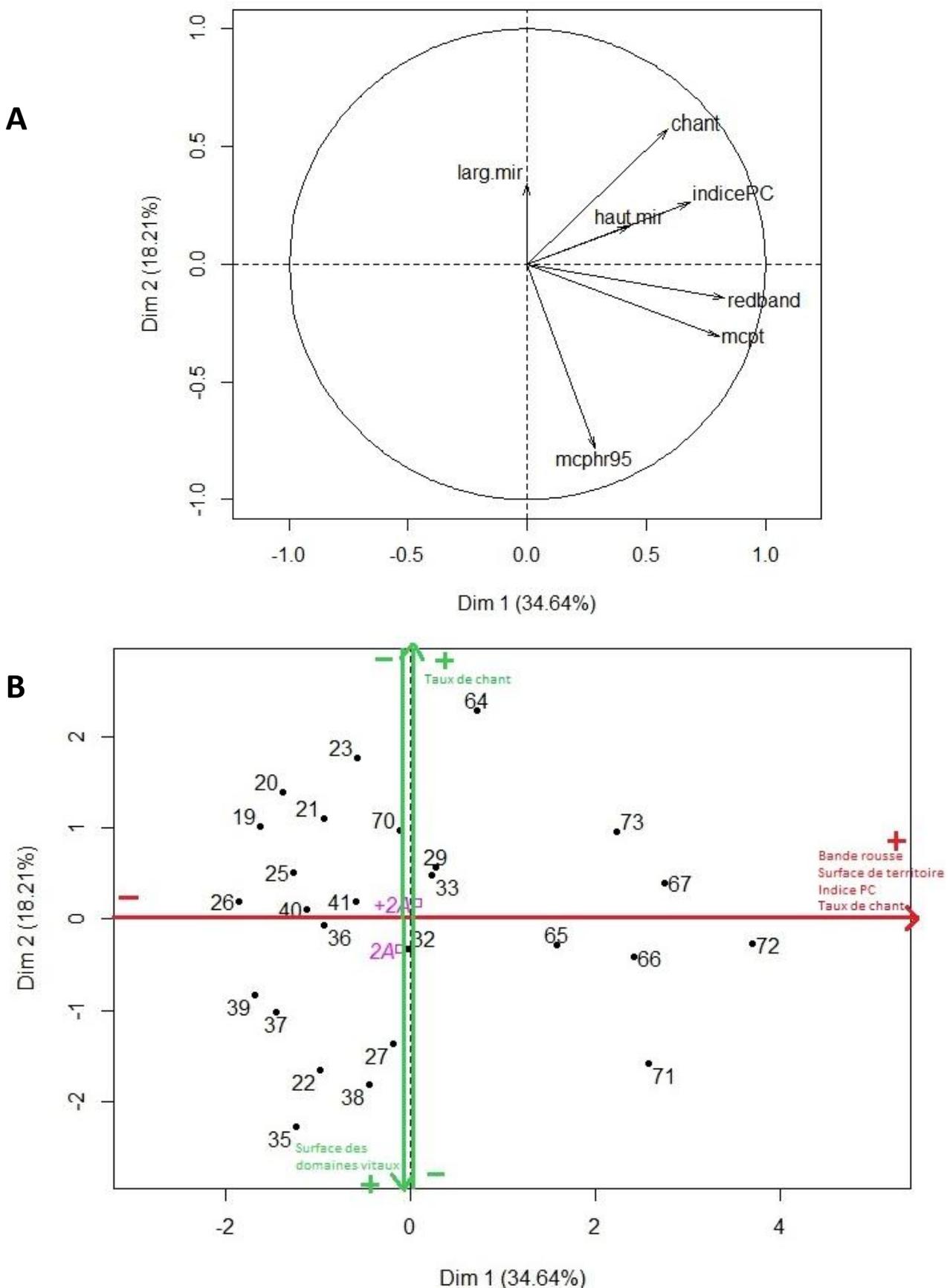


Figure 10. Représentation des variables (A) incluses dans l'analyse en composantes principales (*larg.mir* : largeur du miroir, *chant* : taux de chant, *haut.mir* : hauteur du miroir, *indicePC* : indice de gonflement de la protubérance cloacale, *redband* : largeur de la bande rousse, *mcpt* : surface de territoire estimée par la méthode des polygones convexes minimum 100%, *mcphr95* : surfaces de domaines vitaux estimées par la méthode des polygones convexes minimum 95%) et des individus (B). Les facteurs en rouge correspondent aux facteurs contribuant à l'axe 1, les facteurs en vert sont les facteurs contribuant à l'axe 2. Les flèches et les signes désignent le sens de cette contribution. Cette analyse a été réalisée sur les données de télémétries de Gorgebleues à miroir collectées sur les marais salants du Mès entre 2013 et 2015.

III. Discussion

a) Taille des domaines vitaux et territoires : comparaison inter-sites et évolution temporelle

La différence de surfaces de domaines vitaux estimées par MCP 100 entre les trois sites étudiés suit le gradient d'anthropisation : elle est de 11,24 ha dans les marais salants du Mès, anciens schorres aménagés et aujourd'hui totalement gérés par l'Homme ; de 3,44 ha dans les roselières de la Réserve Pierre Constant, site aménagé (présence de bassins artificiels et d'un chemin pédagogique) et géré depuis la fin des années 1970 ; et de 1,01 ha dans les schorres non anthropisés (Réserve de chasse depuis 1951). Ces résultats vont dans le sens des conclusions de Godet *et al.* (2015) qui montrent que les Gorgebleues à miroir compensent les contraintes paysagères en augmentant leur domaine vital et qui soulignent que l'attractivité des marais salants pour cette espèce est discutable lorsqu'elle est comparée à celle des habitats moins anthropisés tels que les schorres.

Contrairement à nos attentes, l'analyse réalisée sans les surfaces en eau révèle les mêmes différences si l'on considère les MCP 95% (pas pour les MCP 100 probablement en raison de la réalisation d'un test non paramétrique donc moins puissant). Les surfaces en bassins artificiels ne semblent donc pas expliquer à elles seules des tailles de domaines vitaux plus importantes suivant le gradient croissant d'anthropisation. Les différences qui subsistent pourraient être expliquées par une densité de proies différentes selon les habitats. En effet, l'utilisation de l'espace d'un paysage par les oiseaux peut être influencée par l'abondance de nourriture et la qualité de l'habitat (Elchuk et Wiebe, 2003). D'après Rolando (2002) la disponibilité en nourriture serait même le principal déterminant écologique des domaines vitaux chez les oiseaux. Mc Loughlin et Ferguson (2000) soulignent également que la taille des domaines vitaux est inversement proportionnelle à la disponibilité en nourriture, ce qui est bien documenté chez de nombreuses espèces allant des micro-mammifères, aux grands mammifères tels que le chevreuil (*Capeolus capeolus*), le cerf élaphe (*Cervus elaphus*), les ours bruns et noirs (*Ursus americanus*), aux lézards, et aux oiseaux. La densité de proies et la productivité primaire de l'écosystème semblent aussi influencer la taille des domaines vitaux de grands prédateurs comme le Lynx (*Lynx lynx*) (Herfindal *et al.*, 2005).

D'autre part, le fait que les tailles de territoires soient significativement différentes entre les schorres de la Pointe d'Arçay et les marais salants du Mès dans l'analyse incluant les surfaces en eau alors qu'aucune différence significative ne ressort dans l'analyse excluant les surfaces en bassins artificiels pourrait venir étayer cette hypothèse. En effet, les territoires correspondent aux zones défendues mais n'incluent pas la recherche de nourriture et n'impliquent pas de relation trophique. Ceci pourrait expliquer que sur des habitats à productivité et à densité de proies différentes la taille du territoire ne varie pas. Ces résultats concordent avec ceux de Franzblau et Collins (1980) qui

montrent qu'en augmentant expérimentalement l'abondance de proies chez un passereau insectivore (le Tohi à flancs roux, *Pipilo erythrophthalmus*) la taille des territoires ne varie pas.

Deux périodes d'augmentation brutale de la surface des domaines vitaux dans le temps ressortent en 2015 en marais salants. La première a eu lieu entre le 24 et le 28 avril, la seconde entre les 2 et 7 mai.

Une hypothèse basée sur des observations comportementales peut être formulée quant à la première rupture observée. Les 22, 23 et 24 avril, la femelle appariée au mâle 72 était en construction de nid. Le 25 avril, une copulation a pu être observée entre le mâle 72 et sa femelle. Lors de cette observation, le mâle montrait un comportement de protection de sa femelle fertile en la suivant à moins d'un mètre. Ce comportement, dit de « mate guarding », a été décrit par Krokene *et al.* (1996) qui note que les mâles suivent leur femelle à moins d'un mètre pendant 60% de leur temps les deux jours précédant la ponte (Johnsen *et al.*, 2003). A partir de la copulation, la femelle pond un œuf par jour le matin (Eybert *et al.*, 2004). Cette couvée comportait quatre jeunes signifiant que la femelle a pondu les 25, 26, 27 et 28 avril. Or l'analyse de Rodionov a permis de mettre en évidence une augmentation brutale de la taille du domaine vital et du territoire du mâle 72 (alors observé chanteur sur les territoires du mâle 70 et d'un individu non marqué) à partir du 28 avril, date à partir de laquelle sa femelle n'était probablement plus fertile et entré en couvaision.

Au moment de la copulation, trois autres mâles tournaient autour de la femelle fertile dont des individus ne s'étant jamais aventurés à cet endroit, tels que le mâle 65 et le mâle 71. Il semblerait donc que les mâles soient attirés par les femelles fertiles au sein du territoire d'autres mâles lorsque la femelle à laquelle ils sont appariés est en dehors de sa période de fertilité.

Cette première rupture pourrait donc correspondre à une période d'extension des domaines vitaux des mâles pour recourir à des copulation extra-conjugales (Bas *et al.*, 2005) une fois que la femelle avec laquelle ils sont appariés n'est plus fertile et ne risque plus d'être fécondée par d'autres mâles. Ceci concorde aussi avec la synthèse de Møller (1990) qui souligne que la majorité des espèces d'oiseaux étudiées ont une augmentation de leur domaine vital pendant le pic de fertilité des femelles.

Deux hypothèses peuvent être avancées en ce qui concerne la rupture de la taille des domaines vitaux du 2 au 7 mai. Etant donné que cette rupture survient environ 8 jours après la première, et que les femelles subadultes arrivent environ 8 jours après les femelles adultes sur les sites de reproduction (Geslin, 2002 ; Eybert *et al.*, 2004), cette seconde augmentation brutale des domaines vitaux pourrait s'expliquer de la même manière par la recherche de copulations extra-conjugales pendant la période de fertilité des femelles subadultes. Geslin (2002) a mis en évidence un retard de ponte d'environ 6 jours chez les femelles subadultes par rapport aux adultes traduisant ce décalage de fertilité.

La seconde hypothèse serait, quant à elle liée aux conditions climatiques défavorables. En effet, la période du 30 avril au 4 mai a constitué un épisode très pluvieux avec des régimes de précipitations de 27,2 mm le 30 avril, 11,9 mm le 1^{er} mai, 32,5 mm le 2 mai, 0,4 mm le 3 mai, 12,3 mm le 4 mai (précipitations mesurées à Herbignac à environ 8 km de notre zone d'étude : <http://www.herbignac.com/spip.php?page=meteo>; **Figure 11**).

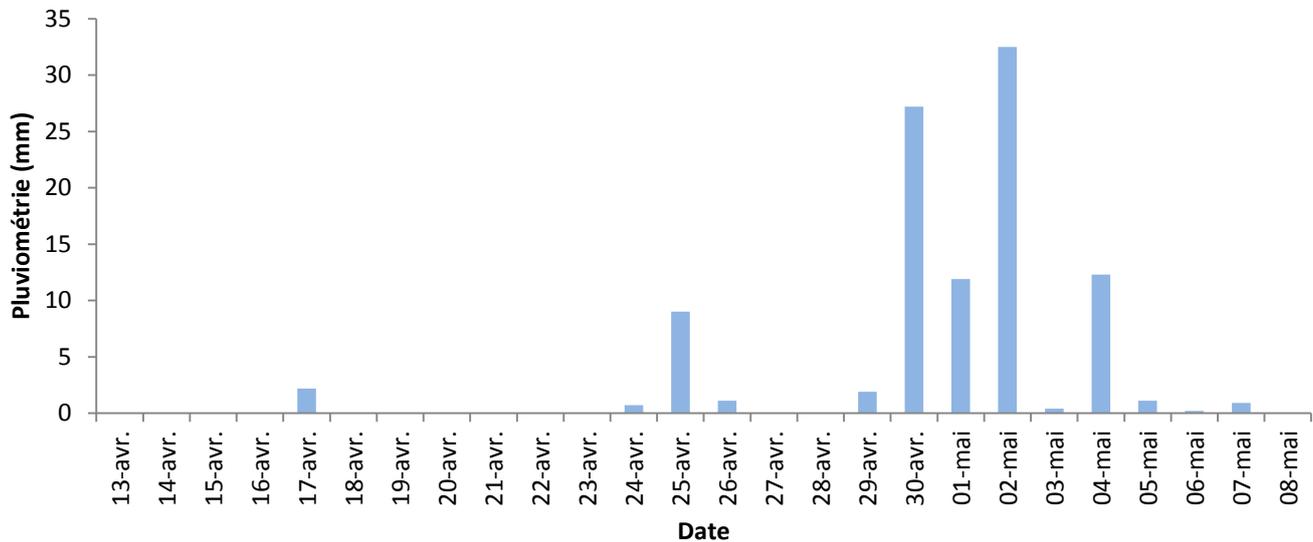


Figure 11. Régime des précipitations au cours de la période de radiopistage sur la ville d'Herbignac (Loire-Atlantique) située à 8 kilomètres de notre zone d'étude des marais salants du Mès.
Source : <http://www.herbignac.com/spip.php?page=meteo>

Cet épisode pluvieux a provoqué une hausse considérable du niveau d'eau, à la fois dans les salines dont les ponts d'argile périphériques sont utilisés comme zone d'alimentation par les Gorgebleues, mais aussi dans le Mès avec des niveaux d'eau recouvrant toutes les zones de schorres utilisées pour l'alimentation et potentiellement pour la construction de nids (observations personnelles). Or certains passereaux soumis à des conditions environnementales défavorables, subissent une hausse de corticostérone qui pourrait engendrer une augmentation de l'alimentation (Rogers *et al.*, 1993). Les zones habituellement prospectées pour la recherche de nourriture étant inaccessibles en raison des niveaux d'eau, ceci pourrait expliquer le besoin d'accroître les domaines vitaux. Une autre explication plausible serait que certaines couvées ont avorté provoquant un pic de testostérone (Vleck *et al.*, 2000) pouvant engendrer une hausse de la taille des domaines vitaux (Chandler *et al.*, 1994).

En outre, les ruptures observées sur les marais salants du Mès coïncident avec celles des roselières de la Réserve Pierre Constant correspondant au 24 avril et 03 mai 2015 (Dietrich, 2015). Ces ruptures sont rapprochées pour la première de la fertilité des femelles et pour la seconde des conditions climatiques défavorables ayant provoqué une augmentation du niveau d'eau de 6 cm et ayant pu engendrer un abandon des nids (Dietrich, 2015).

b) Facteurs déterminant la surface des domaines vitaux et des territoires

La surface des domaines vitaux est influencée majoritairement par des facteurs paysagers, contrairement à la surface des territoires qui est uniquement influencée par l'indice de gonflement de la protubérance cloacale. Plus elle est gonflée, plus la surface des territoires est grande.

Les analyses réalisées sur les tailles de domaines vitaux estimées par MCP 95 nous donnent les surfaces de domaines vitaux les plus fréquentées par les individus en retirant les 5% des localisations les plus extrêmes. Seules les caractéristiques paysagères influent sur la taille des domaines vitaux et toutes influent de manière significative. La richesse et la diversité paysagères sont les facteurs qui expliquent le mieux la taille des domaines vitaux. Lorsque la richesse et la diversité paysagères sont importantes, les domaines vitaux sont plus petits. Ces résultats concordent avec ceux de Godet *et al.* (2015) montrant qu'un mélange d'étier, de schorres, de digues enherbées et de bassins serait favorable aux mâles. Ensuite, des surfaces importantes en étier et en schorres avoisinants semblent participer à diminuer la taille des domaines vitaux. Ce résultat concorde avec ceux de Godet *et al.* (2015) et pourrait s'expliquer par le fait que les schorres constituent des zones de nourriture privilégiée pour les Gorgebleues à miroir (Constant et Eybert, 1995). De plus, ce résultat peut être rapproché des tailles réduites de domaines vitaux observées dans les schorres de la Pointe d'Arçay comparées aux marais salants, témoignant d'une meilleure qualité de l'habitat (Godet *et al.*, 2015). Une seconde explication serait que les surfaces de schorres en bord d'étier sont très attractives pour la recherche de partenaires. Cette hypothèse va dans le sens de celle émise par Godet *et al.* (2015) suggérant que les excursions et tailles de domaines vitaux sont plus faibles chez les Gorgebleues à miroir dans les zones où la densité de femelles est importante telles que dans les zones de schorres et d'étier. Des surfaces élevées en bassins au sein des domaines vitaux contribue à faire augmenter leur surface. Cet effet va aussi dans le sens des résultats de Godet *et al.* (2015) et pourrait s'expliquer par le fait que ces vastes surfaces en eau constituent une matrice inhospitalière pour les Gorgebleues, qui se voient contraints de les traverser agrandissant considérablement leur domaine vital. Enfin les surfaces en digues semblent être défavorables aux Gorgebleues puisque plus la surface en digues est élevée, plus les domaines vitaux sont grands. Ce résultat doit être nuancé par le fait que lors du suivi, à plusieurs reprises, des individus ont été observés en alimentation sur ces digues et ont été contraints à progresser sur la digue lors de l'avancée de l'opérateur.

L'analyse réalisée sur les surfaces de domaines vitaux estimées par MCP 100 permet de tenir compte des excursions anecdotiques des mâles (les 5% de localisations les plus extrêmes). Les facteurs qui expliquent le mieux les variations de taille de domaines vitaux sont les facteurs paysagers de richesse et de diversité paysagères, ainsi que la surface en étier pour les mêmes raisons que développées précédemment. L'indice de gonflement de la protubérance cloacale et de la longueur de l'aile pliée ressortent comme facteurs explicatifs de la taille des domaines vitaux mais à

une très faible contribution. Concernant le gonflement de la protubérance cloacale qui semble contribuer à augmenter la taille des domaines vitaux, cela peut s'expliquer par le taux de testostérone élevé provoquant un développement des organes sexuels (Geslin, 2002) et augmentant l'activité locomotrice (Wada, 1986).

En ce qui concerne la taille des territoires, le seul facteur contributif est le gonflement de la protubérance cloacale. En effet, plus elle est gonflée plus le territoire est grand. Geslin (2002) précise que la taille de la protubérance cloacale est reliée au taux de testostérone, jouant un rôle dans le développement des organes reproducteurs. D'autre part, la testostérone semble influencer sur la taille des territoires puisque Chandler *et al.* (1994) ont montré que les taux de testostérone élevés expérimentalement augmentaient la taille des territoires. Cependant, Geslin (2002) souligne le fait que la testostérone stimule la production de chant chez la Gorgebleue. Ceci pourrait soulever un biais potentiel, puisqu'une protubérance gonflée entraîne une augmentation de la fréquence du chant et pourrait augmenter la détectabilité lors du radiopistage et biaiser la surface des territoires.

Nos résultats doivent être nuancés étant donné qu'ils tiennent compte du gonflement de la protubérance à l'instant t de la capture des individus alors que la taille de la protubérance cloacale varie au fil de la saison de reproduction chez la Gorgebleue à miroir avec un pic lors de la phase d'appariement, juste avant la ponte (Geslin, 2002).

c) Stratégies territoriales en marais salants

Trois regroupements d'individus ont été mis en évidence par l'ACP pouvant être répartis selon deux grands types de stratégies territoriales. Les individus présentant un domaine vital très étendu, qui chantent peu et ont un petit territoire peuvent être rapprochés des mâles « flottants », et d'autres ayant un petit domaine vital, une activité de chant importante et un grand territoire pourraient être considérés comme des mâles « résidents » comme décrit l'an passé par Monnet (2014) (**Figure 12**). Ces stratégies concordent avec celles décrites par Campioni *et al.* (2010) chez le Hibou grand-duc (*Bubo bubo*) ainsi que par Hanski et Haila (1988) chez le Pinson des arbres (*Fringilla coelebs*) qui soulignent néanmoins la difficulté de mettre en évidence la stratégie de mâle flottant. Cette remarque pourrait fournir une explication pour le troisième groupe intermédiaire caractérisé dans l'ACP rassemblant des mâles aux domaines vitaux restreints, aux territoires relativement petits et au taux de chant plus ou moins élevé, qui constituerait un continuum entre les deux stratégies.

Les individus identifiés comme flottants semblent avoir une bande rousse plus réduite et un taux de chant plus faible que les individus considérés comme résidents. Johnsen *et al.* (1997) ont mis en évidence un compromis entre le temps qu'un mâle passe à s'exhiber et le temps qu'il passe à surveiller sa femelle. Ce compromis serait influencé par l'attractivité, les individus les plus attractifs passant plus de temps à chanter et moins de temps à surveiller leur femelle. Ainsi, dans notre étude, les mâles ayant une bande rousse peu épaisse seraient moins attractifs et passeraient plus de temps à surveiller leur femelle, expliquant le fait qu'ils soient moins territoriaux (Johnsen et Lifjeld, 1995 ; Krokene *et al.*, 1996 ; Johnsen *et al.*, 1997). Les surfaces importantes parcourues par ces mâles flottants pourraient alors être expliquées par les mouvements de leur femelle en quête de copulations extra-conjugales. D'après Johnsen *et al.* (2001), l'épaisseur de la bande rousse favoriserait un meilleur taux de paternité du mâle au sein de sa couvée. Les mâles résidents auraient donc un meilleur succès reproducteur dans leur couvée que les mâles flottant, ce qui est cohérent avec la remarque de Sergio *et al.* (2009) qui considèrent la stratégie « flottant » comme un cas extrême d'échec de reproduction.

Néanmoins, le jeu de données semble être hiérarchisé en fonction des années. Plusieurs explications sont possibles. La première serait la présence d'un biais interannuel lié à la complexité des mesures morphométriques telles que la bande rousse ou la protubérance cloacale. Cependant, ce biais observateur est limité étant donné qu'un seul bagueur a réalisé les mesures morphométriques au cours des trois années de suivi. D'autre part, le gonflement de la protubérance cloacale est fonction de la phénologie de reproduction (Geslin, 2002). Comme il est impossible de synchroniser les dates de capture de manière exacte sur le cycle de reproduction des oiseaux, les mesures de la protubérance cloacale pourraient être année-dépendantes. Une troisième explication serait que les tailles des domaines vitaux et territoires sont structurées de manière inter-annuelle,

soit par un biais observateur, soit par une mauvaise synchronisation des trois années d'études sur la phénologie de reproduction, étant donné que la taille des domaines vitaux évolue au cours du cycle de reproduction (Møller, 1990).

Dans l'optique de caractériser au mieux ces stratégies territoriales, il serait intéressant de multiplier les méthodes de captures. En effet, la méthode employée sur les marais salants du Mès implique un effort de capture très important par piège poteau avec repasse. Ce système favorise et oriente donc les captures vers des individus territoriaux, qui répondent aux chants de congénères et se perchent bien en évidence, et qui plus est, qui ont été repérés *a priori* suite à un comportement territorial. De ce fait, l'effort d'échantillonnage est d'emblée biaisé en faveur des individus caractérisés par une stratégie de mâles résidents. Ceci est appuyé par le fait qu'après plusieurs semaines de suivi, un individu a été observé donnant la becquée dans une zone pourtant bien suivie alors qu'il n'avait été observé qu'à trois reprises auparavant, et jamais en train de chanter.

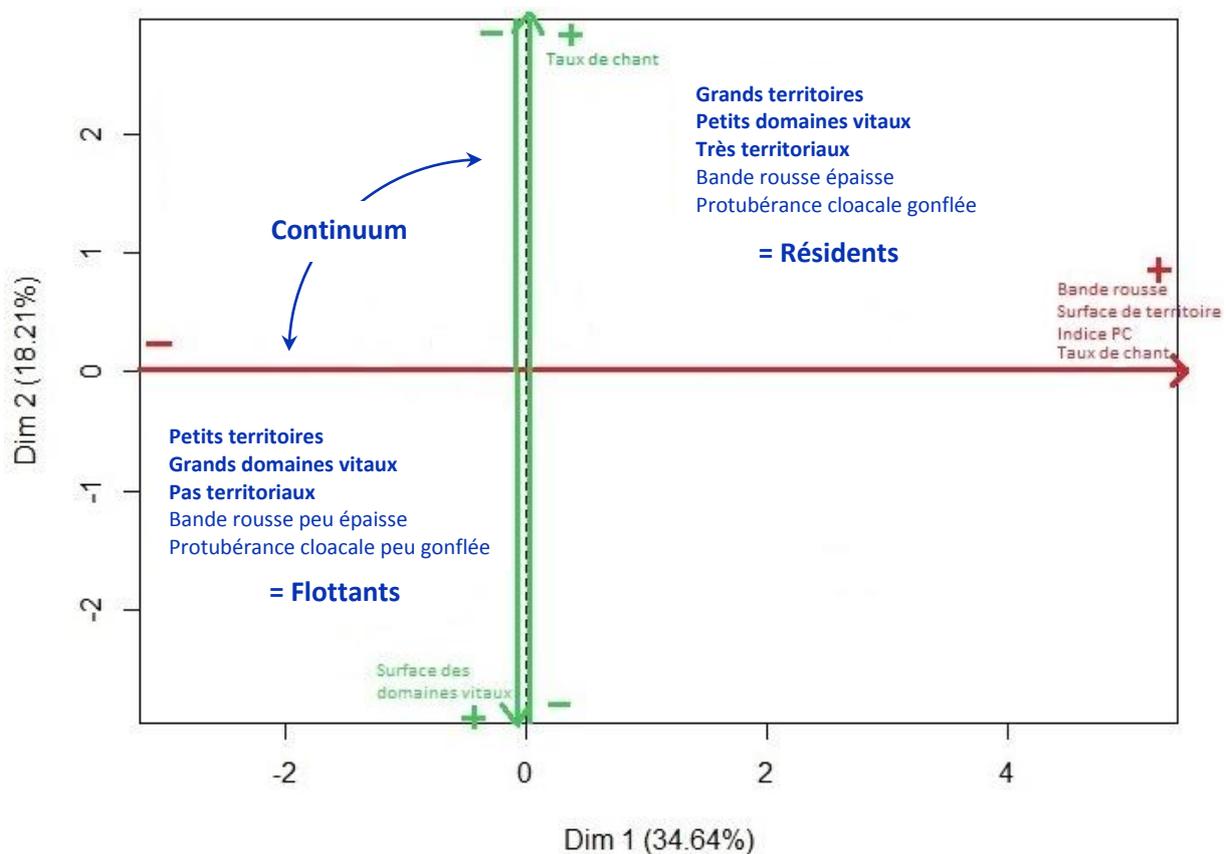


Figure 12. Interprétation de l'analyse en composantes principales réalisée afin d'identifier et de caractériser les stratégies territoriales adoptées par la Gorgebleue à miroir de Nantes sur les marais salants du Mès (données de 2013 à 2015).

Conclusion

En conclusion, cette étude montre que l'utilisation de l'espace chez la Gorgebleue à miroir de Nantes diffère entre trois habitats de zones humides différents et que la taille des domaines vitaux et des territoires augmente suivant un gradient d'anthropisation croissant. Ce résultat est indépendant des surfaces inhospitalières en eau présentes sur les sites et pourrait être expliqué par une différence en matière de disponibilité des ressources trophiques. Cependant, à l'échelle des marais salants, l'utilisation de l'espace évolue au cours de la saison de reproduction. Des ruptures marquées ont pu être mises en évidence dans l'augmentation des surfaces de domaines vitaux au cours du temps et pourraient être liées au cycle de reproduction des femelles. Les facteurs qui contribuent le mieux à expliquer ces différences d'utilisation de l'espace entre les individus sont les caractéristiques paysagères en ce qui concerne les domaines vitaux, et un seul caractère individuel en ce qui concerne les territoires : le gonflement de la protubérance cloacale. Cette étude a permis de caractériser deux stratégies territoriales : les mâles « flottants » d'une part, qui sont peu territoriaux avec des domaines vitaux très vastes, et les mâles « résidents » d'autre part, aux domaines vitaux restreints et présentant un fort comportement territorial. Afin de mieux comprendre l'ensemble de ces stratégies d'utilisation de l'espace, il serait intéressant, dans le cadre d'une année de suivi supplémentaire sur les marais salant du Mès, de suivre simultanément les mâles et les femelles dans le but de comprendre ces excursions anecdotiques auxquelles certains mâles se livrent ainsi que d'établir un lien entre les stratégies territoriales adoptées par les mâles et le comportement des femelles avec lesquelles ils sont appariés.

Bibliographie

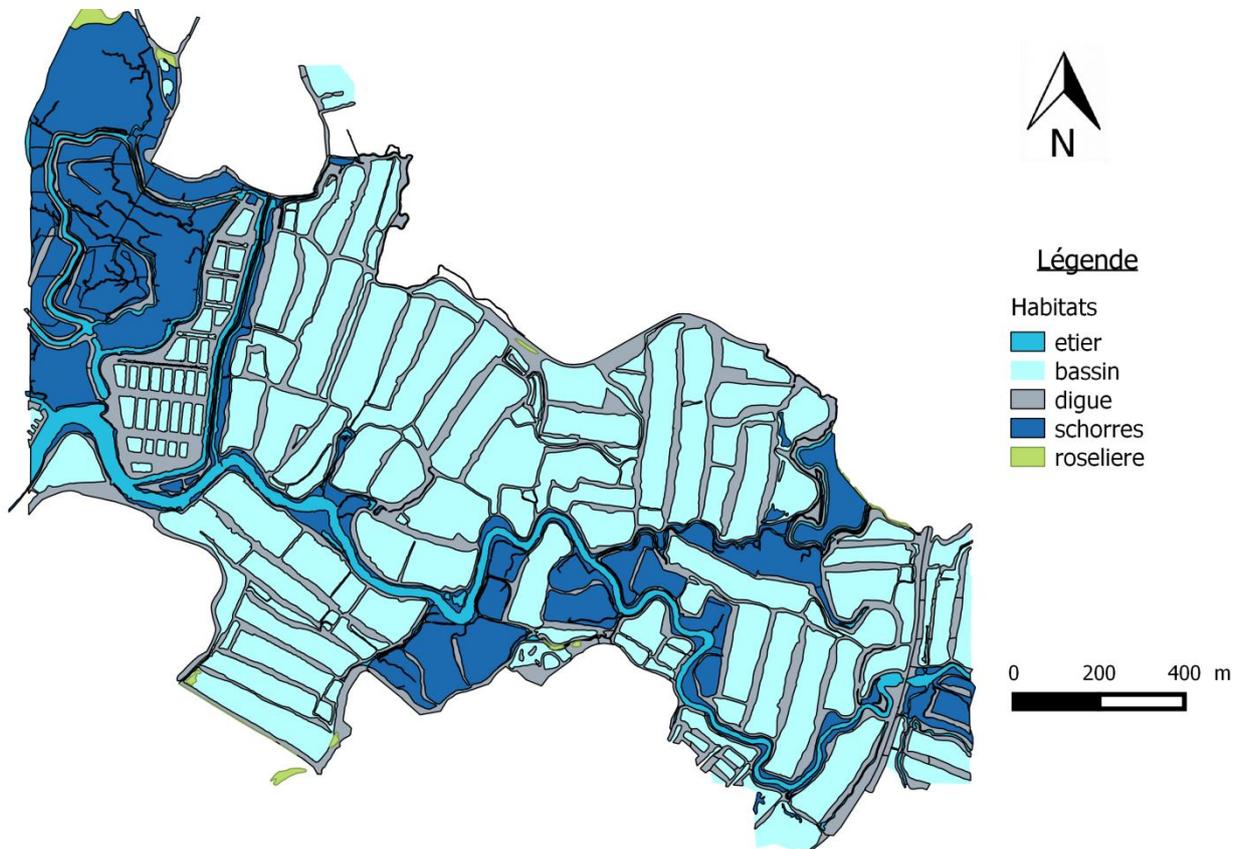
- Allano, L., Bonnet, P., Constant, P., et Eybert, M.C. (1994). Structure de l'habitat et densité de populations chez la Gorgebleue à miroir *Luscinia svecica namnetum* Mayaud. *Revue d'Ecologie*, 49(1), 21-23.
- Andersson, S., et Amundsen, T. (1997). Ultraviolet colour vision and ornamentation in bluethroats. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 264(1388), 1587-1591.
- Arizaga, J., Campos, F., et Alonso, D. (2006). Variations in wing morphology among subspecies might reflect different migration distances in Bluethroat. *Ornis Fennica*, 83(4), 162.
- Bailey, G. (2004). World prehistory from the margins: the role of coastlines in human evolution. *Journal of Interdisciplinary Studies in History and Archaeology*, 39-50.
- Bas, J. M., Pons, P., et Gómez, C. (2005). Home range and territory of the Sardinian Warbler *Sylvia melanocephala* in Mediterranean shrubland: Capsule Singing territories were well separated. *Bird Study*, 52(2), 137-144.
- Bonnet, P. Les passereaux marqueurs d'anthropisation dans un marais salant de l'ouest de la France. Thèse en biologie, Rennes: Université de Rennes, 1984, 174p.
- Burt, W. H. (1943). Territoriality and home range concepts as applied to mammals. *Journal of mammalogy*, 24(3), 346-352.
- Calenge, C. (2006). The package "adehabitat" for the R software: a tool for the analysis of space and habitat use by animals. *Ecological modelling*, 197(3), 516-519.
- Campioni, L., Delgado, M. D., et Penteriani, V. (2010). Social status influences microhabitat selection: breeder and floater Eagle Owls *Bubo bubo* use different post sites. *Ibis*, 152(3), 569-579.
- Chandler, C. R., Ketterson, E. D., Nolan, V., et Ziegenfus, C. (1994). Effects of testosterone on spatial activity in free-ranging male dark-eyed juncos, *Junco hyemalis*. *Animal Behaviour*, 47(6), 1445-1455.
- Constant, P., et Eybert, M. C. (1995). Données sur la reproduction et l'hivernage de la gorgebleue *Luscinia svecica namnetum*. *Alauda*, 63(1), 29-36.
- Devictor, V., Julliard, R., Clavel, J., Jiguet, F., Lee, A., et Couvet, D. (2008). Functional biotic homogenization of bird communities in disturbed landscapes. *Global Ecology and Biogeography*, 17(2), 252-261.
- Dietrich, J. Caractérisation par radiopistage des domaines vitaux de la Gorgebleue à miroir blanc de Nantes *Luscinia svecica namnetum* en roselière. Master Biodiversité Ecologie Environnement spécialité Ecologie Fonctionnelle Comportementale et Evolutive. Rennes : Université de Rennes 1, 2015, 23p.
- Dominik, C., Menanteau, L., Chadenas, C., et Godet, L. (2012). The influence of salina landscape structures on terrestrial bird distribution in the Guérande basin (Northwestern France). *Bird study*, 59(4), 483-495.
- Elchuk, C. L., et Wiebe, K. L. (2003). Home-range size of northern flickers (*Colaptes auratus*) in relation to habitat and parental attributes. *Canadian Journal of Zoology*, 81(6), 954-961.
- Eybert, M. C., Constant, P., et Allano, L. (1989). Premières données sur le territorialisme hivernal observé chez la Gorgebleue (*Luscinia svecica* L.). *Comptes rendus de l'Académie des sciences*. Série 3, Sciences de la vie, 309(7), 243-249.
- Eybert M.-C., Geslin T., Questiau S., et Beaufils M. (1999). La baie du Mont Saint-Michel : nouveau site de reproduction pour deux morphotypes de Gorgebleue à miroir blanc (*Luscinia svecica namnetum* et *Luscinia svecica cyaneocula*). *Alauda* 67 : 81-88.
- Eybert, M.C., et Questiau, S. (1999). Gorgebleue à miroir blanc de Nantes *Luscinia svecica namnetum*. 484-485 in Rocamora, G., et Yeatman-Berthelot, D. (1999). Oiseaux menacés et à surveiller en France. Listes rouges et recherche de priorité. Population. Tendances. Menaces. Conservation. S.E.O.F/L.P.O. Paris, 560 p.
- Eybert, M.C., Bonnet, P., Geslin, T., et Questiau, S. (2004). La gorgebleue. Paris : Editions BELIN. 71p.
- Eybert, M.C. (2008). La Gorgebleue à miroir de Nantes. In MARCHADOUR B. et SÉCHET E. (coord.). Avifaune prioritaire en Pays de la Loire. Coordination régionale LPO Pays de la Loire, conseil régional des Pays de la Loire : 156-157.
- Forré, P. et Ménanteau, L. (2007). Géoarchéologie du golfe de Machecoul du Néolithique au Moyen Âge. *Bulletin de la société des historiens du Pays de Retz*, (26), 5-16.
- Fournier, J., Godet, L., Grégoire, E., Marquet, M., et Eybert, M.C. (2013) Radiopistage sur la Gorgebleue à miroir *Luscinia svecica namnetum*: une technique robuste et fiable pour la pose d'émetteurs. *Alauda* 81:139–142.
- Fox, J. (2005). Getting started with the R commander: a basic-statistics graphical user interface to R. *Journal of statistical software*, 14(9), 1-42.
- Franzblau, M. A., et Collins, J. P. (1980). Test of a hypothesis of territory regulation in an insectivorous bird by experimentally increasing prey abundance. *Oecologia*, 46(2), 164-170.
- Geslin, T. Territorialité en période de reproduction et d'hivernage chez la Gorgebleue à miroir (*Luscinia svecica*) : aspect écologique, démographique et physiologique. Thèse en biologie. Rennes : Université de Rennes 1, 2002, 129p.
- Geslin, T., Lefeuvre, J. C., Le Pajolec, Y., Questiau, S., et Eybert, M. C. (2002). Salt exploitation and landscape structure in a breeding population of the threatened bluethroat (*Luscinia svecica*) in salt-pans in western France. *Biological conservation*, 107(3), 283-289.
- Giraudoux, P. (2007). pgirmess: data analysis in ecology. R package version 1.3.3. <http://perso.orange.fr/giraudoux/>

- Godet, L., Marquet, M., Eybert, M. C., Grégoire, E., Monnet, S., et Fournier, J. (2015). Bluethroats *Luscinia svecica namnetum* offset landscape constraints by expanding their home range. *Journal of Ornithology*, 1-10.
- Gouguet, L. (2010). Site de la Pointe d'Arçay (Vendée) - RBD de la Pointe d'Arçay (FD de Longeville) - DPM attribué au CELRL : Plan de gestion. [En ligne]. Disponible sur < http://www.maia-network.org/upload/iedit/11/pj/841_2815_DOC1_plandegestionPointedarcayjanvier2011.pdf> (consulté le 27 mars 2015).
- Halpern, B. S., Walbridge, S., Selkoe, K. A., Kappel, C. V., Micheli, F., D'Agrosa, C., Bruno, J.F., Casey, K.S., Ebert, C., Fox, H.E., Fujita, R., Heinemann, D., Lenihan, H.S., Madin, E.M.P., Perry, M.T., Selig, E.R., Spalding, M., Steneck, R., et Watson, R. (2008). A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, 319(5865), 948-952.
- Hanski, I. K., et Haila, Y. (1988). Singing territories and home ranges of breeding chaffinches: Visual observation vs. radio-tracking. *Ornis Fennica*, 65(3), 97-103.
- Herfindal, I., Linnell, J. D., Odden, J., Nilsen, E. B., et Andersen, R. (2005). Prey density, environmental productivity and home-range size in the Eurasian lynx (*Lynx lynx*). *Journal of Zoology*, 265(01), 63-71.
- Johnsen, A., et Lifjeld, J. T. (1995). Unattractive males guard their mates more closely: an experiment with bluethroats (*Aves, Turdidae: Luscinia s. svecica*). *Ethology*, 101(3), 200-212.
- Johnsen, A., T Lifjeld, J. A. N., et Rohde, P. A. (1997). Coloured leg bands affect male mate-guarding behaviour in the bluethroat. *Animal behaviour*, 54(1), 121-130.
- Johnsen, A., Lifjeld, J. T., Andersson, S., Örnberg, J., et Amundsen, T. (2001). Male characteristics and fertilisation success in bluethroats. *Behaviour*, 138(11), 1371-1390.
- Johnsen, A., Lifjeld, J. T., et Krokene, C. (2003). Age-Related Variation in Mate-Guarding Intensity in the Bluethroat (*Luscinia s. svecica*). *Ethology*, 109(2), 147-158.
- Johnsen, A., Andersson, S., Fernandez, J. G., Kempenaers, B., Pavel, V., Questiau, S., Raess, M., Rindal, E., et Lifjeld, J. T. (2006). Molecular and phenotypic divergence in the bluethroat (*Luscinia svecica*) subspecies complex. *Molecular Ecology*, 15(13), 4033-4047.
- Krokene, C., Anthonisen, K., Lifjeld, J. T., et Amundsen, T. (1996). Paternity and paternity assurance behaviour in the bluethroat, *Luscinia s. svecica*. *Animal Behaviour*, 52(2), 405-417.
- Lachaud A. (2014). Cartographie de la flore et de la végétation des réserves Nord et Pierre Constant. Mise en oeuvre du plan d'actions sur les réserves de Brière. Rapport d'étude. Bretagne Vivante, PnrB. 63p.
- Lê, S., Josse, J., et Husson, F. (2008). FactoMineR: an R package for multivariate analysis. *Journal of statistical software*, 25(1), 1-18.
- Luczak, C., Beaugrand, G., Jaffre, M., et Lenoir, S. (2011). Climate change impact on Balearic shearwater through a trophic cascade. *Biology Letters*, 7(5), 702-705.
- Mac Nally, R. (2000). Regression and model-building in conservation biology, biogeography and ecology: the distinction between—and reconciliation of—'predictive' and 'explanatory' models. *Biodiversity and Conservation*, 9(5), 655-671.
- Malo, E. Domaines vitaux et territoires de la Gorgebleue à miroir, *Luscinia svecica namnetum*, dans les schorres de la Pointe d'Arçay (85) Master Biodiversité Ecologie Environnement spécialité Patrimoine Naturel et Biodiversité. Rennes : Université de Rennes 1, 2015, 19p.
- Marquet, M., Masclaux, H., Champagnon, J., et Eybert, M.C. (2014). Sélection de l'habitat, biologie de la reproduction et estimation de la population chez la Gorgebleue à miroir blanc de Nantes *Luscinia svecica namnetum* dans les marais Briérons. *Alauda*, 82(3) : 177-192.
- Mayaud, N. (1938). La Gorge-bleue à miroir en France. *Alauda*, 10, 116-136.
- McLoughlin, P.D., et Ferguson, S.H. (2000). A hierarchical pattern of limiting factors helps explain variation in home range size. *Ecoscience*, 123-130.
- Merilä, J., et Sorjonen, J. (1994). Seasonal and diurnal patterns of singing and song-flight activity in bluethroats (*Luscinia svecica*). *The Auk*, 556-562.
- Mohr, C.O. (1947). Table of equivalent populations of North American small mammals. *American midland naturalist*, 223-249.
- Møller, A. P. (1990). Changes in the size of avian breeding territories in relation to the nesting cycle. *Animal Behaviour*, 40(6), 1070-1079.
- Monnet, S. Influence des caractéristiques paysagères sur les domaines vitaux de Gorgebleues à miroir *Luscinia svecica namnetum* dans les marais salants du Mès (Loire-Atlantique). Master Biologie Ecologie spécialité Ecologie et Biologie des Populations. Poitiers : Université de Poitiers, 2014, 34 p.
- Muséum national d'Histoire naturelle [Ed]. 2003-2015. *Inventaire National du Patrimoine Naturel, site Web* : <http://inpn.mnhn.fr>. Le 2 avril 2015
- Noble, G. K. (1939). The role of dominance in the social life of birds. *The Auk*, 263-273.
- Parc naturel régional de Brière. (2014). Charte 2014-2026 : Résumé non technique du dossier de charte présenté à l'enquête publique. [En ligne]. Disponible sur < http://www.parc-naturel-briere.com/images/info_pages/resume-de-la-charte-du-parc-naturel-regional-de-briere-2014-2026-notre-parc-734.pdf> (consulté le 26 mars 2015).
- QGIS Development Team, 2014. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

- Questiau, S., Eybert, M. C., Gaginskaya, A. R., Gielly, L., et Taberlet, P. (1998). Recent divergence between two morphologically differentiated subspecies of bluethroat (*Aves: Muscicapidae: Luscinia svecica*) inferred from mitochondrial DNA sequence variation. *Molecular Ecology*, 7(2), 239-245.
- Questiau, S., Eybert, M. C., et Taberlet, P. (1999). Amplified fragment length polymorphism (AFLP) markers reveal extra-pair parentage in a bird species: the bluethroat (*Luscinia svecica*). *Molecular Ecology*, 8(8), 1331-1339.
- R Development Core Team (2008). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Rodionov, S. N. (2006). Use of prewhitening in climate regime shift detection. *Geophysical Research Letters*, 33(12).
- Rogers, C. M., Ramenofsky, M., Ketterson, E. D., Nolan Jr, V., et Wingfield, J. C. (1993). Plasma corticosterone, adrenal mass, winter weather, and season in nonbreeding populations of dark-eyed juncos (*Junco hyemalis hyemalis*). *The Auk*, 279-285.
- Rolando, A. (2002). On the ecology of home range in birds. *Revue d'Ecologie-la Terre et la Vie* 57: 53–73. URI : <http://hdl.handle.net/2042/55480>
- Schulze, A. (2004). Les oiseaux d'Europe, d'Afrique du Nord et d'Asie occidentale. Musikverlag Edition AMPLE. 17 Audio-CDs. 61 p.
- Sergio, F., Blas, J., et Hiraldo, F. (2009). Predictors of floater status in a long-lived bird: a cross-sectional and longitudinal test of hypotheses. *Journal of Animal Ecology*, 78(1), 109-118.
- Small, C. et Nicholls, R.J. (2003). A global analysis of human settlement in coastal zones. *Journal of Coastal Research*, 19(3), 584-599. West Palm Beach (Florida), ISSN 0749-0208.
- Smiseth, P. T., et Amundsen, T. (1995). Female bluethroats (*Luscinia s. svecica*) regularly visit territories of extrapair males before egg laying. *The Auk*, 1049-1053.
- Thomas, A. (2006). Milieu de nidification de la Gorgebleue à miroir *Luscinia svecica* dans le Marais poitevin: Bilan d'observations réalisées entre 1992 et 2003. *La Gorgebleue*, 21-22 : 35-40.
- Thompson, I.B. (1999). The role of artisan technology and indigenous knowledge transfer in the survival of a classic cultural landscape: the salt-marsh of Guérande, Loire–Atlantique, France. *Journal of Historical Geography*, 25(2), 216-234.
- Turčoková, L., Osiejuk, T. S., Pavel, V., Glapan, J., et Petrusková, T. (2010). Song divergence of two Bluethroat subspecies (*Luscinia s. svecica* and *L. s. cyanecula*). *Ornis Fennica*, 87(4), 168-179.
- Turčoková, L., Pavel, V., Chutný, B., Petrušek, A., et Petrusková, T. (2011). Differential response of males of a subarctic population of Bluethroat *Luscinia svecica* to playbacks of their own and foreign subspecies. *Journal of Ornithology*, 152(4), 975-982.
- Vleck, C. M., Ross, L. L., Vleck, D., et Bucher, T. L. (2000). Prolactin and parental behavior in Adélie penguins: effects of absence from nest, incubation length, and nest failure. *Hormones and Behavior*, 38(3), 149-158.
- Wada, M. (1986). Circadian rhythms of testosterone-dependent behaviors, crowing and locomotor activity, in male Japanese quail. *Journal of Comparative Physiology A*, 158(1), 17-25.
- Walsh, C., Mac Nally, R., et Walsh, M. C. (2003). The hier. part package. *Hierarchical Partitioning. R project for statistical computing*. URL: <http://cran.r-project.org>.
- White, G., et Garott, R. (1990) Analysis of wildlife radio-tracking data. Academic Press, New York
- Worton, B. J. (1987). A review of models of home range for animal movement. *Ecological modelling*, 38(3), 277-298.
- Zink, R. M., Drovetski, S. V., Questiau, S., Fadeev, I. V., Nesterov, E. V., Westberg, M. C., et Rohwer, S. (2003). Recent evolutionary history of the bluethroat (*Luscinia svecica*) across Eurasia. *Molecular Ecology*, 12(11), 3069-3075.

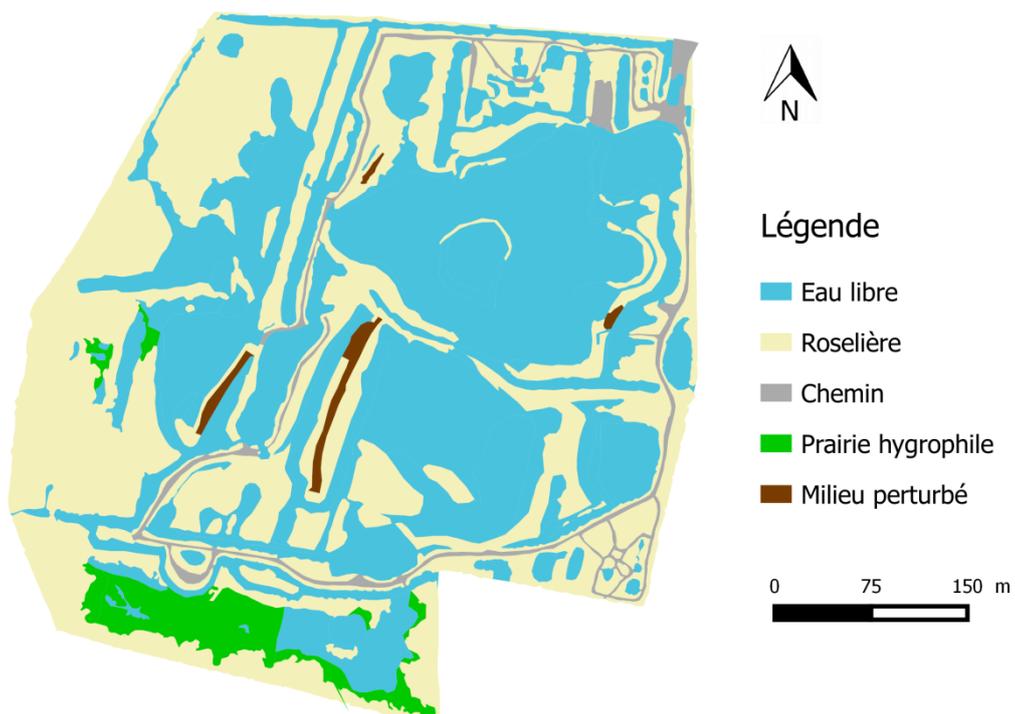
Annexes

Annexe I. Cartographie des habitats des marais salants du bassin du Mès (Loire Atlantique).

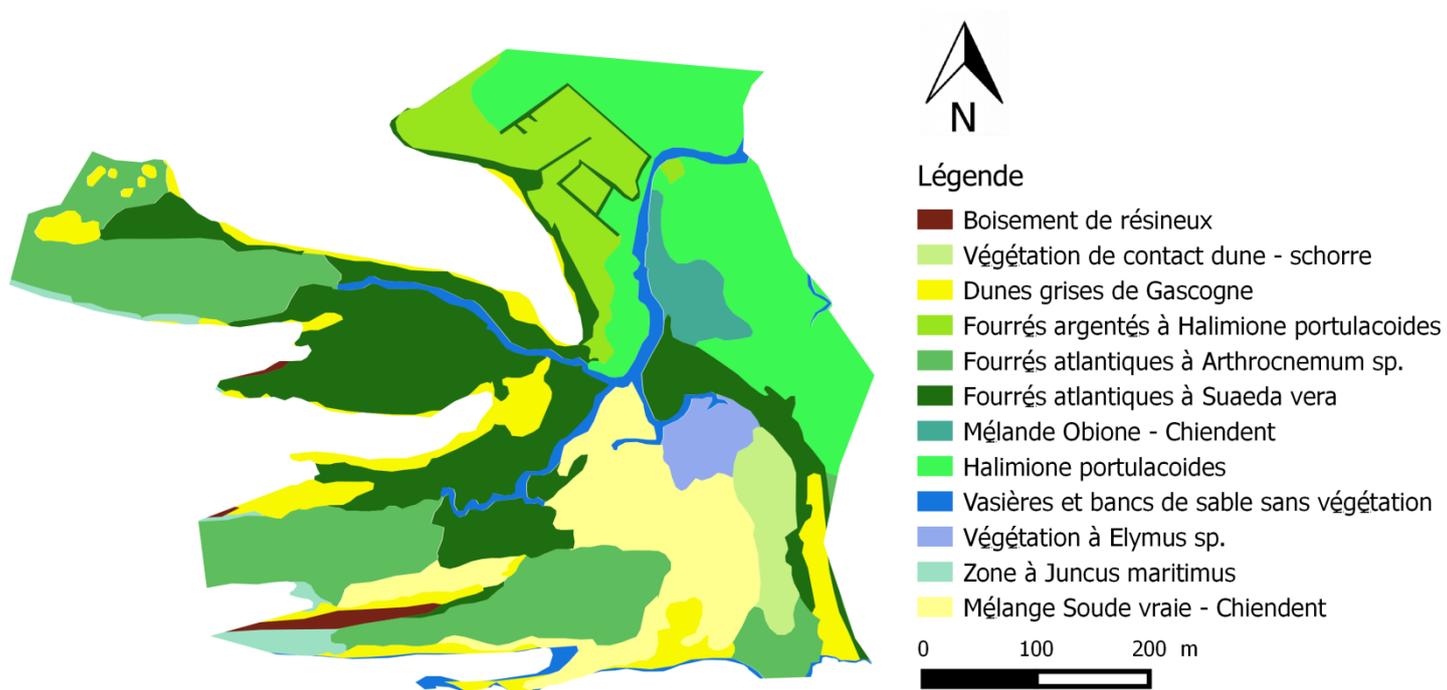


Annexe II. Cartographie des habitats de la Réserve Pierre Constant (entité de la Réserve Naturelle Régionale des Marais de Brière)

Réalisée à partir des inventaires botaniques d'Aurélia Lachaud (Lachaud, 2014).



Annexe III. Cartographie des habitats du site d'étude de la Poite d'Arçay (Vendée)
Réalisée d'après la cartographie des habitats de l'Office National des Forêts.



Annexe IV. Récapitulatif pour chaque individu de Gorgebleues à miroir de Nantes suivi par radiopistage (entre 2013 et 2015) des codes de bague métal du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, code couleur (*MT* : métal, *Wh* : blanc, *J* : jaune, *Bc* : bleu clair, *R* : rouge, *Pc* : rose, *Bf* : bleu foncé, *V* : vert, *Vi* : violet, *O* : orange, *Vc* : vert clair, *Vf* : vert foncé) et code de l'émetteur.

Code MNHN ⁽¹⁾	Code couleur		Code récepteur		
	Patte gauche	Patte droite	2013	2014	2015
6747442	Bc/J	MT/Wh	16		
6747443	MT/Wh	Bc/R	17	38	
6747445	MT/Wh	Bc/Pc	18		71
6747447	MT/Wh	Bf/V	19		
6747448	MT/Wh	Bf/Vi	20		
6747449	MT/Wh	Bf/O	21	32	
6747451	MT/Wh	Bf/Bc	22		
6747453	MT/Wh	V/Vi	23		
6747454	MT/Wh	V/O	24		
6747455	MT/Wh	V/Bc	25		
6747456	MT/Wh	Vi/O	26		
6747459	MT/Wh	Vi/Bc	27		
6747461	MT/Wh	Vi/Vc	29	40	73
7057462	J/MT	Vc/Wh		31	68
7057463	J/MT	Vc/R		33	72
7057464	J/MT	Vc/J		34	
7057465	J/MT	Vc/Bf		35	
7057466	J/MT	Vc/Vc		36	
7057468	J/MT	Vc/M		37	
7128484	J/MT	Vc/O		39	
7057476	J/MT	Vc/Bc		41	
7814195	Vf/MT	Bf/R			61
7814196	Vf/MT	Bf/Wh			62
7814197	Vf/MT	Bf/Bf			63
7814198	Vf/MT	Bf/Vc			64
7814199	Vf/MT	Bf/J			65
7814200	Vf/MT	Bf/O			66
7814201	Vf/MT	Bf/Vi			67
7814203	Vf/MT	R/J			69
7814204	Vf/MT	R/R			70

(1) Muséum National d'Histoire Naturelle

Annexe V. Localisation des individus et de leur domaine vital (Polygone Convexe Minimum 100) dans les marais salants du Mès (entre 2013 et 2015, n= 36) (A), dans les roselières de la Réserve Pierre Constant (en 2015, n=17) (B), et dans les schorres de la Pointe d'Arçay (en 2015, n=13) (C).

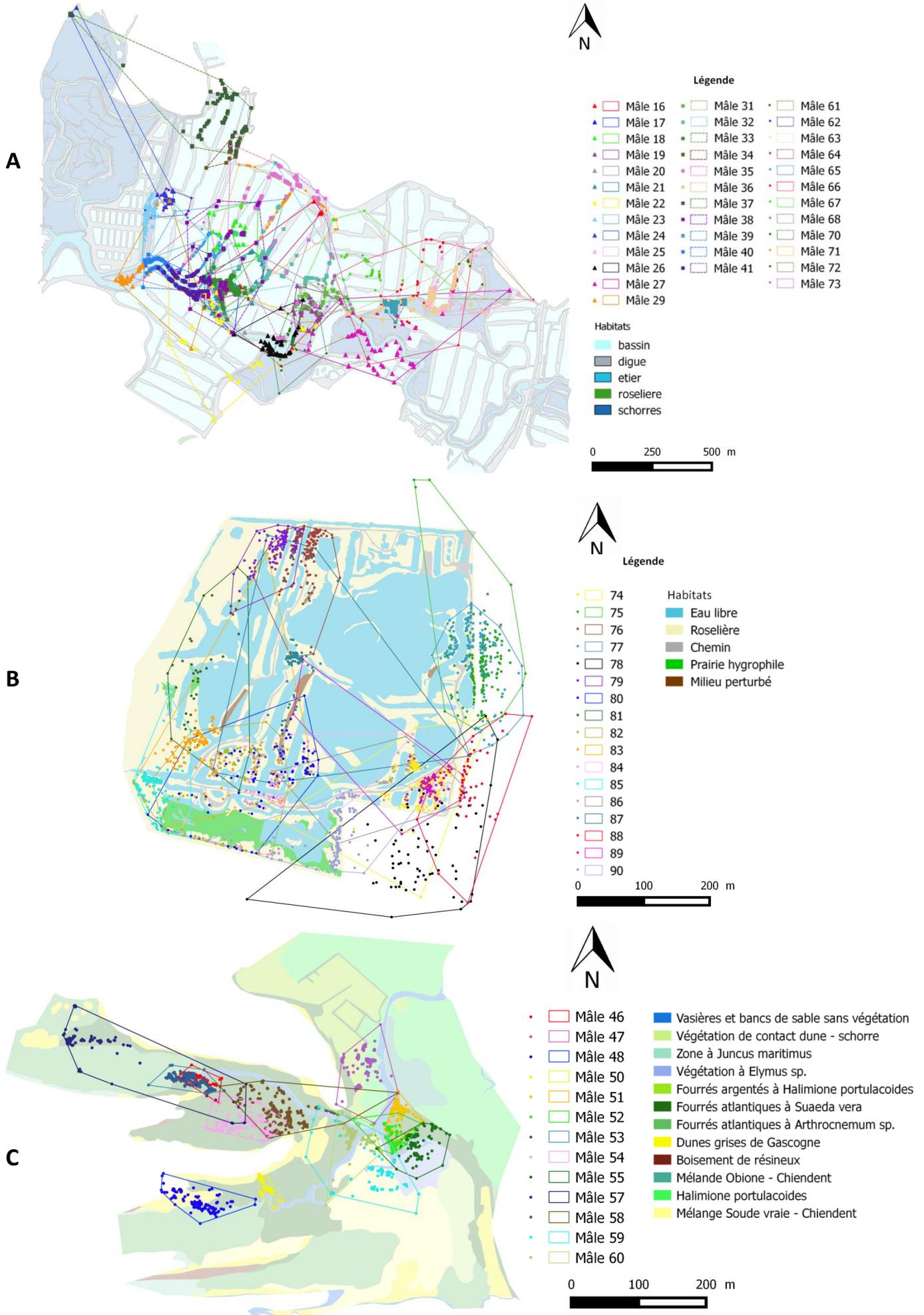


Table des illustrations

Figure 1. Périmètre du Parc naturel régional de Brière pour la période 2014-2026	
Figure 2. Cartographie représentant les sites d'études de la Gorgebleue à miroir de Nantes	4
Figure 3. Surface des domaines vitaux selon le pourcentage des polygones convexes minimum.....	11
Figure 4. Comparaison inter-sites des domaines vitaux	12
Figure 5. Comparaison inter-sites des territoires	12
Figure 6. Comparaison inter-sites des domaines vitaux sans les surfaces en bassins artificiels	13
Figure 7. Comparaison inter-sites des territoires sans les surfaces en bassins artificiels.....	14
Figure 8. Evolution des tailles de domaines vitaux au cours du temps	15
Figure 9. Influence des caractéristiques individuelles, sociales et paysagères sur les surfaces de domaines vitaux et territoires	17
Figure 10. Représentation de l'ACP caractérisant les stratégies territoriales	19
Figure 11. Régime des précipitations au cours de la période de radiopistage	22
Figure 12. Identification des stratégies territoriales.....	26
Annexe I. Cartographie des habitats des marais salants du bassin du Mès (Loire-Atlantique).....	32
Annexe II. Cartographie des habitats de la Réserve Pierre Constant (Loire-Atlantique)	32
Annexe III. Cartographie des habitats du site d'étude de la Poite d'Arçay (Vendée).....	33
Annexe IV. Récapitulatif des codes de bague métal du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, code couleur et code de l'émetteur	34
Annexe V. Localisation des individus et de leur domaine vital dans les marais salants du Mès, dans les roselières de la Réserve Pierre Constant, et dans les schorres de la Pointe d'Arçay.....	35

Table des matières

INTRODUCTION	1
I. MATERIEL ET METHODES	3
1. SITES D'ETUDE.....	3
a) <i>Les marais-salants du Mès (Loire-Atlantique)</i>	3
b) <i>Les roselières de la Réserve Pierre Constant (Loire-Atlantique)</i>	3
c) <i>Les schorres de la Pointe d'Arçay (Vendée)</i>	3
2. MODELE BIOLOGIQUE	4
a) <i>Généralités sur la Gorgebleue à miroir (Luscinia svecica, Linnaeus 1758)</i>	4
b) <i>La Gorgebleue à miroir de Nantes (Luscinia svecica namnetum, Mayaud 1934)</i>	5
3. METHODES DE TERRAIN.....	6
a) <i>Capture et équipement des individus</i>	6
b) <i>Suivi télémétrique</i>	7
4. ANALYSES DE DONNEES	7
a) <i>Calcul des surfaces de domaines vitaux et territoires</i>	7
b) <i>Taille des domaines vitaux et territoires : comparaison inter-sites et évolution temporelle</i>	8
c) <i>Facteurs déterminant la surface des domaines vitaux et des territoires</i>	9
d) <i>Stratégies territoriales en marais salants</i>	10
II. RESULTATS	11
a) <i>Taille des domaines vitaux et territoires : comparaison inter-sites et évolution temporelle</i>	11
b) <i>Facteurs déterminant la surface des domaines vitaux et des territoires</i>	16
c) <i>Stratégies territoriales en marais salants</i>	18
III. DISCUSSION	20
a) <i>Taille des domaines vitaux et territoires : comparaison inter-sites et évolution temporelle</i>	20
b) <i>Facteurs déterminant la surface des domaines vitaux et des territoires</i>	23
c) <i>Stratégies territoriales en marais salants</i>	25
CONCLUSION	27
BIBLIOGRAPHIE	28
ANNEXES	32
TABLE DES ILLUSTRATIONS	36
TABLE DES MATIERES	37

RÉSUMÉ

Les littoraux ont subi une pression anthropique considérable, impactant la biodiversité. Les marais salants illustrent bien ces milieux où l’empreinte de l’Homme est omniprésente. La Gorgebleue à miroir de Nantes (*Luscinia svecica namnetum*, Mayaud 1934), endémique de la façade atlantique, semble être le seul passereau s’installant préférentiellement dans les cœurs de salines. Cette étude propose d’approfondir les connaissances relatives à l’utilisation de l’espace chez cette espèce très territoriale par radiopistage en simultané sur trois sites suivant un gradient d’anthropisation décroissant : les marais salants du bassin du Mès, les roselières de la Réserve naturelle régionale des marais de Brière (sous-entité Pierre Constant) et les schorres de la Pointe d’Arçay. Les résultats obtenus montrent une augmentation significative des domaines vitaux et territoires suivant un gradient d’anthropisation croissant. Cependant, à l’échelle des marais salants, une évolution de la taille des domaines vitaux au cours de la saison de reproduction est à noter. Les facteurs expliquant le mieux les différences de taille des domaines vitaux sont les caractéristiques paysagères tandis que les différences de taille de territoires semblent être mieux expliquées par le gonflement de la protubérance cloacale. Deux stratégies territoriales ont pu être décrites : les mâles « flottants » et « résidents », cependant un continuum semble exister entre ces deux principales stratégies.

Mots clés : Gorgebleue à miroir – radiopistage – domaine vital – territoire – paysage

ABSTRACT

Littoral areas have been impacted by a considerable anthropogenic pressure, affecting biodiversity. Coastal salinas are good examples of the Human footprint on landscapes. The endemic subspecies of Bluethroat which breeds in the French atlantic coast (*Luscinia svecica namnetum*, Mayaud 1934) seems to be the only passerine breeding preferentially at the core of salinas. This study aims to deepen knowledge about the space use by this highly territorial species through a radio tracking survey performed in three sites along a decreasing anthropization gradient : the salinas of the Mès basin, the reedbeds of the “Réserve naturelle régionale des Marais de Brière” (entity “Pierre Constant”) and the salt-marshes of “La Pointe d’Arçay”. Results show an increase in home range and territory sizes following an increasing anthropization gradient. However, within salinas, a temporal increase in home range size over the breeding season has to be reported. The factors which best explain the differences in home range sizes are the landscape characteristics whereas the differences in territory sizes seem to be better explained by the cloacal protuberance swelling. Two territorial strategies stand out: the “floating” and “resident” males, but it seems to exist a continuum between these two main strategies.

Key words: Bluethroat – radio-tracking – home range – territory – landscape