



BioSphère
ENVIRONNEMENT

www.biosphere-environnement.com



Définition des potentialités des espaces agricoles arrière-littoraux pour la compensation des pertes de marais côtiers inhérentes au changement climatique

- Scénarios de compromis entre enjeux environnementaux et enjeux agricoles pour la conservation des passereaux paludicoles -



Définition des potentialités des espaces agricoles arrière-littoraux pour la compensation des pertes de marais côtiers inhérentes au changement climatique

- Scénarios de compromis entre enjeux environnementaux et enjeux agricoles pour la conservation des passereaux paludicoles -

BioSphère Environnement

52 quai de l'Estuaire

F - 17120 Mortagne-sur-Gironde

www.biosphere-environnement.com

E-mail : courrier@biosphere-environnement.com

Citation du document :

Musseau R., Crépin M. & Brugulat C. (2018) - Définition des potentialités des espaces agricoles arrière-littoraux pour la compensation des pertes de marais côtiers inhérentes au changement climatique, scénarios de compromis entre enjeux environnementaux et enjeux agricoles. BioSphère Environnement, 15 pp.

Avec le concours et le soutien technique ou financier de :



Le projet « Définition des potentialités des espaces agricoles arrière-littoraux pour la compensation des pertes de marais côtiers inhérentes au changement climatique, scénarios de compromis entre enjeux environnementaux et enjeux agricoles pour la conservation des passereaux paludicoles »

a été cofinancé par :

Le Conseil Départemental de la Charente-Maritime ;

L'Agence de l'Eau Adour-Garonne ;

Le Ministère de l'Environnement (DREAL Nouvelle Aquitaine) ;

**L'Union Européenne
Fonds européen agricole pour le développement rural (FEADER) :**
l'Europe investit dans les zones rurales ;

La fondation EDF.

SOMMAIRE

Résumé.....	1
I - Introduction	2
II - Sites d'étude	4
III - Méthodes	5
IV - Résultats.....	8
V - Discussion	11
VI - Bibliographie.....	13

Résumé

Dans le contexte de réduction des surfaces de marais littoraux inhérent au changement global, nous avons cherché à évaluer les possibilités de conservation d'habitats exploités par les passereaux paludicoles par la mise en place en zones arrière-littorales de mosaïques de roselières et de parvo-roselières au sein d'espaces prairiaux fauchés et pâturés. Sur la rive nord de l'estuaire de la Gironde (France), nous avons comparé les conditions d'utilisation de ces espaces par quatre espèces de passereaux paludicoles ayant des exigences écologiques différentes avec celles de vastes roselières et parvo-roselières d'une zone d'estran librement soumis au balancement des marées. En période de reproduction, les densités par hectare de roseaux de la Rousserolle effarvate sont près de deux fois plus importantes dans le premier habitat. Au cours de la période post-nuptiale, les temps de séjour des jeunes oiseaux après capture, calculés à partir des probabilités de survie moyenne des individus, varient de manière plus ou moins importante selon les espèces entre la mosaïque d'habitats de la zone prairiale et les zones de l'estran : $20,52 \pm 0,31$ vs $22,10 \pm 0,31$ jours pour la Rousserolle effarvate, $13,52 \pm 0,30$ vs $8,24 \pm 0,33$ jours pour la Gorgebleue à miroir, $2,87 \pm 0,48$ vs $5,76 \pm 0,36$ jours pour le Phragmite des joncs et zéro vs $1,98 \pm 0,60$ jours pour le Phragmite aquatique. Pour cette dernière espèce, les résultats de radio-tracking montrent une dispersion très rapide des oiseaux sur le premier habitat alors qu'ils peuvent être suivis jusqu'à plus de 4 jours sur le second. Ces résultats montrent que dans des contextes géographiques sur lesquels on observe un recul ou d'importantes dégradations des marais littoraux, le développement de l'élevage extensif relativement à d'autres pratiques agricoles, avec encouragement à la mise en œuvre de gestions hydrauliques des parcelles pour la conservation des roselières et parvoroselières présente des intérêts écologiques manifestes pour certains cortèges de passereaux paludicoles à large plasticité écologique telles que la Rousserolle effarvate ou la Gorgebleue à miroir. Ce type de logique génère des mosaïques d'habitats complémentaires au développement de scénarios de conservation des roselières et parvoroselières plutôt homogènes et régulièrement inondées qui sont spécifiquement recherchées par certaines espèces relativement spécialistes telles que le Phragmite des joncs ou le Phragmite aquatique.

I - Introduction

Les marais littoraux font partie des écosystèmes les plus productifs de la planète (Costanza *et al.*, 1997; Blankespoor *et al.*, 2014). Ces écosystèmes fournissent de multiples services à l'humanité tels que l'amortissement des effets de houle, la rétention des sédiments, la fixation et l'assimilation de différents polluants, la séquestration du carbone et constituent des niches écologiques essentielles à de nombreuses espèces exploitées par l'homme (Woodward & Wui, 2001). Ces espaces abritent également des habitats à végétation plus ou moins dense et haute, essentiels à la conservation de différentes espèces d'oiseaux, en particulier pour des espèces de passereaux hautement spécialisées qui exploitent ces habitats comme zones de reproduction (Marshall & Reinert, 1990; Musseau & Beslic 2018), zones d'escales migratoires (Musseau *et al.* 2014) ou comme zones pour compenser des dépenses énergétiques inhérentes à des événements particulièrement consommateurs d'énergie tels que la mue (Musseau *et al.* 2017).

Sur l'ensemble de la planète, la dégradation des écosystèmes côtiers augmente de manière régulière (Hinrichsen, 1998) et 20 à 60% des zones humides littorales du monde risquent de disparaître dans les 100 prochaines années (Titus, 1988 ; Nicholls *et al.*, 2009 ; Craft *et al.*, 2009). Dans le contexte du changement climatique et de l'élévation du niveau marin, les marais littoraux peuvent en particulier être exposés à d'importantes dynamiques érosives inhérentes à des perturbations des régimes hydro-sédimentaires des zones littorales. Ces dynamiques génèrent des modifications de la géographie des estrans à substrats meubles, avec localement des dégradations significatives des éco-complexes intertidaux, pertes des fonctionnalités écologiques et pertes des services écosystémiques assurés par ces espaces. A titre d'exemple, depuis 1970, l'estuaire de la Gironde subit les effets d'une dynamique érosive conséquente explicable par des perturbations de son régime hydrosédimentaire : élévation du niveau marin de 2,2 à 2,8 mm / an sur la période 1914-1996 (EUCEA, 2008) conjuguée à un allongement de la période d'étiage (Sottolichio *et al.*, 2013). Ainsi, depuis 1970, la zone de turbidité maximale de l'estuaire (bouchon vaseux) migre de manière continue en amont, engendrant une dynamique érosive significative du lit de l'estuaire : perte d'environ 17km³ de sédiments entre 1970 et 1980 et 60km³ entre 1980 et 1994 (Sottolichio *et al.*, 2013). Cette dynamique impacte également les marais littoraux des rives et de 2000 à 2016, la rive nord du secteur mésohalin de l'estuaire de la Gironde, s'étendant sur un linéaire d'environ 25 km et abritant les plus vastes surfaces de marais intertidaux de l'estuaire (près de 1 500 hectares) a subi un recul moyen du trait côtier supérieur à 30m sur 42% linéaire considéré (soit un recul du trait de côte de près de 2m par an, Musseau *et al.*, 2018, voir figure 1).

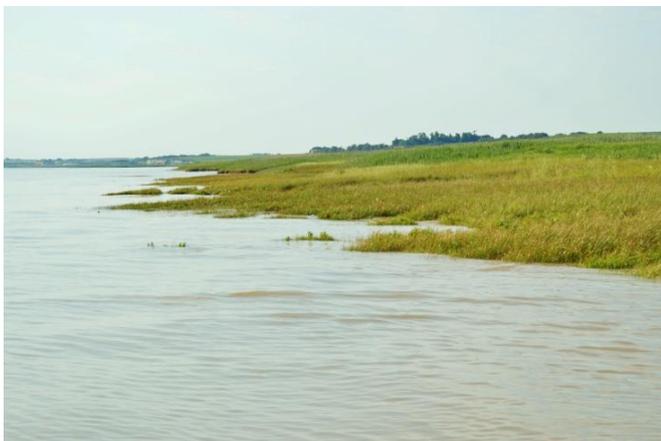


Figure 1 : vues de deux portions de rivage de l'estuaire de la Gironde. Gauche : rive non érodée avec pentes douces, droite, rive érodée avec pentes abruptes et disparition des habitats les plus bas des pentes du rivage.

© BioSphère Environnement.

Dans ce contexte de régression des surfaces des territoires littoraux impactant les zones humides intertidales et menaçant également des espaces agricoles adjacents, nous avons cherché à définir dans quelles mesures et avec quels modes de gestion il est possible de compenser les pertes d'habitats inhérentes au recul des traits de côte en cherchant à concilier enjeux environnementaux et agricoles. En effet, si la restauration écologique des espaces par arasement des digues des espaces arrière-littoraux (dépoldérisation) est un scénario performant du point de vue de la restauration écologique de marais littoraux, ce dernier reste néanmoins difficilement systématisable sur l'ensemble des zones côtières au sein desquelles les enjeux sociétaux et agricoles doivent également être pris en compte dans les logiques de gestion durable des territoires.

Dans le cadre de différentes expérimentations de gestions agricoles et hydrauliques actuellement développées au sein des zones arrière-littorales de l'estuaire de la Gironde, nous avons cherché à évaluer les possibilités de compensation de pertes de marais littoraux exploités par l'avifaune par la gestion d'espaces agricoles (prairies poldérisées fauchées et pâturées), avec gestions hydrauliques de fossés permettant le développement de larges bandes de végétations paludicoles de type roselières / parvo-roselières. Nous avons focalisé notre travail sur un cortège d'espèces exploitant de manière significative les marais littoraux de la côte atlantique française. Nous avons ciblé des espèces avec différents gradients de spécialisation du point de vue des habitats exploités : deux espèces avec une plasticité écologique relativement importante : la Rousserolle effarvate (*Acrocephalus scirpaceus*) et la Gorgebleue à miroir (*Cyanecula svecica*), une espèce pouvant être considérée comme moyennement spécialiste : le Phragmite des joncs (*Acrocephalus schoenobaenus*) et une espèce hautement spécialiste, le Phragmite aquatique (*Acrocephalus paludicola*).



Figure 2 : espèces cibles, haut, de gauche à droite : Rousserolle effarvate (*Acrocephalus scirpaceus*) et Gorgebleue à miroir (*Cyanecula svecica*). Bas, de gauche à droite Phragmite des joncs (*Acrocephalus schoenobaenus*) et Phragmite aquatique (*Acrocephalus paludicola*).

Au sein de la zone d'étude (estuaire de la Gironde), la Rousserolle effarvatte est un nicheur et migrateur abondant se retrouvant dans une grande variété d'habitats avec des densités pouvant aisément dépasser 15 mâles chanteurs / ha en période de reproduction (voir résultats ci-après). La Gorgebleue à miroir est un nicheur et migrateur relativement abondant des roselières de la zone d'étude avec des densités de nicheurs moyennes dans ces espaces de 2 mâles chanteurs / ha de roselière (Musseau & Beslic, 2018). Le Phragmite des joncs est quant à lui un nicheur rare au sein des roselières de la zone d'étude mais migrateur abondant (Musseau, obs. pers.). Enfin, le Phragmite aquatique, espèce mondialement menacée est un migrateur strict de la zone d'étude, localement relativement abondant au cours de la migration post-nuptiale (voir Musseau & Herrmann, 2013). Afin d'appréhender les potentialités écologiques de zones avec des mosaïques de parvo-roselières et de roselières au sein de zones prairiales, nous avons mis en place des protocoles permettant de comparer les conditions d'exploitation par des espèces cibles de ce type d'espace avec un habitat de référence : un vaste marais littoral avec d'importantes surfaces de roselières et parvo-roselières. Nous avons travaillé sur deux périodes : la période de reproduction et la période post-nuptiale. Les travaux au cours de la période de reproduction ont été focalisés sur l'étude des densités et la condition corporelle de la Rousserolle effarvatte : espèce permettant la collecte d'un nombre important de données pour des analyses statistiques robustes. Les travaux en période post-nuptiale ont quant à eux été focalisés sur l'étude de la condition corporelle des oiseaux et de leur probabilité de maintien (temps de séjour moyen) au sein des espaces échantillonnés.

II - Sites d'étude

Deux sites ont été étudiés dans le cadre de ce travail. Le premier est une prairie à graminées arrière littorale fauchée et avec pâturage ovin extensif en agriculture biologique, sur laquelle a été aménagé un important réseau de fossés partiellement reconnectés aux dynamiques tidales par un ouvrage de régulation et peuplés par le Roseau commun (*Phragmites australis*) en association d'autres espèces hélrophytes dont le Scirpe maritime (*Bolboschoenus maritimus*) couvrant environ 17% de la surface de la parcelle (figure 3). Le second site, habitat de référence, est un vaste estran librement soumis au balancement des marées à la végétation dominée par de vastes surfaces à Roseau commun (*Phragmites australis*), bordées le long du rivage par de vastes surfaces de parvoroselières à Scirpe maritime (*Bolboschoenus maritimus*) et régulièrement entrecoupées par des pelouses hautes à Chiendent du littoral (*Elytrigia acuta*) (figure 3).



Figure 3 : vue aérienne des deux sites d'étude. Gauche : prairie arrière-littoral poldérisée avec mosaïque de roselières et de parvoroselières. Droite : estran librement soumise au balancement des marées avec vastes surfaces de roselières et parvoroselières. © BioSphère Environnement.

III - Méthodes

Suivi des oiseaux en période de reproduction :

Au cours de la période de reproduction, nous avons en particulier ciblé notre travail sur la densité et la condition corporelle des Rousserolles effarvates. Pour cela, durant le printemps de l'année 2018 de la mi-mai à la mi-juin, sur chacun des 2 sites, 6 quadrats de 60m x 60m (délimités par des jalons et séparés d'une distance de 100m, voir figure 4) ont été échantillonnés pour étude des densités des reproducteurs. La récolte des données a été réalisée à l'occasion de 5 passages sur les quadrats qui ont été prospectés de l'heure légale du lever du soleil jusqu'à 02h00 après cette heure, par vent faible (< 10km/h) et température ressentie supérieure ou égale à 10°C. Depuis le centre du quadrat, le recensement des mâles chanteurs s'est étalé sur une durée de 5 minutes (5 minutes après l'arrivée de l'observateur sur le site afin de limiter l'effet intrusion de l'observateur sur le site). Au cours des années 2016, 2017 et 2018, de la mi-mai à la mi-juin, de une heure après l'heure légale du lever du soleil et jusqu'à 04h00 après cette heure (par conditions météorologiques similaires à celles du suivi des quadrats), des captures de Rousserolles effarvates ont été réalisées sur les deux sites afin d'étudier la condition corporelle des oiseaux (rapport masse / longueur de l'aile), permettant un diagnostic de l'état sanitaire des oiseaux au cours de la reproduction.

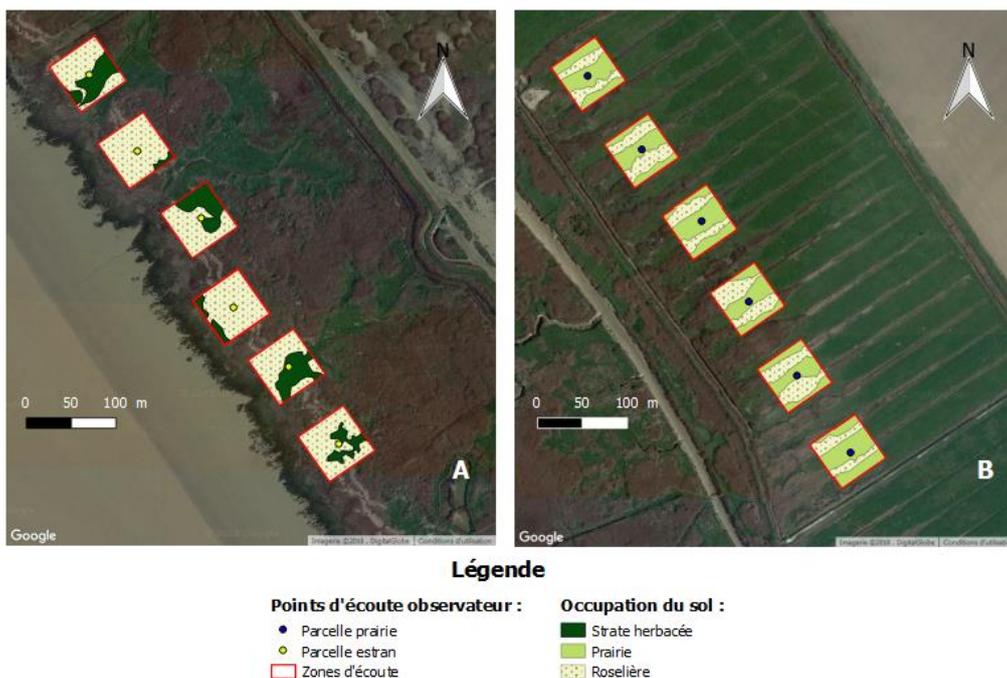


Figure 4 : quadrats suivis pour étude des densités de la Rousserolle effarvate (*Acrocephalus scirpaceus*). Gauche : quadrats de la roselière d'estran librement soumise au balancement des marées, droite : quadrats de la prairie arrière-littoral poldérisée avec réseau de fossés peuplés par le Roseau commun.

© BioSphère Environnement.

Suivi des oiseaux en période post-nuptiale :

Durant la période post-nuptiale, un suivi de la migration des 4 espèces cibles a été mis en place durant les 31 jours des mois d'août avec travaux de capture, marquage et recapture avec mise en œuvre du protocole "ACROLA" (voir [Jiguet et al., 2012](#)). Le protocole consiste en l'installation de 3 unités de 36 m de filets de type "japonais" avec en leur centre un leurre sonore diffusant le chant du Phragmite aquatique et distribuées afin de couvrir de manière homogène une surface d'environ 1 hectare. Les travaux ont été conduits au cours des années 2011 et 2012 au sein de la zone l'estran et de 2016 à 2018 au sein de la mosaïque d'habitats de la zone prairiale.



Figure 5 : illustration des opérations de baguage en période post-nuptiale.
© BioSphère Environnement.

Analyses statistiques :

Les erreurs standards (SE) et les intervalles de confiance (IC95%) des moyennes des différentes variables ont été calculés en utilisant une méthode *bootstrap* de ré-échantillonnage non paramétrique (BRM). La méthode consiste en la production de 10 000 échantillons (de taille identique à l'échantillon original) produits par échantillonnage aléatoire des valeurs des variables avec remise dans l'échantillon original (voir détails dans [Efron, 1979](#) ; [Efron & Tibshirani, 1993](#)). Les paramètres statistiques (SE et IC95%) ont été calculés en utilisant le package "*boot*" ([Canty & Ripley, 2015](#)) développé à partir des méthodes décrites par [Davison & Hinkley \(1997\)](#) pour le logiciel *R* ([R Development Core Team, 2013](#)). Les intervalles de confiances ont été calculés en utilisant la méthode *bootstrap* accélérée du biais (Bca, voir [Efron, 1987](#) et [Preacher & Selig, 2012](#)). Les comparaisons des différentes variables en fonction des groupes échantillonnés ont été réalisées en utilisant : 1) pour les petits échantillons : des tests de Permutation de Fisher-Pitman (FFP tests, [Fischer 1936](#), [Pitman 1937](#)) avec le package "*coin*" développé pour le logiciel *R* ([Hothorn et al. 2008](#)), avec 10 000 permutations pour chaque test ; 2) pour les grands échantillons : des ANOVA de type II en utilisant le package "*car*" développé pour le logiciel *R* et permettant de comparer un modèle linéaire généralisé (GLM) avec effet(s) à un modèle sans effet.

Le temps de séjour moyen après capture (S_a) des individus capturés en période post-nuptiale a été calculé à partir de la valeur de la survie moyenne des oiseaux (φ), estimée avec l'équation basique $S_a = -1/\ln(\varphi)$ (voir [Seber, 1982](#)) où le paramètre φ est la survie locale moyenne des individus (probabilité moyenne qu'un individu capturé à un instant t se maintienne sur le site échantillonné à $t+1$). La survie moyenne des oiseaux a été calculée à partir du modèle de Cormack-Jolly-Seber (CJS, voir [Lebreton et al., 1992](#)) en utilisant le logiciel Mark ([White &](#)

Burnham, 1999). Les paramètres survie (φ) et probabilité de détection (p) des individus ont été calculés en testant pour chacun des paramètres des possibilités de variations en fonction du site échantillonné (effet habitat) et/ou variation en fonction du temps (variations inter-journalières). Pour ces deux paramètres, 5 possibilités ont ainsi été testées : sans variation inter-journalière et sans variation inhérente au site échantillonné (φ et p .) ; avec variation dans le temps mais sans variation inhérente au site (φ_t et p_t) ; sans variation dans le temps mais avec variation due au site (φ_{site} et p_{site}) ; avec variation dans le temps et variation inhérente au site avec une variation dans le temps identique entre les sites (φ_{site+t} et p_{site+t}) et enfin avec variation dans le temps et variation inhérente au site avec une variation dans le temps différente entre les sites (φ_{site*t} et p_{site*t}). La sélection des modèles les plus vraisemblables a été réalisée sur la base de l'AICc (Burnham & Anderson 2002). En cas de modèles équi-vraisemblables, le paramètre φ a été calculé à partir d'un "model-averaging" (moyenne du paramètre pondérée par les poids d'AICc des modèles dont les différences d'AICc sont < 2).

Compte-tenu de ses effectifs plus limités que la Rousserolle effarvate et que le Phragmite des joncs, l'étude des possibilités d'escale migratoire du Phragmite aquatique au sein de la mosaïque d'habitats de la zone prairiale a été complétée par le suivi par radio-pistage de 15 jeunes individus au cours des mois d'août 2017 et 2018. Les oiseaux ont été équipés d'émetteurs VHF d'une masse 0,19g produits par la société *Biotrack Ltd*, avec une portée de 80 à 300m, configurés pour émettre dans la bande de fréquence 148 Mhz et avec émission d'un signal de 20ms toutes les 50 secondes. Ces appareils ont été sélectionnés afin de ne pas excéder 5% de la masse des oiseaux (dispositif d'attache inclus) comme recommandé par Caccamise & Hedin (1985). Les émetteurs ont été attachés au dos des oiseaux à l'aide d'un harnais fabriqué avec un fil de caoutchouc de section cylindrique et d'un diamètre de 0,8mm collé sur l'émetteur avec de la colle *Loctite® 454* et l'activateur *Loctite® 7455* selon la méthode recommandée par Rappole & Tipton 1991 (voir figure 5). La longueur du harnais a été ajustée selon la fonction allométrique proposée par Naef-Daenzer (2007). Les oiseaux équipés ont été relâchés à l'endroit exact de la capture au plus tard une heure après celle-ci. Une fois relâchés, les oiseaux ont été suivis à l'aide d'une antenne directionnelle de type *Yagi-Uda* connectée à un récepteur "*Sika*" produit par la société *Biotrack Ltd* (figure 6).



Figure 6 : illustration des opérations de suivi du Phragmite aquatique par radio-pistage.
© BioSphère Environnement.

IV - Résultats

Période de reproduction :

Au cours du printemps 2018, 251 contacts de Rousserolles effarvates ont été répertoriés sur l'ensemble des quadrats suivis au cours des 5 périodes d'échantillonnage : 121 pour la zone prairiale et 130 pour l'estran. Le nombre de contact moyen par quadrat au sein de la mosaïque d'habitats de la zone prairiale est de $4,03 \pm 0,22$ (IC95% : 3,53 à 4,40) et de $4,34 \pm 0,21$ (IC95% : 3,87 à 4,67) pour la zone d'estran. Rapporté à la surface peuplée par le Roseau commun, le nombre de contacts est plus élevé dans la zone prairiale que dans l'estran avec $28,39 \pm 1,89$ (IC95% : 24,86 à 32,27) contacts vs $16,08 \pm 0,94$ (IC95% : 14,23 à 17,96), FPP test : $p < 0,05$.

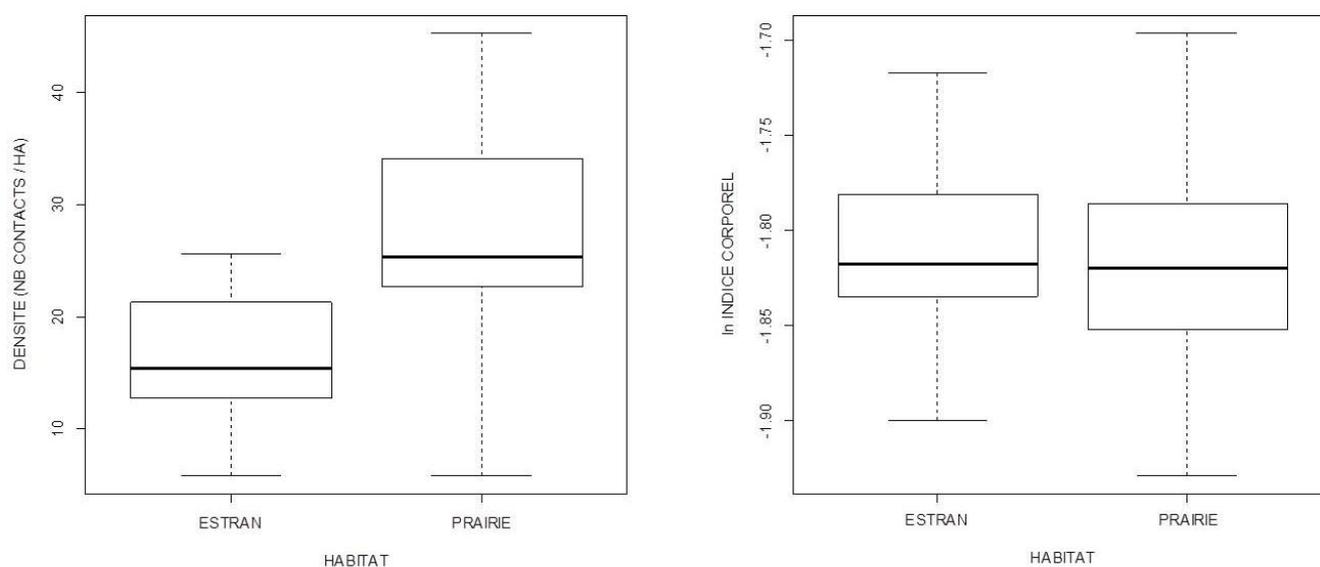


Figure 7 : gauche : densités de Rousserolles effarvates en fonction de la surface de Roseau commun sur les habitats échantillonnés. Droite : condition corporelle (rapport masse / longueur de l'aile) des mâles de Rousserolles effarvates en fonction des habitats échantillonnés. © BioSphère Environnement.

Pour les analyses relatives à la condition corporelle des oiseaux en période de reproduction, nous nous sommes concentrés sur les mâles qui présentent une masse plus stable que les femelles durant cette période compte-tenu de la production des œufs pour ces dernières. Au total, 131 mâles de Rousserolles effarvates adultes ont été capturés et bagués sur la période du 15 mai au 15 juin pour les années 2016, 2017 et 2018, dont 59 individus dans les roselières de la prairie et 72 dans les roselières de l'estran. Les analyses des données de la condition corporelle de ces oiseaux ne révèlent aucune différence entre les deux sites : moyenne = $0,16 \pm 0,00$; IC95% 0,16 - 0,16 (ANOVA de type II comparant GLM avec effet site + effet année et modèle GLM sans effet : $F_{1,130} = 1,98$; $p = 0,16$ pour l'effet site et $F_{1,130} = 0,87$; $p = 0,87$ pour l'effet année).

Période post-nuptiale :

Les captures réalisées au cours de la période post-nuptiale sur les deux sites sont constituées en moyenne de plus de 80% de jeunes oiseaux (individus nés dans l'année) et nous avons concentré nos analyses sur cette classe d'âge. Les indices corporels des oiseaux lors de la première capture de chaque saison d'échantillonnage ne diffèrent pas entre les deux sites suivis, ni pour la Rousserolle effarvatte (moyenne = $0,17 \pm 0,00$), ni pour la Gorgebleue à miroir (moyenne = $0,21 \pm 0,00$) ou le Phragmite aquatique (moyenne = $0,18 \pm 0,00$), tests respectifs pour les 3 espèces : $p = 0,28$; $F_{1,2361}$; $p = 0,39$; $F_{1,402}$; $p = 0,21$ $F_{1,299}$). En revanche, pour le Phragmite des joncs, ils apparaissent significativement plus faibles sur la zone prairiale (moyenne = $0,16 \pm 0,0$) que sur la zone d'estran (moyenne = $0,17 \pm 0,0$) : $p \ll 0,001$; $F_{1,2444}$. Les temps de séjour moyens des oiseaux calculés à partir des valeurs de la survie inter-journalière des oiseaux estimée à partir du modèle de Cormack-Jolly-Seber révèlent des valeurs pour la zone prairiale et pour la zone d'estran égales à : $20,52 \pm 0,31$ vs $22,10 \pm 0,31$ jours pour la Rousserolle effarvatte, $13,52 \pm 0,30$ vs $8,24 \pm 0,33$ jours pour la Gorgebleue à miroir et $2,87 \pm 0,48$ vs $5,76 \pm 0,36$ jours pour le Phragmite des joncs (voir tableau 1). Le temps de séjour moyen des Phragmites aquatiques est estimé à $1,98 \pm 0,60$ au sein de la zone d'estran alors qu'aucune estimation ne peut être produite pour la zone prairiale compte-tenu qu'aucun individu n'a été recapturé sur ce site (voir tableau 1). Enfin, sur les 15 Phragmites aquatiques équipés d'émetteurs radio sur la zone prairiale (10 en 2017 et 5 en 2018), aucun n'a été retrouvé sur le site le lendemain de la capture. Deux oiseaux ont été retrouvés en dehors de la zone en 2017 : un au sein d'une zone de végétation basse et inondée d'un plan d'eau aménagé sur l'estran pour la chasse au gibier d'eau et le second au sein d'une vaste scirpo-phragmitaie inondée par les marées.

	Nb de captures / unité de capture ⁽¹⁾ / an		Durée séjour (nb de jours) après capture	
	Estran	Prairie	Estran	Prairie
Rousserolle effarvatte	165,83	157,00	$22,10 \pm 0,31$	$20,52 \pm 0,31$
Gorgebleue à miroir	15,40	37,50	$8,24 \pm 0,33$	$13,52 \pm 0,30$
Phragmite des joncs	165,33	105,44	$5,76 \pm 0,36$	$2,87 \pm 0,48$
Phragmite aquatique	12,67	6,56	$1,98 \pm 0,60$	-

Tableau 1 : distribution des captures en fonction des habitats (nombre de capture / unité de capture⁽¹⁾ / an).

⁽¹⁾ Unités "ACROLA" : unités de 3 filets de 12m de long avec un dispositif de leurre sonore au centre, voir "méthodologie"

Model	AICc	Delta AICc	AICc W.	Mod. Likelihood	Nb. Par.	Deviance
$\varphi. p.$	307,243	0,000	0,524	1,000	2	136,161
$\varphi_{site} p.$	309,139	1,896	0,203	0,387	3	136,052
$\varphi. p_{site}$	309,182	1,940	0,199	0,379	3	136,095
$\varphi_{site} p_{site}$	311,146	3,903	0,074	0,142	4	136,052
$\varphi. p_t$	330,232	22,989	0,000	0,000	31	100,284

Tableau 2 : tableau des 5 meilleurs modèles sur les 25 modèles testés pour l'évaluation de la survie des Rousserolles effarvattes (*Acrocephalus scirpaceus*) : sans effet et avec effets temps et habitats.

Model	AICc	Delta AICc	AICc W.	Mod. Likelihood	Nb. Par.	Deviance
$\varphi. p_{site}$	287,383	0,000	0,456	1,000	3	190,510
$\varphi_{site} p.$	288,295	0,912	0,289	0,634	3	191,422
$\varphi_{site} p_{site}$	289,061	1,679	0,197	0,432	4	190,146
$\varphi. p.$	291,503	4,121	0,058	0,127	2	196,663
$\varphi. p_{site + t}$	302,836	15,453	0,000	0,000	32	141,906

Tableau 3 : tableau des 5 meilleurs modèles sur les 25 modèles testés pour l'évaluation de la survie des Gorgebleues à miroir (*Cyanecula svecica*) sans effet et avec effets temps et habitats.

Model	AICc	Delta AICc	AICc W.	Mod. Likelihood	Nb. Par.	Deviance
$\varphi_{site} p.$	173,959	0,000	0,394	1,000	3	71,193
$\varphi. p_{site}$	174,449	0,490	0,309	0,783	3	71,683
$\varphi_{site} p_{site}$	175,792	1,833	0,158	0,400	4	71,018
$\varphi. p.$	176,043	2,084	0,139	0,353	2	75,284
$\varphi. p_{site + t}$	205,998	32,040	0,000	0,000	32	44,115

Tableau 4 : tableau des 5 meilleurs modèles sur les 25 modèles testés pour l'évaluation de la survie des Phragmites des joncs (*Acrocephalus schoenobaenus*) : sans effet et avec effets temps et habitats.

Model	AICc	Delta AICc	AICc W.	Mod. Likelihood	Nb. Par.	Deviance
$\varphi. p.$	38,914	0,000	1,000	1,000	2	19,247
$\varphi. p_{site}$	127,901	88,987	0,000	0,000	31	6,307
$\varphi_{site} p.$	129,400	90,485	0,000	0,000	31	7,806
$\varphi_{site} p_{site}$	552,676	513,762	0,000	0,000	59	2,701

Tableau 5 : tableau des 4 modèles testés pour l'évaluation de la survie des Phragmites aquatiques (*Acrocephalus paludicola*) au sein de la zone d'estran, sans effet et avec effet temps.

V - Discussion

Avec des densités de contacts de mâles chanteurs de Rousserolle effarvate en période de reproduction près de 1,5 fois supérieures dans les zones de panachage roselières-parvoroselières / prairies (*RPP*) que dans les vastes roselières et parvoroselières des marais intertidaux (*RPI*), nos résultats illustrent que les premiers habitats constituent des espaces de reproduction satisfaisants pour cette espèce. Ces importantes densités, couplées aux résultats de la condition corporelle des individus (identiques sur les deux types d'habitats), mettent en lumière les fortes potentialités trophiques des zones de *RPP* permettant la compensation des dépenses énergétiques inhérentes à l'effort de reproduction des individus. Les intérêts écologiques des zones de *RPP* pour la Rousserolle effarvate sont confirmés par l'étude des temps de séjour des oiseaux en période post-nuptiale. Nos résultats montrent en effet que la durée de maintien des jeunes oiseaux après capture au cours de cette période est relativement équivalente dans ces zones à la durée de séjours des individus exploitant les zones de *RPI*. Les intérêts écologiques des zones de *RPP* sont également confirmés pour la Gorgebleue à miroir dont les temps de séjours des jeunes oiseaux après capture en période post-nuptiale sont près de deux fois plus importants dans les zones de *RPI*. En revanche, les temps de séjour des jeunes Phragmites des joncs (deux fois plus courts dans les zones de *RPP* que dans les zones de *RPI*) montrent que les roselières-parvoroselières distribuées en mosaïque au sein d'espaces prairiaux ne conviennent pas à l'espèce. Cette faible attractivité des zones de *RPP* se retrouve pour le Phragmite aquatique dont les jeunes oiseaux ont des temps de séjour considérés nuls dans ces espaces faute de recapture après baguage, tendance confirmée par l'impossibilité de retrouver dès le lendemain du jour de la capture les individus ayant été équipés d'émetteurs radio sur ce type d'habitat. A contrario, le temps de séjour moyen des jeunes Phragmites aquatiques est estimé à près de 2 jours au sein des zones de *RPI* et des individus équipés d'émetteurs radio ont pu être suivis en moyenne plus de 4 jours (3 jours après le jour de capture) dans ce type d'habitat (voir [Musseau et al., 2014](#)).

Ces résultats montrent que certaines espèces de passereaux paludicoles peuvent tirer des avantages significatifs de zones au sein desquelles on favorise un panachage roselières-parvoroselières / prairies alors que ce type d'espace ne convient pas à d'autres espèces. Les roselières-parvoroselières de la zone prairiale échantillonnées dans le cadre de notre travail sont de petites surfaces entrecoupées par de larges bandes de pelouses relativement sèches dédiées à la fauche et au pâturage. Nos résultats montrent que pour des espèces telles que la Rousserolle effarvate ou la Gorgebleue à miroir ce type d'espace s'avère particulièrement intéressant et permet d'envisager de compenser de manière efficace les pertes de marais intertidaux avec la possibilité de report des oiseaux en zones arrière-littorales. En revanche, ces mosaïques d'habitats semblent moins exploitables pour des espèces telles que le Phragmite des joncs ou le Phragmite aquatique que les vastes roselières-parvoroselières des estrans. La Rousserolle effarvate est une espèce qui s'accommode aisément d'une grande variété d'habitats. En période de reproduction, elle est capable d'exploiter des espaces relativement variés, parfois relativement secs ([Catchpole, 1974](#)). Au cours de la migration, l'espèce est également capable d'exploiter des habitats très variés ([Cramp, 1992](#)) sur lesquels elle adopte un comportement d'alimentation très opportuniste (voir [Chernetsov & Manukyan, 1999](#); [Chernetsov & Titov, 2001](#)). Il en est de même pour la Gorgebleue à miroir qui, bien que globalement très inféodée aux zones humides, est capable d'exploiter en période de reproduction des espaces cultivés tels que des champs de colza ([De Cornulier et al., 1997](#)) et qui, lors de la période post-nuptiale, exploite volontiers des habitats semi-ouvert de type parvoroselières où elle s'alimente d'une grande variété de proies souvent collectées au sol ([Musseau et al., 2017](#)). Le Phragmite des joncs est quant à elle une espèce relativement spécialisée. En période de migration, elle s'alimente essentiellement de pucerons collectés sur les roseaux des vastes roselières denses et plutôt uniformes se développant dans les eaux stagnantes ou sur les sols très humides et tend à éviter les zones sèches et les roselières

fragmentées entrecoupées de bandes de végétation basses (Bibby *et al.*, 1976). Enfin, le Phragmite aquatique, est une espèce hautement spécialisée qui en période de migration exploite essentiellement au sein des estrans les parvoroselières basse et inondées (voir Provost *et al.* 2010 ; Musseau *et al.*, 2014) que l'on ne retrouve que sur de petites surfaces dans les zones prairiales échantillonnées dans le cadre de notre étude.

Pour le Phragmite des joncs, la faible attractivité des espaces avec panachage roselières-parvoroselières / prairies relativement aux roselières-parvoroselières des estrans se confirme par la condition corporelle des individus qui tend à être légèrement inférieure dans le premier habitat que dans le second. Dans le cadre de notre travail, nous avons utilisé le chant du Phragmite aquatique pour attirer les oiseaux lors des opérations de capture-marquage-recapture. Si la mosaïque d'habitats de la zone prairiale est moins attractive pour l'espèce, il est possible que ce leurre sonore attire sur cet espace marginal pour l'espèce une forte proportion d'individus avec une mauvaise condition sanitaire alors que cette proportion est moindre sur les estrans compte-tenu du flux de migrants avec des états corporels standards naturellement attirés par la qualité des habitats. Les possibilités d'attraction hétérospécifiques d'un leurre sonore sont connues. De la Hera *et al.* (2017) ont montré que l'utilisation du chant de la Gorgebleue à miroir augmentait significativement le nombre de captures de différentes espèces de passereaux paludicoles dont la Rousserolle effarvate ou le Phragmite des joncs. Il a également été démontré que l'utilisation de leurres sonores tend à biaiser les échantillonnages du point de vue de la condition sanitaire des individus capturés : les oiseaux avec des indices corporels faibles tendant à être plus attirés par les leurres sonores que les individus avec des indices corporels élevés (Arizaga *et al.*, 2015, Borrás & Senar, 1986 ; Figuerola & Gustamante, 1995). Dans le cas de notre étude, bien que la tendance n'apparaisse pas pour le Phragmite aquatique (migrateur peu abondant relativement aux autres espèces échantillonnées), il est donc probable que sur la zone de panachage roselières-parvoroselières / prairies le leurre sonore puisse avoir un effet de sélection d'un plus grand nombre d'individus en mauvaise condition sanitaire, attirés par le chant d'une espèce aux exigences écologiques relativement proches. Quant au Phragmite aquatique, l'absence de recapture au sein des roselières-parvoroselières de la zone prairiale et la disparition des oiseaux équipés d'émetteurs radio de cet espace dès le lendemain du jour de la capture illustre la faible attractivité de ce type d'habitat pour l'espèce. Le nombre de captures relativement élevé sur ce site de cette espèce, qui reste rare compte-tenu de son mauvais état de conservation, apparaît donc comme un biais inhérent à l'utilisation du leurre sonore.

Au sein de territoires côtiers avec des marais littoraux impactés par d'importantes dynamiques érosives, la restauration écologique complète des espaces arrière-littoraux par arasement des digues des zones poldérisées (dépoldérisation) permet la conservation des marais littoraux sur de vastes surfaces avec l'ensemble de leurs fonctionnalités écologiques. Cependant, ce type d'approche peut s'avérer compliqué à mettre en œuvre compte-tenu des spécificités géographiques de certains espaces et des éventuels enjeux économiques qu'ils abritent. Goldener-Gianella (2007a et 2007b) a montré que la restauration écologique partielle des espaces poldérisés avec conservation des marques de leurs spécificités historiques, culturelles et paysagères était plus aisément acceptée par les populations humaines que des restaurations écologiques pouvant être perçues comme plus radicales laissant la nature comme seul acteur de la restauration. Les résultats de notre travail montrent que favoriser en zones agricoles arrière-littorales l'élevage extensif avec des logiques de gestions hydrauliques des parcelles permettant l'installation de végétations paludicoles (par exemple au sein de fossés inter-parcellaires) peut générer des réseaux d'espaces écologiquement intéressants pour différentes espèces ou populations d'oiseaux exploitant les marais littoraux. Traut (2005) a montré l'intérêt écologique des zones de transitions entre prés salés soumis au balancement des marées et zones hautes qui abritent une plus grande diversité de plantes et d'araignées. Ces effets de lisières se retrouvent au sein des zones de panachage roselières-parvoroselières / prairies en

zone arrière-littorale avec une végétation pouvant, comme sur notre zone d'étude, être alimentée en eau régulièrement par les marées au moyen d'ouvrages de régulation des entrées et sorties d'eau. Dans des contextes géographiques sur lesquels on observe un recul ou d'importantes dégradations des marais littoraux, favoriser le développement de l'élevage extensif relativement à d'autres pratiques agricoles, avec encouragement à la mise en œuvre de gestions hydrauliques des parcelles permettant l'installation de végétations paludicoles de type roselières-parvoroselières peut donc s'avérer très favorable à la conservation de certaines espèces de passereaux paludicoles telles que la Rousserolle effarvate ou la Gorgebleue à miroir. Ce type de logique génère des mosaïques d'habitats complémentaires au développement de scénarios de conservation de roselières et/ou de parvoroselières plus homogènes et régulièrement inondées qui sont spécifiquement recherchées par certaines espèces telles que le Phragmite des joncs ou le Phragmite aquatique.

VI - Bibliographie

Arizaga J., Musseau R., Laso M., Esparza X., Unamuno E., Azkona A. & Fontanilles P. (2015) - Biases associated with the use of a playback in stopover ecology studies in small passerine birds. *Bird Study*, 62: 280-284.

Bibby C.J., Green R.E., Pepler P.A. & Pepler G.R.M (1976) - Sedge Warbler migration and reed aphids. *British Birds*, 69: 384-399.

Blankespoor B., Dasgupta S. & Laplante B. (2014) - Sea-Level Rise and Coastal Wetlands. *Ambio*, 43: 996-1005.

Borras A. & Senar J.C. (1986) - Sex, age and condition bias of decoy trapped cirtil finches (*Serinus citrinella*). *Miscellanea zoológica*, 10: 403 - 406.

Burnham K. P., Anderson D. R. (eds). (2002) - *Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach*. 2nd edition. Springer-Verlag, New York.

Caccamise D.F. & Hedin R.S. (1985) - An aerodynamic basis for selecting transmitter loads in birds. *The Wilson Bulletin*, 97: 306-318.

Canty A. & Ripley B. (2015) - *Boot: Bootstrap R (S-Plus) Functions*. R package version 1.

Catchpole C.K. (1974) - Habitat Selection and Breeding Success in the Reed Warbler (*Acrocephalus Scirpaceus*). *Journal of Animal Ecology*, 43: 363-380.

Chernetsov N. & Manukyan A. (1999) - Feeding strategy of reed warblers *Acrocephalus scirpaceus* on migration. *Avian Ecology and Behaviour*, 3: 59-68.

Chernetsov N. & Titov N. (2001) - Movements patterns of European reed warblers *Acrocephalus scirpaceus* and sedge warblers *A. schoenobaenus* before and during autumn migration. *Ardea*, 89: 509-515.

Costanza R.R., et al. (1997) - The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253-260.

Craft C., et al. (2009) - Forecasting the effects of accelerated sea level rise on tidal marsh ecosystem services. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7: 73-78.

- Cramp S. (1992) - *The birds of Europe, the Middle East and North Africa*. Vol. VI. Oxford University Press, Oxford.
- Davison A.C. & Hinkley D.V. (1997) - *Bootstrap Methods and Their Applications*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Efron B. (1979) - Bootstrap methods: another look at the jackknife. *Annals of Statistics*, 7: 1-26.
- Efron B. (1987) - Better bootstrap confidence intervals. *Journal of the American Statistical Association*, 82: 171-185.
- Efron B. & Tibshirani R.J. (1993) - An introduction to the bootstrap. In *Monographs on Statistics and Applied Probability*. N° 57. Chapman and Hall, London.
- Figuerola J., & L Gustamante. (1995) - Does Use of a Tape Lure Bias Samples of Curlew Sandpipers Captured with Mist Nets?. *Journal of Field Ornithology*, 66, 497-500.
- Fisher R.A. (1936) - The coefficient of racial likeness and the future of craniometry. *Journal of the Royal Anthropological Institute*, 66: 57-63.
- Fox J. & Weisberg S. (2011) - *An R Companion to Applied Regression*. 2nd Edition. Thousand Oaks CA.
- Goeldner-Gianella L. (2007a) - Perceptions and attitudes towards de-polderisation in Europe: a comparison of five opinion surveys. *Journal of Coastal Research*, 23: 1218-1230.
- Goeldner-Gianella L. (2007b) - Dépolderiser en Europe occidentale - De-polderizing in Western Europe. *Annales de géographie*, 2007/4 (n° 656), 339-360.
- Hinrichsen D. (1998) - *Coastal waters of the world: trends, threats, and strategies*. Island Press, Washington (DC).
- Hothorn T., Hornik K., Van de Wiel M.A. & Zeileis A. (2008) - Implementing a class of permutation tests: The coin package. *Journal of Statistical Software*, 28: 1-23.
- Jiguet F., Dehorter O., Gonin J., Latraube F., Le Nevé A., Provost P. (2012) - *Connaissance de la migration du Phragmite aquatique en France : méthodologie de suivi scientifique et réglementation*. Version de juillet 2012. CRBPO, Bretagne Vivante - SEPNE & LPO.
- Lebreton J.D., Burnham K.P., Clobert J., Anderson D.R. (1992) - Modelling survival and testing biological hypotheses using marked animals: a unified approach with case studies. *Ecological Monographs*, 62: 67-118.
- Marshall R.M. & Reinert S.E. (1990) - Breeding ecology of Seaside Sparrows in a Massachusetts salt marsh. *Wilson Bulletin*, 102: 501-513.
- Musseau R. & Herrmann V. (2013) - Gironde estuary, France: important autumn stopover site for Aquatic Warbler. *Dutch Birding*, 35: 15-23.
- Musseau R., Herrmann V., Kerbiriou C., Bénard S., Herault T., Kerbiriou E. & Jiguet F. (2014) - Ecology of Aquatic Warblers *Acrocephalus paludicola* in a fall stopover area on the Atlantic coast of France. *Acta Ornithologica*, 49: 93-105.

- Musseau R., Beslic S. & Kerbiriou C. (2017) - Importance of intertidal wetlands for the French coastal endemic Bluethroat (*Cyanecula svecica namnetum*) and conservation implications in the context of global changes. *Ardeola*, 64: 325-345.
- Musseau R. & Beslic S. (2018) - High densities of the French coastal endemic Bluethroat (*Cyanecula svecica namnetum*) revealed in intertidal reed beds and conservation perspectives towards sea level rise. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 73: 115-121.
- Musseau R., Boutault L. & Beslic S. (2018) - Rapid losses of intertidal salt marshes due to global changes in the Gironde estuary (France) and conservation implications for marshland passerines. *Journal of Coastal Conservation*, DOI: 10.1007/s11852-018-0592-2.
- Naef-Daenzer B. (2007) - An allometric function to fit leg-loop harnesses to terrestrial birds. *Journal of Avian Biology*, 38: 404-407.
- Nicholls R.J., et al. (2007) - *Coastal systems and low lying areas*, In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Parry ML et al. (ed.), Cambridge University Press, Cambridge, pp 315-356.
- Pitman E.J.G. (1937) - Significance test which may be applied to samples from any populations. *Supplement of the Journal of the Royal Statistical Society*, 4: 119-130.
- Preacher K.J. & Selig J.P. (2012) - Advantages of Monte Carlo confidence intervals for indirect effects. *Communication Methods and Measures*, 6: 77-98.
- Provost P., Kerbiriou C., Jiguet F. (2010) - Foraging range and habitat use by Aquatic Warblers *Acrocephalus paludicola* during a fall migration stopover. *Acta Ornithologica*, 45: 175-180.
- Rappole J.H. & Tipton A.R. (1991) - New harness design for attachment of radio transmitters to small passerines. *Journal of Field Ornithology*, 62: 335-337.
- R Development Core Team 2013. *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Seber G.A.F. (1982) - *The estimation of animal abundance and related parameters*. 2nd edition. Macmillan, New York, New York, USA.
- Titus J.G. (1988) - *Sea Level Rise and Wetland Loss: An Overview*. In *Greenhouse Effect, Sea Level Rise, and Coastal Wetlands*, ed. J.G. Titus, 186 pp. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- Traut B.H. (2005) - The role of coastal ecotones: a case study of the salt marsh / upland transition zone in California. *Journal of Ecology*, 93: 279-290.
- White J.C., Burnham K.P. (1999) - Survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study*, 46: 120-138.
- Woodward R.T. & Wui Y.S. (2001) - The economic value of wetland services: A meta-analysis. *Ecological Economics*, 37: 257-270.