

PROPOSITION DE SUJET POUR UN CONTRAT DOCTORAL

<p><u>Laboratoire</u> Centre d'Etudes Biologiques de Chizé, UMR7372 du CNRS -La Rochelle Université</p>
<p><u>Titre de la thèse</u> Stratégies de migration et d'utilisation des habitats chez une espèce sentinelle des écosystèmes littoraux atlantiques</p>
<p><u>Direction de la thèse</u> <i>directeur·trice·s (grade, HDR) et éventuels co-directeur·trice·s</i> Timothée Bonnet, <u>directeur de thèse</u>, CRCN, HDR en cours Christophe Barbraud, <u>co-directeur</u>, DR2, HDR Autres porteurs de projet contribuant au co-encadrement : Frédéric Angelier, DR2 Coraline Bichet, MCF Paco Bustamante, Prof Olivier Chastel, DR2</p>
<p><u>Adéquation scientifique avec les priorités de l'établissement</u> En tant qu'espèce parapluie potentielle pour les communautés des zones humides littorales et sentinelle de l'état écologique des zones humides littorales, les stratégies de conservation conçues pour la cigogne blanche pourront bénéficier aux espèces cooccurrentes et au maintien dans un bon état écologique général des marais littoraux. La cigogne blanche apparaît donc comme une espèce pertinente pour appréhender les réponses écologiques des marais littoraux face aux changements globaux. Le projet de thèse, en apportant de nouvelles connaissances permettant une meilleure compréhension de l'utilisation des habitats, des stratégies migratoires et de leurs conséquences physiologiques et phénotypiques potentielles, et en se basant sur un suivi à long terme de cette espèce, s'intègre donc parfaitement dans la thématique 'Trajectoires et compréhension à long terme des espaces littoraux'. Les résultats issus du projet de thèse permettront notamment d'identifier et de quantifier les effets de différentes perturbations anthropiques (ex: modification des habitats d'alimentation) et environnementales (ex: submersions lors d'événements météorologiques extrêmes, augmentation des températures, modifications de la pluviométrie, salinisation) et d'aider à scénariser les effets des modes de gestion visant à la durabilité des services écosystémiques des zones littorales.</p>
<p><u>Descriptif du sujet</u> <i>(enjeux scientifiques, applicatifs, sociétaux...)</i> Contexte scientifique Les écosystèmes littoraux jouent un rôle crucial pour la biodiversité et les sociétés humaines en tant que régulateurs du climat, sources de nourriture et de bien-être (Albert et al. 2020). Cependant, ces écosystèmes complexes, véritables interfaces entre les écosystèmes marins et terrestres,</p>

subissent de nombreuses perturbations naturelles et anthropiques. Les zones littorales sont en effet soumises à de multiples risques incluant le changement climatique, les modifications d'habitats dus à l'urbanisation et à l'agriculture intensive, et la pollution (He et Silliman 2019). Comprendre ces systèmes et leur dynamique pour pouvoir anticiper leur évolution nécessite des observations sur le long terme entre leurs différentes composantes. Néanmoins, les réponses écologiques des zones littorales face aux changements globaux sont actuellement négligées et mal comprises. Il apparaît donc nécessaire de caractériser les trajectoires d'évolution de la structure et du fonctionnement des communautés littorales, d'identifier et quantifier les effets des différentes perturbations anthropiques et environnementales et de scénariser les effets des modes de gestion visant à la durabilité des services écosystémiques des zones littorales.

Les marais de Brouage et de l'estuaire de la Gironde abritent une richesse biologique particulièrement remarquable (Leroux 1988, Barbraud et al. 1999, Sternalski et al. 2013, Musseau et al. 2014 & 2017, Rapinel et al. 2018, Lorrain-Soligon et al. 2021). De ce fait ces marais sont classés en sites Natura 2000 et hébergent plusieurs réserves naturelles nationales et régionales (<https://mapgeodata.fr/maps/environnement/natura.php>). Ces zones littorales et arrière-littorales sont aujourd'hui utilisées principalement pour l'élevage bovin, la culture céréalière, le tourisme et les activités récréatives (chasse, pêche, randonnées, ornithologie, etc...). Ce territoire littoral, à la fois anthropisé et point chaud de biodiversité, doit notamment faire face à l'élévation du niveau de l'océan, aux submersions lors des événements météo-marins extrêmes, à l'augmentation des températures, aux modifications de la pluviométrie, à la salinisation ou aux modifications des pratiques agricoles. Toutes ces caractéristiques font de ces marais des objets exceptionnels pour étudier les réponses écologiques des zones littorales face aux changements globaux. Outre leur richesse biologique intrinsèque, les marais de Brouage et de l'estuaire de la Gironde constituent des sites de reproduction, d'hivernage et de stationnement pendant la migration d'importance internationale pour de nombreuses espèces d'oiseaux (Barbraud et al. 1999, Musseau et al. 2014, Jourdan et al. 2022). Ces marais contribuent ainsi à la connectivité d'habitats allant du Nord de l'Europe à l'Afrique subsaharienne. Parmi ces espèces, la cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) est une espèce emblématique des marais littoraux charentais, où l'on trouve actuellement les plus fortes densités en France (Gadenne et al. 2014, Bonnet-Lebrun et al. en révision). Du fait de sa position élevée dans le réseau trophique, la cigogne blanche est une espèce parapluie potentielle pour les communautés des zones humides littorales (Olsson & Rogers 2009, Tobolka et al. 2012, Kronenberg et al. 2017). Ainsi, les stratégies de conservation conçues pour cette espèce pourraient bénéficier aux espèces cooccurrentes et au maintien dans un bon état écologique des marais littoraux (Branton & Richardson 2011, Runge et al. 2019, Mortelliti et al. 2022). La cigogne blanche apparaît donc comme une espèce parfaitement pertinente pour appréhender les réponses écologiques des marais littoraux face aux changements globaux.

Verrous scientifiques

Si notre compréhension du fonctionnement démographique et de la dynamique de la population de cigogne blanche du littoral atlantique a progressé au cours des dernières décennies (Barbraud et al. 1991, 1999, Saether et al. 2006, 2013, Nevoux et al. 2008a, 2008b), les connaissances concernant l'utilisation des habitats littoraux pendant la période de reproduction et les effets des facteurs anthropiques sur cette utilisation restent très lacunaires (Gadenne et al. 2014). Ceci constitue un premier verrou dans notre compréhension des impacts écologiques des changements environnementaux actuels sur cette espèce et sur les écosystèmes littoraux qu'elle utilise. Un second verrou important concerne la caractérisation et la compréhension des stratégies de migration et d'hivernage de cette population. En effet, à l'exception d'observations ponctuelles d'individus bagués en dehors des zones de reproduction, les caractéristiques migratoires de cette population restent à ce jour inconnues.

Questions scientifiques

Dans ce contexte, les principales questions, réparties en deux grands axes, seront :

Axe 1 : Stratégies de migration et d'hivernage et aptitude phénotypique

- Quelles sont les stratégies de migration et d'hivernage au sein de la population de cigogne blanche de la zone littorale atlantique ?
- Quelles sont les liens entre ces stratégies et l'aptitude phénotypique des individus ?
- Certaines stratégies sont-elles plus optimales que d'autres ?

Axe 2 : Utilisation des habitats littoraux et ses conséquences

- Quels habitats de la zone littorale atlantique sont utilisés par les cigognes blanches pendant la reproduction ?
- Quelles conséquences sur les traits écophysiologiques ?
- Quelles conséquences des changements d'habitats liés aux activités anthropiques et au changement climatique sur l'utilisation des habitats ?

Méthodes

Espèce étudiée et connaissances disponibles

La cigogne blanche est un oiseau de grande taille (3-3,5 kg, envergure 195-215 cm) présente dans toute l'Europe où elle se reproduit pendant l'été. Elle pond entre 3 et 5 œufs, et produit de 3 à 4 jeunes à l'envol (Schierer, 1967). C'est un oiseau longévif dont l'espérance de vie en nature peut dépasser 20 ans.

La cigogne blanche possède un large éventail de proies, situées à différents niveaux trophiques qu'elle exploite pour se nourrir et nourrir sa progéniture (vers de terre, insectes aquatiques, amphibiens, petits crustacés, micromammifères, Cramp & Simmons, 1977 ; Barbraud & Barbraud, 1997 ; Antczak et al., 2002 ; Barbraud et al., 2002). C'est un prédateur actif, prospectant sa nourriture en parcourant à pied les zones d'alimentation. Sur les sites d'hivernage et de migration historiques, dans la zone sahélienne, elle consomme principalement des insectes (sauterelles et criquets). Les cigognes sont également observées en grand nombre au niveau des décharges à ciel ouvert, se nourrissant de déchets et de matières organiques, et allant même parfois jusqu'à hiverner dans ces zones (Martinez Rodriguez, 1995 ; Tortosa et al., 2002 ; Archaux et al., 2004). Pendant la reproduction, les cigognes blanches s'alimentent depuis une place centrale ("central-place foragers"). La qualité des zones utilisées par les individus pour se nourrir et la distance de ces zones au nid sont des paramètres importants qui influencent l'apport énergétique délivré aux poussins (Johst et al., 2001). En moyenne, la distance de recherche alimentaire ne dépasse pas les 5 km autour du nid (Alonso et al., 1991 ; Johst et al., 2001 ; Denac, 2006).

En hiver, la cigogne blanche migre vers l'Afrique via deux principales voies de migration. Les populations d'Europe de l'Ouest passent par le détroit de Gibraltar pour gagner des zones d'hivernage situées au Sahel occidental. Les populations d'Europe de l'Est, passent, elles par le détroit du Bosphore pour rejoindre les zones d'hivernage au Sahel oriental ou l'Afrique du Sud. Plusieurs études ont récemment porté sur les stratégies migratoires de la cigogne blanche, mais la plupart portent sur l'ontogénie de ces stratégies (ex : Rotics et al. 2016, 2017, 2021, Flack et al. 2016, Cheng et al. 2019, Lopez-Calderón et al. 2023). La caractérisation spatiale et la variabilité inter-individuelle des stratégies de migrations et d'utilisation des habitats sur les zones de reproduction restent cependant très lacunaires chez les adultes. Par ailleurs, notre compréhension des effets des facteurs intrinsèques et extrinsèques, tels que le sexe, le statut de reproduction, les types d'habitat ou la

variabilité du climat, sur les comportements et les schémas d'activité des cigognes blanches adultes reste très parcellaire (Zurell et al. 2018). En ce sens, le programme de suivi de la cigogne blanche, mené par le Centre d'Etudes Biologiques de Chizé (CEBC) depuis 1978 dans les marais de Brouage et de l'estuaire de la Gironde, ainsi que sur plusieurs sites littoraux en Pays de la Loire et Bretagne, apporte des données démographiques et spatiales uniques (<https://www.cebc.cnrs.fr/cigognes-blanches/>). Avec plus de 6200 poussins bagués et 32 adultes équipés de balises GPS à ce jour, ce programme à long-terme (données de capture-marquage-recapture, données de géolocalisation par GPS, données d'activité par accélérométrie, données biométriques et phénotypiques) permet d'analyser les comportements, l'utilisation de l'habitat, la démographie et la dynamique de population d'une espèce migratrice face aux risques littoraux. Les données déjà récoltées par ce projet à long-terme constitueront un socle solide pour le projet de thèse, assurant de sa faisabilité.

Axe 1 : Stratégie de migration et aptitude phénotypique

Questions scientifiques associées : Quelles sont les stratégies de migration existantes au sein de la population de cigogne blanche de la zone littorale atlantique française ? Quelles sont les liens entre ces stratégies et l'aptitude phénotypique des individus ? Certaines stratégies sont-elles plus optimales que d'autres ? Il s'agira dans un premier temps de caractériser les stratégies de migration et d'hivernage (dates de départ et de retour, routes migratoires, durées de migration, types de haltes migratoires, distances parcourues et zones d'hivernage) au sein de la population. En effet, la cartographie des déplacements de cigognes blanches adultes équipées de balises GPS montre une très forte variabilité inter et intra-individuelle des trajets migratoires entre les différentes saisons de reproduction. Cela suggère qu'il existe possiblement différentes stratégies migratoires avec des mécanismes adaptatifs (effets du sexe, des effets de report : cary-over effects...) au sein de cette population que le doctorant devra caractériser. Dans un second temps, il s'agira de quantifier les différentes activités liées à ces stratégies. A partir d'individus équipés de GPS munis d'accéléromètres, il a récemment été montré que le temps passé par les individus dans différentes activités (vol, marche, repos) pouvait être quantifié à l'échelle journalière et que le comportement de marche était un très bon indicateur de l'effort de recherche alimentaire (Barbraud et al. 2024). Par ailleurs, l'accélération dynamique globale du corps (ADGC), qui peut être calculée à partir des données d'accéléromètres, constitue une métrique pertinente de l'activité globale des individus pouvant être reliée aux dépenses énergétiques (Flack et al. 2016). Le doctorant recherche donc également des liens entre l'effort de recherche alimentaire caractérisé par l'identification des comportements de marche, l'ADGC et les caractéristiques migratoires des individus. Ces résultats permettront ainsi de déterminer s'il existe des différences d'activités et d'effort de recherche alimentaire entre les stratégies migratoires.

Enfin, le doctorant examinera si les caractéristiques migratoires, les budgets d'activités et l'ADGC ont des conséquences sur des paramètres démographiques directement liés à l'aptitude phénotypique des individus (nombre de jeunes produits, probabilité de survie annuelle). Ceci permettra i) de tester l'hypothèse de l'existence de stratégies migratoires plus performantes que d'autres en termes d'aptitude phénotypique et ii) d'explorer l'effet des changements de stratégies migratoires expliquées par le changement global sur la démographie des populations suivies. Pour ce premier axe de recherche le doctorant disposera de données déjà existantes de comportements issues du suivi de 32 individus équipés de GPS munis d'accéléromètres et pour lesquels le nombre de jeunes a été mesuré depuis 2018. Le doctorant participera également au déploiement de GPS sur de nouveaux individus lors de ses deux premières années. Le doctorant sera formé aux analyses spatiales et statistiques par les co-encadrants et par le partenaire du projet de suivi des cigognes par GPS (Dr. Raphaël Musseau, chercheur à BioSphère Environnement).

Axe 2 : Utilisation des habitats littoraux et ses conséquences

Questions scientifiques associées : Quels habitats sont utilisés par les cigognes blanches dans la zone littorale atlantique pendant la période de reproduction ? Quelles conséquences sur les traits écophysologiques ? Quelles conséquences des changements d'habitats lié aux activités anthropiques et au changement climatique sur l'utilisation des habitats ?

Cet axe a pour objectif de déterminer l'utilisation des différents habitats disponibles pendant la période de reproduction dans les marais littoraux atlantiques soumis à de multiples pressions d'origine anthropique (agriculture intensive, salinisation, submersion, augmentation des températures, changement de pluviométrie).

Dans un premier temps le doctorant caractérisera, à fine échelle spatiale et temporelle, l'utilisation des habitats par les cigognes équipées de GPS et d'accéléromètres en quantifiant les proportions relatives des différents activités (vol, marche, repos) et l'ADGC dans les différents habitats, sur les individus déjà équipés, mais aussi sur ceux qui le seront pendant les deux premières années de thèse. La qualité et la sélection des habitats utilisés seront caractérisées à l'aide de plusieurs métriques (proportion de temps passé dans chaque habitat, utilisation relative de chaque habitat selon leur disponibilité). Les données étant disponibles sur plusieurs années, l'hypothèse d'un effet de la variabilité des conditions météo-climatiques (pluviométrie, température) sur l'utilisation différentielle des habitats sera testée. Dans un second temps le doctorant testera l'existence d'une corrélation entre habitats utilisés (qualité, sélection) et aptitude phénotypique des individus (nombre de jeunes produits, condition corporelle des jeunes), en utilisant différents marqueurs physiologiques de l'état de santé (longueur des télomères, capacités immunitaires basales, hormones de stress) et trophiques (isotopes stables du carbone et de l'azote indiquant le niveau trophique et le type d'habitats utilisés, analyse des espèces proies consommées à partir de pelotes de réjection) et démographiques (survie juvénile et âge au recrutement dans la population). Pour ce second axe de recherche, le doctorant pourra utiliser les données biométriques collectées depuis 2002 dans le cadre du suivi démographique de la population. Les marqueurs physiologiques pourront être mesurés à partir d'échantillon de sang prélevés lors d'une campagne d'échantillonnage en 2019 et participera à l'acquisition de nouveaux prélèvements au cours d'une saison de terrain pendant la première année de thèse. Concernant ces marqueurs physiologiques, le doctorant pourra bénéficier de l'expertise de plusieurs porteurs de projet : F. Angelier pour les télomères, C. Bichet pour l'immunité, et O. Chastel pour les hormones.

Résultats attendus

Axe 1 : Stratégie de migration et d'hivernage et aptitude phénotypique.

Les observations ponctuelles d'individus bagués et les données préliminaires issues de suivis GPS suggèrent l'existence de trois stratégies migratoires au sein de la population de cigogne blanche du littoral atlantique. Nous nous attendons donc à mettre en évidence trois stratégies : une stratégie sédentaire, une stratégie de migration à courte/moyenne distance et une stratégie de migration à longue distance. Étant données les fortes différences potentielles entre les habitats et les distances liées à ces stratégies, nous prédisons l'existence de différences dans les budgets d'activités des individus associés à chaque stratégie. Par conséquent, nous nous attendons à mettre en évidence des liens entre ces stratégies et l'aptitude phénotypique des individus, la phénologie de reproduction (plus précoce chez les sédentaires que chez les migrants), ainsi que des compromis différents entre des traits démographiques tels que reproduction et survie selon les stratégies.

Axe 2 : Utilisation des habitats littoraux et ses conséquences

Plusieurs prédictions peuvent être effectuées. En premier lieu, compte tenu de l'écologie de l'espèce et des connaissances antérieures (Gadenne et al. 2014), certains habitats seront plus utilisés et préférés pour rechercher la nourriture pendant la période de reproduction (prairies humides, mares temporaires, canaux et fossés) que d'autres (cultures céréalières, zones urbaines ou forestières). Deuxièmement, l'utilisation différentielle des habitats se traduira par des différences de niches isotopiques et sera modulée par les conditions météo-climatiques (pluviométrie, température), et pourra donc différer selon les années. Troisièmement, la variabilité dans les habitats disponibles et utilisés aura un effet sur la qualité des jeunes produits et sur l'aptitude phénotypique. Plus précisément, le nombre de jeunes produits, leur qualité (condition corporelle, survie juvénile), et leur état physiologique (longueur des télomères, capacités immunitaires, niveaux de stress hormonal) seront négativement liés à la proportion d'habitats moins favorables utilisés par les adultes reproducteurs.

Références

- Albert, C., Hack, J., Schmidt, S., & Schröter, B. (2021). Planning and governing nature-based solutions in river landscapes: Concepts, cases, and insights. *Ambio*, 50, 1405–1413.
- Alonso, J. C., Alonso, J. A., & Carrascal, L. M. (1991). Habitat selection by foraging White Storks, *Ciconia ciconia*, during the breeding season. *Canadian Journal of Zoology*, 69, 1957–1962.
- Antczak, M., Konwerski, S., Grobelny, S., & Tryjanowski, P. (2002). The Food Composition of Immature and Non-breeding White Storks in Poland. *Waterbirds*, 25, 424–428.
- Archaux, F., Balança, G., Henry, P.-Y., & Zapata, G. (2004). Wintering of White Storks in Mediterranean France. *Waterbirds*, 27, 441–445.
- Barbraud, C., Barbraud, J., Barbraud, M., & Delord, K. (2002). Recent changes in the feeding diet of white stork (*Ciconia ciconia*) chicks in Charente Maritime (West France). *Alauda*, 70, 437–444.
- Barbraud, C., & Barbraud, J.-C. (1997). Le régime alimentaire des poussins de Cigogne blanche *Ciconia ciconia*, en Charente-Maritime: Importance des insectes. *Alauda* 65, 259–262.
- Barbraud, C., Barbraud, J.-C., & Barbraud, M. (1999). Population dynamics of the White Stork *Ciconia ciconia* in western France. *Ibis*, 141, 469–479.
- Barbraud, C., Kato, A., Trehou, G., Dugué, H., & Musseau, R. (2024). Factors affecting time activity budgets of breeding white storks *Ciconia ciconia* assessed using bio-logging. *Ardeola*, 71, 321–335.
- Barbraud, J.-C., & Barbraud, C. (1991). La cigogne blanche *Ciconia ciconia*, en Charente-Maritime France. *Alauda*, 59, 169–176.
- Branton, M. A. R., & Richardson, J. S. (2011). Assessing the Value of the Umbrella-Species Concept for Conservation Planning with Meta-Analysis. *Conservation Biology*, 25, 9–20.
- Cheng, Y., Fiedler, W., Wikelski, M., & Flack, A. (2019). “Closer-to-home” strategy benefits juvenile survival in a long-distance migratory bird. *Ecology and Evolution*, 9, 8945–8952.
- Cramp, S., & Simmons, K. (1977). *The birds of the Western Palearctic: Vol. Vol. I: Ostrich to ducks*. London, Oxford University Press.
- Denac, D. (2006). Intraspecific Exploitation Competition as Cause for Density Dependent Breeding Success in the White Stork. *Waterbirds*, 29, 391–394.
- Flack, A., Fiedler, W., Blas, J., Pokrovsky, I., Kaatz, M., Mitropolsky, M., Aghababyan, K., Fakriadis, I., Makrigianni, E., & Jerzak, L. (2016). Costs of migratory decisions: A comparison across eight white stork populations. *Science Advances*, 2, e1500931.
- Gadenne, H., Cornulier, T., Eraud, C., Barbraud, J.-C., & Barbraud, C. (2014). Evidence for density-dependent habitat occupancy at varying scales in an expanding bird population. *Population Ecology*, 56, 493–506.
- He, Q., & Silliman, B. R. (2019). Climate Change, Human Impacts, and Coastal Ecosystems in the Anthropocene. *Current Biology*, 29, R1021–R1035.
- Johst, K., Brandl, R., & Pfeifer, R. (2001). Foraging in a Patchy and Dynamic Landscape: Human Land Use and the White Stork. *Ecological Applications*, 11, 60–69.

- Jourdan, C., Fort, J., Robin, F., Pinaud, D., Delaporte, P., Desmots, D., Gentric, A., Lagrange, P., Gernigon, J., Jomat, L., Rousseau, P., & Bocher, P. (2022). Combination of marine and artificial freshwater habitats provides wintering Black-tailed Godwits with landscape supplementation. *Wader Study*, 129. 10.18194/ws.00271
- Kronenberg, J., Andersson, E., & Tryjanowski, P. (2017). Connecting the social and the ecological in the focal species concept: Case study of White Stork. *Nature Conservation*, 22, 79-105.
- Leroux, A. (1989). Le peuplement d'oiseaux, indicateurs écologique de changement des marais de l'ouest de la France. Impact des aménagements hydro-agricoles sur l'avifaune nicheuse (marais de Rochefort et de Brouage, Charente-Maritime). These de doctorat, Rennes 1.
- López-Calderón, C., Martín-Vélez, V., Blas, J., Höfle, U., Sánchez, M. I., Flack, A., Fiedler, W., Wikelski, M., & Green, A. J. (2023). White stork movements reveal the ecological connectivity between landfills and different habitats. *Movement Ecology*, 11, 18. doi.org/10.1186/s40462-023-00380-7.
- Lorrain-Soligon, L., Robin, F., Rousseau, P., Jankovic, M., & Brischoux, F. (2021). Slight variations in coastal topography mitigate the consequence of storm-induced marine submersion on amphibian communities. *Science of The Total Environment*, 770, 145382.
- Mortelliti, A., Brehm, A. M., & Evans, B. E. (2022). Umbrella effect of monitoring protocols for mammals in the North-east US. *Scientific Reports*, 12, 1893,
- Musseau, R., Beslic, S., & Kerbiriou, C. (2017). Importance of Intertidal Wetlands for the French Coastal Endemic Blue-throat *Cyanecula svecica namnetum* and Conservation Implications in the Context of Global Changes. *Ardeola*, 64, 325–345.
- Musseau, R., Boutault, L., & Beslic, S. (2018). Rapid losses of intertidal salt marshes due to global change in the Gironde estuary (France) and conservation implications for marshland passerines. *Journal of Coastal Conservation*, 22, 443–451.
- Musseau, R., Herrmann, V., Bénard, S., Kerbiriou, C., Herault, T., & 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.
- Nevoux, M., Barbraud, J.-C., & Barbraud, C. (2008a). Breeding Experience and Demographic Response to Environmental Variability in the White Stork. *The Condor*, 110, 55–62.
- Nevoux, M., Barbraud, J.-C., & Barbraud, C. (2008b). Nonlinear impact of climate on survival in a migratory white stork population. *Journal of Animal Ecology*, 77, 1143–1152.
- Olsson, O., & Rogers, D. (2009). Predicting the distribution of a suitable habitat for the white stork in Southern Sweden: Identifying priority areas for reintroduction and habitat restoration. *Animal Conservation*, 12, 62-70.
- Rapinel, S., Dusseux, P., Bouzillé, J.-B., Bonis, A., Lalanne, A., & Hubert-Moy, L. (2018). Structural and functional mapping of geosigmeta in Atlantic coastal marshes (France) using a satellite time series. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, 152, 1101–1108.
- Rotics, S., Kaatz, M., Resheff, Y. S., Turjeman, S. F., Zurell, D., Sapir, N., Eggers, U., Flack, A., Fiedler, W., & Jeltsch, F. (2016). The challenges of the first migration: Movement and behaviour of juvenile vs. Adult white storks with insights regarding juvenile mortality. *Journal of Animal Ecology*, 85, 938-947.
- Rotics, S., Turjeman, S., Kaatz, M., Resheff, Y. S., Zurell, D., Sapir, N., Eggers, U., Fiedler, W., Flack, A., & Jeltsch, F. (2017). Wintering in Europe instead of Africa enhances juvenile survival in a long -distance migrant. *Animal Behaviour*, 126, 79–88.
- Rotics, S., Turjeman, S., Kaatz, M., Zurell, D., Wikelski, M., Sapir, N., Fiedler, W., Eggers, U., Resheff, Y. S., & Jeltsch, F. (2021). Early-life behaviour predicts first-year survival in a long-distance avian migrant. *Proceedings of the Royal Society B*, 288, doi.org/10.1098/rspb.2020.2670.
- Runge, C. A., Withey, J. C., Naugle, D. E., Fargione, J. E., Helmstedt, K. J., Larsen, A. E., Martinuzzi, S., & Tack, J. D. (2019). Single species conservation as an umbrella for management of landscape threats. *PLoS One*, 14, e0209619.
- Sæther, B.-E., Coulson, T., Grøtan, V., Engen, S., Altwegg, R., Armitage, K. B., Barbraud, C., Becker, P. H., Blumstein, D. T., & Dobson, F. S. (2013). How life history influences population dynamics in fluctuating environments. *The American Naturalist*, 182, 743-759.
- Sæther, B.-E., Grøtan, V., Tryjanowski, P., Barbraud, C., Engen, S., & Fulin, M. (2006). Climate and spatio-temporal variation in the population dynamics of a long distance migrant, the white stork. *Journal of Animal Ecology*, 75, 80–90.
- Schierer, A. (1967). La Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) en Alsace de 1948 à 1966. *Lien Ornithologique d'Alsace*, 2, 57.

Sternalski, A., Blanc, J.-F., Augiron, S., Rocheteau, V., & Bretagnolle, V. (2013). Comparative breeding performance of Marsh Harriers *Circus aeruginosus* along a gradient of land-use intensification and implications for population management. *Ibis*, 155, 55–67. Tobolka, M., Sparks, T. H., &

Tryjanowski, P. (2012). Brief report Does the White Stork *Ciconia ciconia* reflect farmland bird diversity? *Ornis Fennica*, 89, 222–228.

Tortosa, F. S., Caballero, J. M., & Reyes-López, J. (2002). Effect of Rubbish Dumps on Breeding Success in the White Stork in Southern Spain. *Waterbirds*, 25, 39–43.

Zurell, D., Von Wehrden, H., Rotics, S., Kaatz, M., Groß, H., Schlag, L., Schäfer, M., Sapir, N., Turjeman, S., & Wikelski, M. (2018). Home range size and resource use of breeding and non-breeding white storks along a land use gradient. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6, 79.

Contexte partenarial (*cotutelle internationale, EU-CONEXUS, partenariat avec un autre laboratoire, une entreprise...*)

Le projet de thèse sera mis en place avec la collaboration de BioSphère Environnement (Raphaël Musseau et, Céline Rousselle), en tant que partenaires scientifiques du projet. BioSphère Environnement (<http://www.biosphere-environnement.com/>) est un institut de recherche organisé en association gérée au titre de la loi du 1^{er} juillet 1901 ayant pour objet i) la conduite de programmes de recherche et d'expertises en écologie et en biologie de la conservation, ii) la formation en écologie (stratégies d'échantillonnage, analyse et traitement de données : modélisation...), iii) la médiation de la culture technique et scientifique en biologie et en écologie (conférences, publications de vulgarisation, ateliers pédagogiques développés en collaboration avec les établissements scolaires...). Implantée sur l'estuaire de la Gironde, la structure travaille en particulier sur les écosystèmes littoraux et les zones humides littorales et l'impact des évolutions et perturbations (changements globaux...) sur le maintien des fonctionnalités écologiques de ces écosystèmes. BioSphère Environnement travaille en partenariat avec le CEBC depuis 2016 sur le suivi démographique de la population de cigogne blanche de l'estuaire de la Gironde et depuis 2018 sur le suivi par GPS.

Impacts (*scientifiques, technologiques, socio-économiques, environnementaux, sociétaux...*)

– **Transmission des connaissances vers le citoyen** (*merci de décrire les actions de médiation scientifique qui seront menées*)

Les connaissances produites lors du projet seront communiquées au plus grand nombre sous différentes formes, selon la connaissance à partager et les moyens disponibles associés. Les mouvements des oiseaux équipés de GPS pourront être visualisés par tous via les outils de sciences ouvertes décrits ci-dessus. Le doctorant, les porteurs et partenaires du projet participeront à différentes manifestations grand public dans les laboratoires associés au projet et à La Rochelle Université (fête de la science, festival de Ménagoutte, dispositif "recherche hors les murs") et lors de manifestations culturelles ou thématiques organisées par les collectivités locales, les gestionnaires d'espaces (Maison de Broue, Pôle Nature de Vitrezay, Fête de la Nature). Ce type de communication pourra également passer par des articles de presse grand public ou de médiation scientifique. Les informations relatives au projet et les résultats associés seront directement accessibles sur les sites personnels et institutionnels des porteurs et des partenaires. Les nids de cigogne blanche suivis dans le cadre du programme de recherche sur cette espèce menée au CEBC se situent dans des propriétés privées ainsi que sur certains terrains du conservatoire des espaces naturels. Ceci permettra de diffuser facilement et directement les connaissances acquises dans le cadre du projet de thèse aux propriétaires des terrains et de les sensibiliser au rôle de cette espèce dans les écosystèmes littoraux ainsi qu'à l'importance de ces derniers. Enfin, deux des porteurs du projet (P. Bustamante et C. Bichet) étant enseignants-chercheurs à La Rochelle Université, la communication de ces travaux auprès de la communauté étudiante sera également un canal de diffusion non négligeable.

– **Appui aux politiques publiques** (le cas échéant, merci de décrire les actions qui seront mises en place)

Certains résultats issus de la thèse (ex : importance et qualité des habitats utilisés par les cigognes pendant la reproduction) seront mis à disposition et pourront être intégrés dans des instruments de planification territoriale, tels que le plan climat-air-énergie territorial ou l'objectif zéro artificialisation nette, en mettant l'accent sur les habitats particulièrement favorables à des espèces parapluies telle que la cigogne blanche.

Programme de travail du doctorant (tâches confiées au doctorant)

Le programme de travail du doctorant est établi avec l'idée de lui faire acquérir de l'expérience et des compétences dans tous les aspects de la recherche scientifique, à savoir l'acquisition de données (manipulation et suivi d'oiseaux sauvages, analyses en laboratoire), l'analyse de données (statistique, modélisation), la rédaction d'articles scientifiques et la communication (communauté scientifique et grand public). Le but de ce programme est de donner toutes les atouts et les compétences au futur docteur pour continuer sa carrière dans la recherche, via des contrats postdoctoraux, puis via la réussite de concours, comme les concours CNRS ou les concours universitaires. D'ailleurs, afin de pouvoir prétendre à un poste universitaire, le doctorant sera encouragé à réaliser des enseignements (vacations) au sein du Département de Biologie de La Rochelle Université.

Calendrier de réalisation

	Année 1				Année 2				Année 3			
	Nov-Jan	Fev-Avr	Mai-Juil	Aou-Oct	Nov-Jan	Fev-Avr	Mai-Juil	Aou-Oct	Nov-Jan	Fev-Avr	Mai-Juil	Aou-Oct
Participation terrain pose GPS												
Participation terrain échantillonnage tissus												
Analyses tissus historiques et nouveaux												
Axe 1. Analyses caractérisation comportements migratoires												
Axe 1. Analyses quantification activités migratoires												
Axe 1. Analyses liens stratégies migratoires-démographie												
Axe 1. Rédaction article migration												
Axe 2. Analyses utilisation habitats pendant reproduction												
Axe 2. Rédaction article habitats reproduction												
Axe 2. Analyse liens habitats-aptitude-qualité												
Axe 2. Rédaction article conséquences habitats reproduction												
Communications scientifiques												
Rédaction thèse hors articles et soutenance												

Accompagnement du doctorant / Fonctionnement de la thèse (accompagnement humain, matériel, financier, en particulier pour la prise en charge du fonctionnement de la thèse et des dépenses associées)

Cette thèse sera co-dirigée par Christophe Barbraud (DR2 HDR) et Timothée Bonnet (CRCN, HDR en cours), avec l'appui scientifique des quatre autres porteurs de projet au CEBC et au LIENSs, Frédéric Angelier, Coraline Bichet, Paco Bustamante et Olivier Chastel. La personne en thèse sera amenée et encouragée à collaborer par d'autres chercheurs de l'équipe ou d'autres équipes du CEBC. Au CEBC, elle bénéficiera également de l'appui des services communs (analyses biologiques et analyses et modélisation). Au CEBC, le doctorant bénéficiera d'un environnement stimulant avec de nombreux doctorants, chercheurs, enseignants-chercheurs, ingénieurs et postdoctorants, et

leurs partenaires nationaux et internationaux. Le travail de terrain sera systématiquement accompagné par la présence d'un des directeurs de thèse ou de collaborateurs expérimentés. Des comités de suivi de thèse annuels seront organisés avec des chercheurs extérieurs.

En plus du salaire financé par ExcelLR, des financements (ExcelLR, CEBC, CPER et Projet Observatoire Brouage) sont acquis pour couvrir les mesures de paramètres physiologiques et immunologiques, des balises GPS, le matériel de terrain et de bureau, les frais missions et les frais de publications. Un bureau, un ordinateur portable neuf et périphériques associés seront à disposition.