



CENTRE D'ÉCOLOGIE  
FONCTIONNELLE  
& ÉVOLUTIVE



AGENCE FRANÇAISE  
POUR LA BIODIVERSITÉ  
MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT



---

## **Bilan du monitoring de la population de puffins de Scopoli des îles de Marseille (Riou) de 2019-2020**

Etienne Boncourt, Nicolas Courbin, Aurélien Besnard et David Grémillet

Montpellier, mars 2021

---

Travail réalisé par le Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive de Montpellier (CEFE), UMR 5175 Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), 1919 route de Mende, 34293 Montpellier cedex 5, France.

## **REMERCIEMENTS**

Nous remercions l'ensemble du personnel du Parc National des Calanques (PNCa), et plus particulièrement Alain Mante, Jean-Patrick Durand, Célia Pastorelli et Lorraine Anselme pour nous avoir facilité la logistique de terrain et avoir pris le temps de nous accompagner pour repérer les différents nids de puffins à manipuler chaque année. Merci aussi à Elodie Debize et Lidwine Lemire-Pecheux du PNCa pour avoir soutenu notre démarche et assuré la coordination nécessaire à la mise en place des missions de terrain.

Nous tenons également à remercier les personnes qui ont participé aux travaux de terrain permettant ainsi la collecte de nombreuses données, Alice Bernard et Franck Théron.

## SOMMAIRE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. CONTEXTE DE L'ETUDE .....</b>                                    | <b>4</b>  |
| <b>2. LE PUFFIN DE SCOPOLI .....</b>                                   | <b>5</b>  |
| <b>3. SITE D'ÉTUDE.....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>4. MÉTHODOLOGIE .....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>4.1 Déploiement et récupération des loggers GPS .....</b>           | <b>7</b>  |
| <b>4.2 Déploiement et récupération des altimètres .....</b>            | <b>9</b>  |
| <b>4.3 Biométrie et prélèvements de plumes.....</b>                    | <b>10</b> |
| <b>5. RÉSULTATS .....</b>  | <b>11</b> |
| <b>5.1 Bilan des 5 campagnes de terrain sur Riou.....</b>              | <b>11</b> |
| <b>5.2 Déplacements en mer des puffins de Scopoli .....</b>            | <b>11</b> |
| <b>5.3 Altitude de vol des puffins de Scopoli .....</b>                | <b>13</b> |
| <b>6. VALORISATION.....</b>  | <b>15</b> |
| <b>6.1 Articles et rapports scientifiques .....</b>                    | <b>15</b> |
| <b>6.2 Communications orales : scientifiques et restitutions .....</b> | <b>15</b> |
| <b>REFERENCES .....</b>  | <b>16</b> |

## 1. CONTEXTE DE L'ETUDE

Le monitoring GPS et altitudinal des puffins de Scopoli des îles de Marseille vise à étudier l'impact potentiel du développement éolien offshore flottant en Méditerranée sur les populations de puffins. Ce suivi qui permettra une meilleure connaissance de l'écologie spatiale des puffins se situe dans le cadre du projet « Étude de préfiguration d'un observatoire de l'avifaune du Golfe du Lion en interaction avec les parcs éoliens offshore flottants » (ORNIT-EOF) coordonné par le Pôle Mer Méditerranée et financé par l'ADEME et les énergéticiens. Le volet « Acquisition et exploitation des données » est piloté par le Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (CEFE-CNRS). Le Parc National des Calanques fait notamment partie du comité exécutif et du comité de suivi du projet, en plus d'être un partenaire technique.

Ce suivi s'inscrit dans la continuité des deux précédents programmes menés en 2011-2012 et 2014-2018. Le suivi télémétrique mené en 2011 et 2012 a été mené à la demande de l'Agence des Aires Marines Protégées dans le cadre du programme d'acquisition de connaissances sur le milieu marin (PACOMM). Il a permis d'identifier le puffin de Scopoli (*Calonectris diomedea*) comme ayant un fort potentiel pour être une espèce bio-indicatrice des écosystèmes marins côtiers méditerranéens, et notamment un indicateur d'une utilisation du milieu marin par l'homme qui soit compatible avec la pérennité de l'écosystème. En effet, les puffins sont largement exposés aux perturbations d'origine anthropiques (pêche, éolien offshore) et ils ont une très forte fréquentation des espaces naturels protégés tel que le Parc National des Calanques. Ce constat a été à l'origine du programme INDEXPUF (2014 – 2018) commandité par l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB), mis en œuvre par le Centre d'Écologie Fonctionnelle et Evolutive du CNRS de Montpellier (UMR5175 CEFE), en collaboration avec le Parc National des Calanques (PNCal). Ce programme a permis d'accroître nos connaissances sur l'écologie spatiale du puffin de Scopoli (utilisation de

l'espace, régime alimentaire) dans la perspective de développer cet indicateur écologique (Courbin et al. 2018a). Il a également permis d'identifier des besoins de nouvelles connaissances et améliorations méthodologiques concernant les hauteurs de vol des puffins.

## **2. LE PUFFIN DE SCOPOLI**

Le puffin de Scopoli (*Calonectris diomedea*), ordre des Procellariiformes, famille des Procellariidae, a été reconnu comme une espèce à part entière en 2013 par le Congrès ornithologique international (Gill & Donsker 2018). Cette espèce a une très large aire de répartition recoupant la Méditerranée, et une partie de l'Atlantique Nord et de l'Atlantique Sud, mais se reproduit exclusivement en Méditerranée. La population mondiale de puffins de Scopoli est estimée entre 285000 et 446000 individus, dont la majorité se reproduit sur l'île de Zembra au large de la Tunisie avec entre 179000 et 193000 couples reproducteurs (BirdLife International 2018). La population de puffin de Scopoli est actuellement en déclin (BirdLife International 2018). Des études récentes concernant la mortalité adulte, en lien avec les prises accidentelles de la pêche, alertent sur une potentielle augmentation du déclin des populations de l'espèce (García-Barcelona et al. 2010, Báez et al. 2014, Genovart et al. 2017, Cortés et al. 2018). De plus, la pression des prédateurs terrestres, tel le rat noir (*Rattus rattus*), sur le succès de reproduction pourrait être un facteur supplémentaire favorisant le déclin des populations (Igual et al. 2006). Cependant, le taux de survie adulte est le principal facteur déterminant la dynamique des populations de puffins, comme c'est le cas pour l'ensemble des espèces longévives (Courbin et al. 2018b). L'espèce est actuellement classée dans la catégorie « préoccupation mineure » d'après l'IUCN (BirdLife International 2018 IUCN Red List for birds), mais les Parcs Nationaux français ont une forte responsabilité vis-à-vis de la conservation locale des sites de nidifications des populations d'oiseaux marins qu'ils abritent.

Les adultes nichent uniquement dans le Bassin méditerranéen, des îles Chaffarines à la Grèce, et la limite sud de leur aire de distribution de reproduction se situe au niveau de Malte et de la Crête (BirdLife International 2018). Les puffins de Scopoli retournent sur leurs sites de reproduction entre fin février et mars. L'accouplement a lieu dans des terriers vers la mi-avril et la ponte se déroule entre la mi-mai et début juin. Les éclosions ont lieu la première quinzaine de juillet, après 52 jours d'incubation en moyenne (Thibault et al. 1997). Le poussin connaît une période de vulnérabilité à la prédation entre le moment où il se retrouve seul (quelques jours après l'éclosion) et le moment où il est assez fort pour se défendre contre les prédateurs (une bonne quinzaine de jours après éclosion, Thibault et al. 1997). L'envol des poussins se produit dans la première quinzaine d'octobre, 91 jours après les éclosions en moyenne. Les puffins de Scopoli quittent ensuite la Méditerranée via le détroit de Gibraltar et migrent le long des côtes de l'Afrique jusqu'au Golfe du Benguela pour leur hivernage (Péron & Grémillet 2013).

### **3. SITE D'ÉTUDE**

Aujourd'hui restreintes aux îles de Marseille et d'Hyères le long du littoral continental français, le puffin de Scopoli était autrefois plus largement répandu y compris sur la frange côtière continentale. Le Parc National des Calanques abrite l'une des deux seules populations nicheuses de puffins de Scopoli le long des côtes continentales françaises (hormis la Corse). L'effectif de la population de puffins de Scopoli du PNCal est estimé à environ 520 couples reproducteurs (données non-publiées du PNCal). Le site de Riou (archipel de Riou, PNCal, Fig. 1) est idéal pour mener des recherches sur l'espèce, pour quatre raisons principales (1) il s'agit d'une colonie de grande taille très accessible, (2) elle est sujette à un excellent suivi démographique depuis plus de 30 ans, (3) les puffins de cette colonie utilisent intensément la

zone du Golfe du Lion, (4) les oiseaux utilisent également la zone du Parc National des Calanques et la zone du futur parc éolien Provence Grand Large (Courbin et al. 2018a).

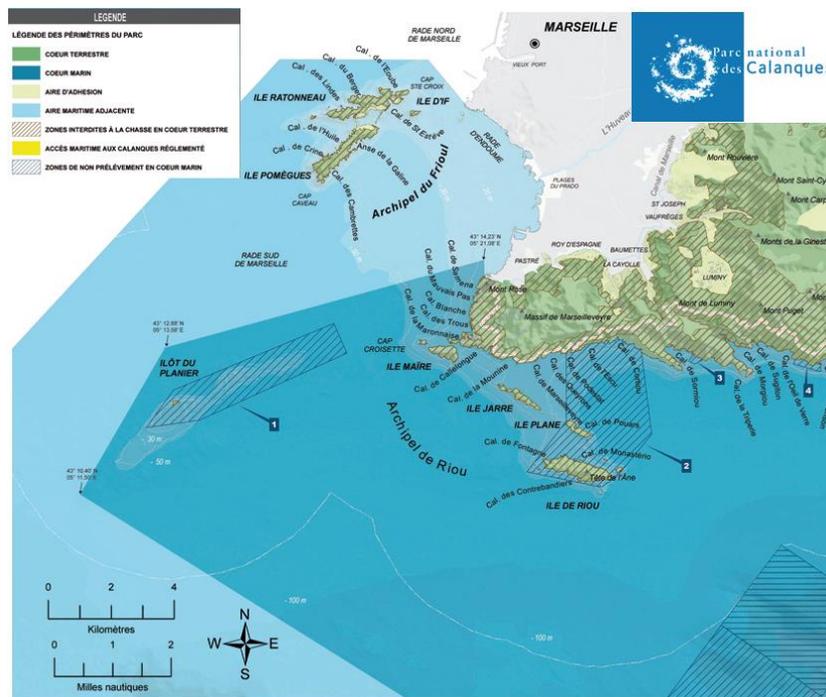


Figure 1. Situation géographique du Parc National des Calanques.

## 4. MÉTHODOLOGIE

### 4.1 Déploiement et récupération des loggers GPS

Nous avons réalisé en 2019 et 2020 le suivi des déplacements en mer de 20 puffins de Scopoli nichant sur l'île de Riou pendant la phase d'élevage du poussin en août (1<sup>ère</sup> quinzaine). Les nids, qui devaient d'une part être en succès (présence d'un poussin) et d'autre part être accessibles afin d'attraper l'oiseau, ont été choisis suite à la visite des colonies avec l'aide du personnel du Parc National des Calanques. Un plan d'échantillonnage en alternance est en place afin de ne pas équiper des oiseaux dans la même zone deux années de suite (une même zone n'est revisitée que tous les 3 ans). Au cours de l'étude initiale des années 2011-2012, nous avons montré que la pose d'appareils électroniques n'affecte pas la durée des voyages alimentaires (en moyenne d'une journée pour les oiseaux équipés et non équipés).

Nous avons également testé l'impact des poses de matériel électronique sur la performance de reproduction des puffins et démontré que ces manipulations n'avaient pas d'incidence détectable sur la probabilité de se reproduire, ni sur les taux de divorce l'année suivante (Authier et al. 2013). Nous avons d'autre part utilisé les suivis GPS des années 2011-2012 afin de déterminer la taille d'échantillon (nombre d'individus) requise à la bonne définition de l'espace vital des puffins de Scopoli au cours de la saison de reproduction (par la méthode du calcul cumulatif des aires totales de répartition) ; c'est ainsi que nous en avons conclu qu'un échantillon de 20 oiseaux par année est suffisant pour mener une analyse statistiquement fondée.

Les déploiements et récupérations des GPS ont lieu de nuit, lorsque les puffins viennent nourrir leur poussin (entre 22h et 3h). Chaque oiseau est équipé à une seule reprise au cours de la saison et chaque manipulation (pose et récupération des enregistreurs) est limitée à 15 minutes maximum. Les oiseaux nicheurs sont capturés au nid et équipés d'enregistreurs GPS miniaturisés (iGotU GT-120, Mobile Action, masse 20g, 42x24x0.9mm). Les GPS ont été configurés pour prendre une localisation GPS toutes les 2 minutes. Les GPS préalablement étanchéifiés en les plaçant dans une gaine thermo-rétractable sont fixés sur les plumes du dos avec de l'adhésif étanche (scotch TESA noir, Fig. 2). Les appareils ont ensuite été retirés à la main après un ou plusieurs voyages alimentaires (dépendamment des conditions météorologiques et des individus), les résidus de scotchs ayant été conservés. La manipulation durait généralement moins de 10 minutes à la pose, et moins de 15 minutes à la dépose au cours de laquelle se déroulait d'autres manipulations (voir 4.3 Biométrie et prélèvements de plume). Tous les oiseaux manipulés ont poursuivi leur nidification normalement après la recapture et la récupération du matériel.



Figure 2. Illustrations d'un GPS en cours d'installation sur le dos d'un puffin de Scopoli (N. Courbin).

#### ***4.2 Déploiement et récupération des altimètres***

Dans l'optique d'anticiper les conséquences potentielles du développement éolien offshore en Méditerranée sur les puffins, il est nécessaire de connaître la hauteur de vol de cette espèce. Pour cela nous avons équipé 10 individus supplémentaires par an en 2019 et 2020 avec des altimètres (MSR145W, MSR, masse 18g, 62x18x14mm). Le protocole de pose était rigoureusement identique à celui précédemment décrit pour la pose et dépose des GPS (Fig. 3). À noter que les altimètres sont déjà étanches. Les altimètres enregistraient une mesure de pression atmosphérique chaque seconde. Chaque oiseau équipé d'un altimètre était également équipé d'une sonde TDR fixée à une bague sur la patte de l'oiseau. La sonde TDR détectait et enregistrait chaque seconde si l'oiseau était posé sur l'eau ou en plongée (sonde mouillée) ou bien au sec (sonde sèche).

Étant donné les contraintes de poids, un puffin ne pouvait pas être équipé simultanément d'un GPS et d'un altimètre.



Figure 3. Un altimètre juste après la pose sur le dos d'un puffin de Scopoli (E. Boncourt).

#### **4.3 Biométrie et prélèvements de plumes**

Lors de la pose des appareils, le poids de l'oiseau était également noté. Nous avons effectué une série de mesures plus complètes au moment de la récupération des appareils : poids, longueur tête bec, longueur du culmen, hauteur du crochet, hauteur au niveau de la narine et longueur du tarse. Ces mesures permettent de déterminer un index de condition corporelle des adultes. Lors de la dépose des appareils, nous avons également prélevé des échantillons de plumes (l'extrémité de la première et de la dernière rémige primaire P1 et P10), destinés aux analyses du statut trophique des puffins par la méthode des isotopes stables.

## 5. RÉSULTATS

### 5.1 Bilan des 5 campagnes de terrain sur Riou

Nous avons manipulé 30 puffins par an comme convenu avec le PNCal (Tableau 1).

Tableau 1. Bilan du nombre d'individus suivis par GPS ou altimètre, par année.

| Année | GPS | Dont fonctionnels | Altimètre | Dont fonctionnels | Total |
|-------|-----|-------------------|-----------|-------------------|-------|
| 2019  | 19  | 19                | 10        | 4                 | 30    |
| 2020  | 20  | 20                | 10        | 9                 | 30    |

### 5.2 Déplacements en mer des puffins de Scopoli

Nous avons collecté 121 trajets alimentaires (complets) de 39 individus en 2019 et 2020. L'aire principale d'utilisation en mer est stable entre les deux années. En 2019, la distance maximale d'éloignement par trajet alimentaire était en moyenne de 30 km (minimum 3, maximum 73 km). En 2020, cette distance était de 55 km (minimum 2, maximum 221 km). Globalement, les puffins utilisent majoritairement une zone de 50 km autour du site de la colonie, incluant le plateau continental à l'ouest (Golfe de Fos, Côte Bleue) et les zones côtières plus profondes au sud du PNCal et à l'est (Canyon de la Cassidaigne, Fig. 4 et 5). Certains individus en 2020 ont voyagé plus loin au sud-est jusqu'au golfe de Rosas au large de l'Espagne (comme déjà observé lors des années précédentes de suivis GPS), et à l'ouest jusqu'à la baie des Anges de Nice. La zone côtière du fond du Golfe du Lion est relativement moins utilisée.

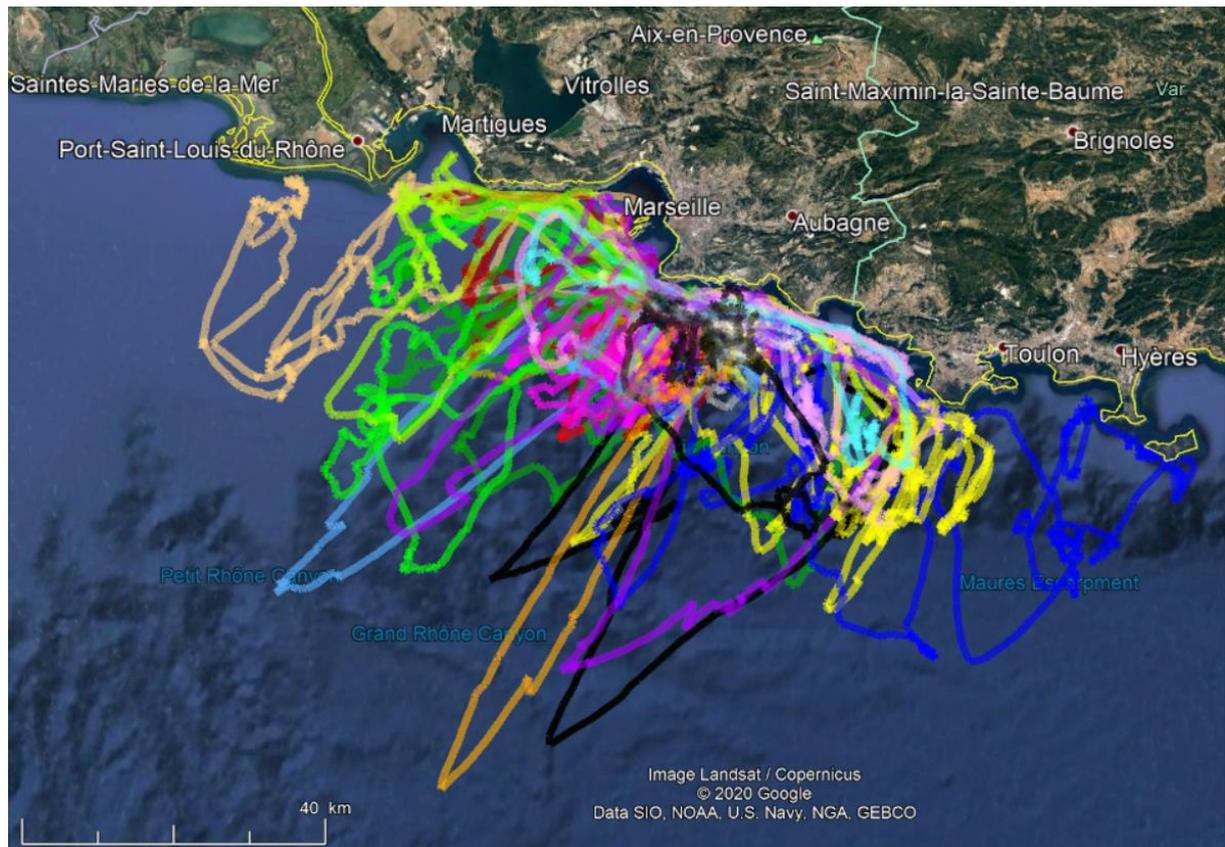


Figure 4. Carte des trajets en mer des puffins de Scopoli nichant sur l'île de Riou, suivis en août 2019 avec une couleur par individu.

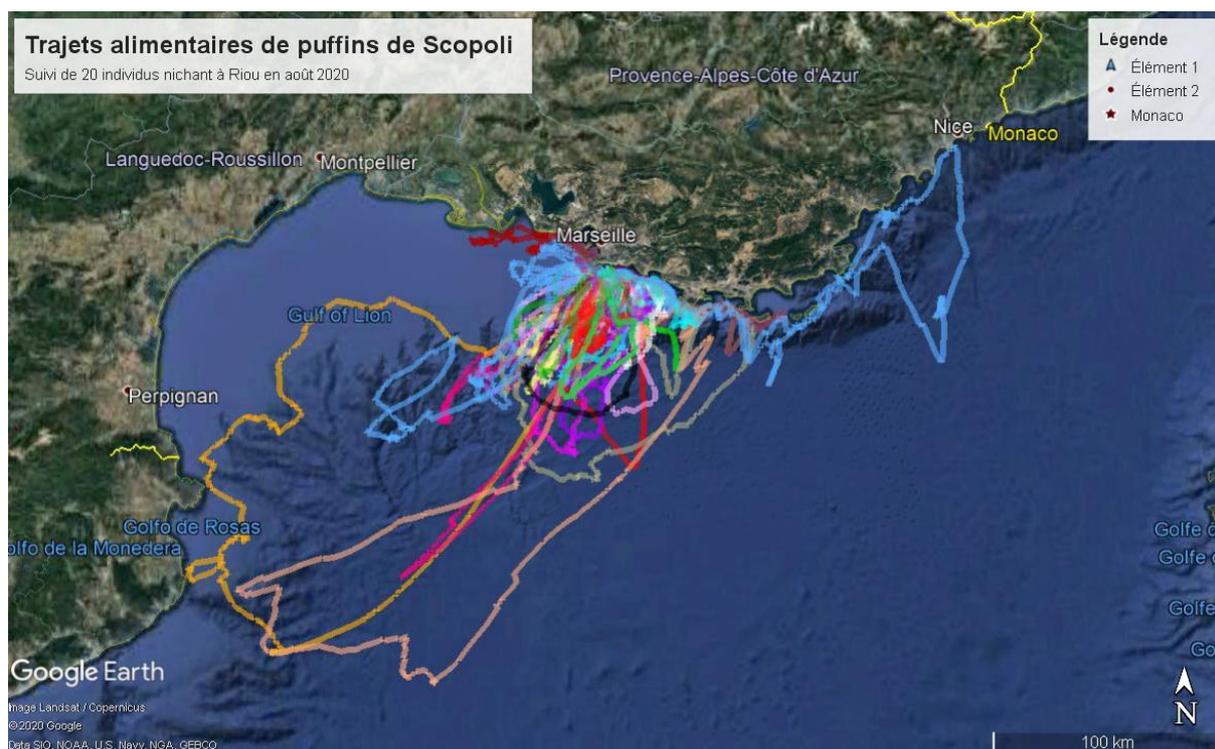


Figure 5. Carte des trajets en mer des puffins de Scopoli nichant sur l'île de Riou, suivis en août 2020 avec une couleur par individu.

### 5.3 Altitude de vol des puffins de Scopoli

Les hauteurs de vol des puffins sont toujours en cours de traitement. Nous les avons estimées à partir de deux sources de données différentes : les GPS (1 localisation toutes les 2 minutes) et des altimètres prenant une mesure de la pression barométrique chaque seconde couplée à des sondes TDR permettant de discriminer les phases posées sur l'eau et les phases de vol.

Les données GPS de 2019 et 2020 ont été groupées avec celles accumulées entre 2011 et 2018. Le total représente des données sur 214 individus. Ils souffrent à la fois d'une erreur d'exactitude et de précision, les GPS posés au niveau de la mer estimant l'altitude à  $6,0 \pm 4,7$  m (moyenne  $\pm$  écart-type). Leur utilisation a nécessité l'utilisation d'un modèle espace-état inspiré des travaux les plus récents sur le sujet (Ross-Smith et al. 2016).

Les hauteurs de vol peuvent être estimées en utilisant la différence entre la pression mesurée au niveau de l'oiseau et la pression au niveau de la mer selon une formule mathématique. La pression au niveau de la mer étant changeante (en fonction de la zone géographique, du moment de la journée, des conditions météorologiques, etc.), sa valeur est régulièrement actualisée lorsque l'oiseau se pose sur l'eau. Cet état est directement renseigné par le TDR. Quand l'oiseau s'envole, la hauteur de vol est alors calculée par rapport à la dernière valeur de pression connue au niveau de la mer. Cette technique a été développée par Cleasby et al. (2015) sur les fous de Bassan et améliorée par nos soins pour les puffins de Scopoli, avec notamment l'ajout d'un TDR qui accroît nettement la fiabilité des résultats.

Les données issues de ces deux techniques sont cohérentes entre elles. Malgré le bruit important dû à l'imprécision des GPS et des mesures de pression, elles montrent que les puffins passent environ 2,0 à 3,5 % du temps de vol au-dessus de 20 m, c'est-à-dire dans la zone présentant un risque de collision avec les pâles des éoliennes (Tableau 2). Ces données sont actuellement utilisées dans des modèles de collision pour évaluer le nombre de collisions avec les futures éoliennes attendu par an ainsi que les impacts attendus sur la dynamique de population. Le nombre de collisions attendus est faible (< 1 collision par an) compte-tenu des faibles hauteurs de vol mesurées.

Tableau 2. Estimation de la hauteur de vol par baromètre et GPS et proportion de temps passé dans la zone à risque de collision (plus de 20 m).

| Données<br>utilisées | Phase de vol          | Altitude       |            | Proportion<br>du temps<br>passé au-<br>dessus de 20<br>m |
|----------------------|-----------------------|----------------|------------|--|
|                      |                       | moyenne<br>(m) | Ecart-type |  |
| Barométriques        | Toutes phases         | 1,6            | 8,1        | 2,3%   |
| GPS                  | Recherche alimentaire | 1,1            | 31,5       | 3,5%   |
| GPS                  | Transit               | 0,8            | 25,8       | 2,0%   |

## 6. VALORISATION

### 6.1 *Articles et rapports scientifiques*

Un article scientifique combinant suivi GPS, hauteurs de vol, risque de collision et impact démographique est en cours de finalisation.

### 6.2 *Communications orales : scientifiques et restitutions*

Boncourt E, Courbin N, Besnard A and Grémillet D. 2021. Projet ORNIT-EOF : point d'avancement à mi-parcours. Restitution de travail auprès du Pôle Mer Méditerranée et d'EDF Renouvelable. 3 mars 2021.

Boncourt E, Courbin N, Besnard A and Grémillet D. 2021. Suivi spatial des puffins de Scopoli du Parc national des Calanques : passé, présent et perspectives dans un contexte de développement éolien. Conseil scientifique du Parc national des Calanques. 16 février 2021.

Boncourt E, Courbin N, Besnard A and Grémillet D. 2020. Three-dimensional tracking of a Mediterranean seabird and collision risk with offshore wind farms. Invité au séminaire de la Tour du Valat. 30 novembre 2020.

Boncourt E, Courbin N, Besnard A and Grémillet D. 2020. Étude de préfiguration d'un observatoire de l'avifaune du Golfe du Lion en interaction avec les parcs éoliens offshore flottants (ORNIT-EOF). Restitution de travail auprès du Pôle Mer Méditerranée et des financeurs du projet. 20 octobre 2020

## REFERENCES

Authier, M., Péron, C., Mante, A., Vidal, P. & Grémillet, D. 2013. Designing observational biologging studies to assess the causal effect of instrumentation. *Methods in Ecology and Evolution*, 4:802-810.

Baez, J. C., García-Barcelona, S., Mendoza, M., de Urbina, J. M. O., Real, R., & Macías, D. 2014. Cory's shearwater by-catch in the Mediterranean Spanish commercial longline fishery: Implications for management. *Biodiversity and Conservation* 23:661-681.

BirdLife International. 2018. IUCN Red List for birds. Downloaded from <http://www.birdlife.org>

Cleasby, I. R., Wakefield, E. D., Bearhop, S., Bodey, T. W., Votier, S. C., & Hamer, K. C. (2015). Three-dimensional tracking of a wide-ranging marine predator: Flight heights and vulnerability to offshore wind farms. *Journal of Applied Ecology*, 52(6), 1474–1482.

Cortés, V., García-Barcelona, S. & González-Solís, J. 2018. Sex- and age-biased mortality of three shearwater species in longline fisheries of the Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series* 588:229-241.

Courbin, N., Besnard, A., Péron, C., Saraux, C., Fort, J., Perret, S., Tornos, J. & Grémillet, D. 2018a. Short-term prey field lability constrains individual specialisation in resource selection and foraging site fidelity in a marine predator. *Ecology Letters*, 21:1043-1054.

Courbin, N., Grémillet, D. & Besnard, A. 2018b. Etude de la dynamique des populations de puffins de Scopoli et yelkouan du Parc National des Calanques et du Parc National de Port-Cros. Rapport scientifique, CEFÉ-CNRS, 107 pp.

Dale, V. H. & Beyeler, S. C. 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, 1:3-10.

García-Barcelona, S., Ortiz de Urbina, J.M., de la Serna, J.M., Alot, E. & Macías, D. 2010. Seabird bycatch in Spanish Mediterranean large pelagic longline fisheries, 2000-2008. *Aquatic Living Resource* 23:363-371.

Genovart, M., Doak, D.F., Igual, J.-M., Sponza, S., Kralj, J. & Oro, D. 2017. Varying demographic impacts of different fisheries on three Mediterranean seabird species. *Global Change Biology* 23:3012-3029.

Gill, F. & Donsker D. 2018. IOC World Bird List (v 8.1). <http://www.worldbirdnames.org/>

Igual, J.M., Forero, M.G., Gomez, T., Orueta, J.F. & Oro, D. 2006. Rat control and breeding performance in Cory's shearwater (*Calonectris diomedea*): effects of poisoning effort and habitat features. *Animal Conservation* 9:59-65.

Péron, C. & Grémillet, D. 2013. Tracking through life stages: adult, immature and juvenile autumn migration in a long-lived seabird. *PLoS ONE* 8: e72713.

Péron, G., Fleming, C. H., Duriez, O., Fluhr, J., Itty, C., Lambertucci, S., Safi, K., Shepard, E. L. C. & Calabrese, J. 2017. The energy landscape predicts flight height and wind turbine collision hazard in three species of large soaring raptor. *Journal of Applied Ecology*, 54:1895-1906.

Ross-Smith, V. H., Thaxter, C. B., Masden, E. A., Shamoun-Baranes, J., Burton, N. H. K., Wright, L. J., Rehfisch, M. M., & Johnston, A. (2016). Modelling flight heights of lesser black-backed gulls and great skuas from GPS: A Bayesian approach. *Journal of Applied Ecology*, 53(6), 1676–1685.

Thibault, J.C., Bretagnolle V. & Rabouam, C. 1997. Cory's shearwater. In *Birds of the western Palearctic* (BWP), update 1:75-98. Oxford, Oxford University Press.