



Centre de recherche de la Tour du Valat
Le Sambuc, 13200 Arles
En partenariat avec :
L'UMR 5290 MIVEGEC CNRS/IRD/UM
911 Avenue Agropolis, 34394 Montpellier



M. le Directeur Départemental des Territoires et de la
Mer des Bouches-du-Rhône,
Service Mer, Eau, Environnement
Pôle Nature et Territoires
16, rue Antoine Zattara,
13 332 MARSEILLE Cedex 3

le 31 janvier 2022

Monsieur,

Nous sollicitons par ce courrier une dérogation à l'article L411-1 du Code de l'Environnement à des fins de recherche scientifique.

Au sein de notre département " Conservation des espèces ", nous menons depuis plusieurs années des recherches sur la dispersion des ectoparasites et des agents pathogènes portés par la faune sauvage en collaboration avec le CNRS (UMR 5290 MIVEGEC). Avec l'équipe de Karen McCoy, nous utilisons le goéland leucophée (*Larus michahellis*) comme modèle biologique pour ce type d'étude en raison de sa forte présence dans les zones côtières méditerranéennes et de ses contacts fréquents avec les populations humaines, ce qui pourrait entraîner la transmission d'agents infectieux. Cette recherche est réalisée dans le cadre du Site d'Etude en Ecologie Globale (SEEG) Camargue créé par l'Institut National pour l'Ecologie et l'Environnement (INEE) du CNRS et la Tour du Valat pour promouvoir les études en écologie de la santé. Elle s'inscrit également dans un projet scientifique plus large - [EcoDIS](#) - qui vise à comprendre le lien entre les stress environnementaux, les mouvements des goélands et la circulation des agents infectieux à l'échelle de la Méditerranée occidentale [voir l'Annexe 1 pour plus de détails]. Cette recherche est soutenue par un financement de l'ANR (projet n°ANR-20-CE34-0002) et du MITI CNRS (projet CIPPE) et comprend 10 partenaires scientifiques et techniques à ce jour.

En parallèle de nos études précédentes sur les antibiorésistances chez les goélands de la région PACA, nous avons observé que les tiques de l'espèce *Ornithodoros maritimus* étaient très abondantes dans les nids de goélands et constaté que certaines étaient porteuses de bactéries et de virus pathogènes (voir articles joints). Des études plus récentes (arrêté préfectoral des Bouches-du-Rhône n° 13-2018-02-22-003 du 22 février 2018) ont examiné la dynamique spatio-temporelle et la dispersion des tiques au sein de la colonie de goélands installée sur l'îlot de Carteau à Port-Saint-Louis par le biais d'études CMR (capture-marquage-recapture) et génétiques (voir articles joints). Nous étudions maintenant l'impact combiné des polluants (plastiques et métaux lourds) et des parasites/pathogènes sur la dynamique des populations de goélands, et en particulier en relation avec leur régime alimentaire. Notre objectif est de mieux comprendre comment ces différents facteurs de stress affectent le succès reproducteur des oiseaux, leurs mouvements au sein et entre les périodes de reproduction et comment ces mouvements

pourraient affecter la circulation des agents infectieux à différentes échelles spatiales. Suite aux analyses préliminaires réalisées en 2021 en collaboration avec les chercheurs du LIENSs dans le cadre du suivi national de la contamination des oiseaux marins de la DCSMM, nous avons sélectionné cinq colonies de goéland leucopnée à suivre plus en détail entre 2022 et 2024, dont deux colonies dans les Bouches-du-Rhône : la colonie de Carteau à Port-Saint-Louis, et la colonie du Frioul dans le Parc National des Calanques [voir les cartes dans l'Annexe 2].

Le protocole de cette étude, qui fait l'objet de la présente demande, est détaillé ci-dessous [et voir l'Annexe 1]. Il s'agira dans un premier temps de capturer un maximum de 20 goélands adultes par colonie par an afin de caractériser leur état de santé et de les marquer. En 2022, un biologger (GPS-GSM) sera déployé sur 10 de ces individus selon le protocole approuvé par le comité d'éthique (APAFIS#25183-2020090713423689) et le CRBPO (programme de baguage N° 990 -LARMIC) afin de suivre en continu les déplacements des goélands pendant 2 à 3 ans [voir détails techniques en Annexe 3]. En parallèle, 30 nids seront marqués pour évaluer à la fois l'infestation par les tiques, les prélèvements de tiques servant aux analyses de micro-organismes, et le succès des nids (éclosion, croissance et état corporel des poussins). Ce suivi se fera par une visite hebdomadaire rapide de chaque nid. Au cours de ces visites, des pelotes de régurgitation seront collectées autour du nid afin d'évaluer le régime alimentaire des oiseaux et leur niveau d'exposition aux déchets. A l'éclosion, tous les poussins du nid seront marqués par une bague temporaire en plastique léger. Lorsqu'ils seront assez grands, cette bague sera remplacée par une bague métallique numérotée et une bague darvic numérotée individuellement et visible à distance. A ce stade, des échantillons de sang, de plumes et des écouvillons seront prélevés pour l'analyse des parasites et des pathogènes, pour évaluer le type de régime alimentaire fourni aux poussins et l'exposition aux polluants. Ces prélèvements impliqueront 60 à 90 poussins dans chaque colonie par an (maximum de 3 poussins par nid). Comme pour les adultes, en 2022, nous déploierons des biologgers sur un maximum de 10 poussins juste avant l'envol. A ce moment, nous organiserons également une session de baguage classique pour marquer 50 à 100 poussins supplémentaires (métal et darvic) afin d'avoir une cohorte suffisamment importante par an pour obtenir des informations sur les mouvements des goélands à différentes échelles spatiales. Cette session sera réalisée dans le cadre du programme de baguage personnel LARMIC piloté par Thomas Blanchon (programme de baguage N° 990) dans lequel entre 150 et 200 poussins par an ont déjà été marqués depuis 2018 dans la colonie de Carteau.

Sauf le déploiement des biologgers qui aura lieu uniquement en 2022, ces opérations seront répétées pendant trois années (2022, 2023, 2024) afin de mieux évaluer les stress subis par les oiseaux et leurs implications pour le succès de la reproduction et les mouvements. En cas de mortalité d'un oiseau portant un dispositif monté, le biologger sera récupéré et redéployé, si possible, afin de maintenir une taille d'échantillon stable. En termes d'effectifs d'oiseaux bagués, sur l'ensemble des trois ans de l'étude, au maximum 60 oiseaux adultes et 570 poussins par colonie seront marqués.

Notre représentante, qui coordonnera le projet, est Marion Vittecoq, chargée de recherche responsable du programme d'écologie de la santé à la Tour du Valat. Elle sera assistée par l'équipe ornithologique du centre, composée de trois techniciens et d'un ingénieur disposant d'autorisations de baguage délivrées par le CRBPO : Thomas Blanchon, Antoine Arnaud, Carole Leray et Yves Kayser. En outre, une équipe compétente de l'UMR MIVEGEC, coordonnée par Karen McCoy, participera aux opérations. Tous les travaux effectués sur l'île du Frioul seront réalisés en collaboration et avec l'accord du personnel du Parc National des Calanques. Dans le cadre de nos travaux antérieurs, nous avons déjà travaillé avec le port autonome de Marseille, qui nous autorise l'accès à l'îlot Carteau chaque année [voir les cartes dans l'Annexe 2 et lettres d'autorisation ci-jointes].

Nous vous remercions par avance de l'attention que vous porterez à notre demande et nous tenons à votre disposition pour fournir tout renseignement supplémentaire qui pourrait être nécessaire à sa prise en compte.

Bien cordialement,

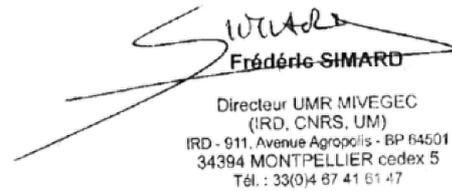
Pour la Tour du Valat

Jean Jalbert – Directeur général



Pour l'UMR MIVEGEC

Frédéric Simard - Directeur



Articles scientifiques joints à la demande de dérogation :

- Bonsergent, C., M. Vittecoq, C. Leray, L. Burkart, K.D. McCoy, et L. Malandrin. 2022 « Characterization and diversity of *Babesia* Sp. YLG, a new member of the Peircei group infecting Mediterranean yellow-legged gulls (*Larus michahellis*) ». *Ticks and Tick-Borne Diseases* 13: 101852. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2021.101852>.
- Rataud, A., M. Dupraz, C. Toty, T. Blanchon, M. Vittecoq, R. Choquet, et K.D. McCoy. 2021 « Evaluating functional dispersal in a nest ectoparasite and its eco-epidemiological implications ». *Frontiers in Veterinary Science* 7: 570157. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.570157>.
- Gomard, Y., O. Flores, M. Vittecoq, T. Blanchon, C. Toty, O. Duron, P. Mavingui, P. Tortosa, et K.D. McCoy. 2021 « Changes in bacterial diversity, composition and interactions during the development of the seabird tick *Ornithodoros maritimus* (Argasidae) ». *Microbial Ecology* 81: 770-83. <https://doi.org/10.1007/s00248-020-01611-9>
- Vittecoq, M., C. Laurens, L. Brazier, P. Durand, E. Elguero, A. Arnal, F. Thomas, et al. 2017 « VIM-1 Carbapenemase- producing *Escherichia Coli* in gulls from southern France ». *Ecology and Evolution* 7 : 1224-32. <https://doi.org/DOI: 10.1002/ece3.2707>.
- Dupraz, M., C. Toty, E. Devillers, T. Blanchon, E. Elguero, M. Vittecoq, S. Moutailler, et K.D. McCoy. 2017. « Population structure of the soft tick *Ornithodoros maritimus* and its associated infectious agents within a colony of its seabird host *Larus michahellis* ». *International journal for parasitology. Parasites and wildlife* 6: 122-30. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2017.05.001>.

Autorisations jointes :

APAFIS#25183-2020090713423689

Lettre du GPMM

Lettre du Parc National des Calanques

ANNEXE 1 : Objectifs et protocoles du projet ANR EcoDIS



Ecologie de la santé dans un monde changeant : relier les facteurs de stress environnementaux, les dynamiques des populations et l'écologie du mouvement pour mieux comprendre la circulation des agents infectieux

Introduction et objectives du projet:

Les facteurs environnementaux tels que les polluants et les agents pathogènes sont bien connus pour l'impact négatif qu'ils peuvent avoir sur la santé de la faune et la dynamique des populations. Si les effets individuels de ces facteurs sont souvent faibles, leurs effets cumulatifs et interactifs restent méconnus [1]–[3]. EcoDIS abordera cette question par une approche interdisciplinaire combinant suivi démographique, écotoxicologie, génétique des populations, épidémiologie et écologie du mouvement. Nous étudierons ces facteurs de stress de manière combinée chez une espèce méditerranéenne commune et abondante, le goéland leucopée (*Larus michahellis*) (Figure 1). Des études précédentes ont révélé la présence de plusieurs parasites et agents infectieux portés par cette espèce [4]–[7], dont certaines pathogènes pour les humains [8]. Sa présence dans les zones urbaines représente alors un risque réel pour la transmission des zoonoses. Ici, on focalisera sur une zone de la Méditerranée occidentale, reconnue comme point chaud de la pollution mondiale(4, 5), mais pour laquelle nous manquons encore beaucoup d'informations sur la nature et la répartition de cette pollution.

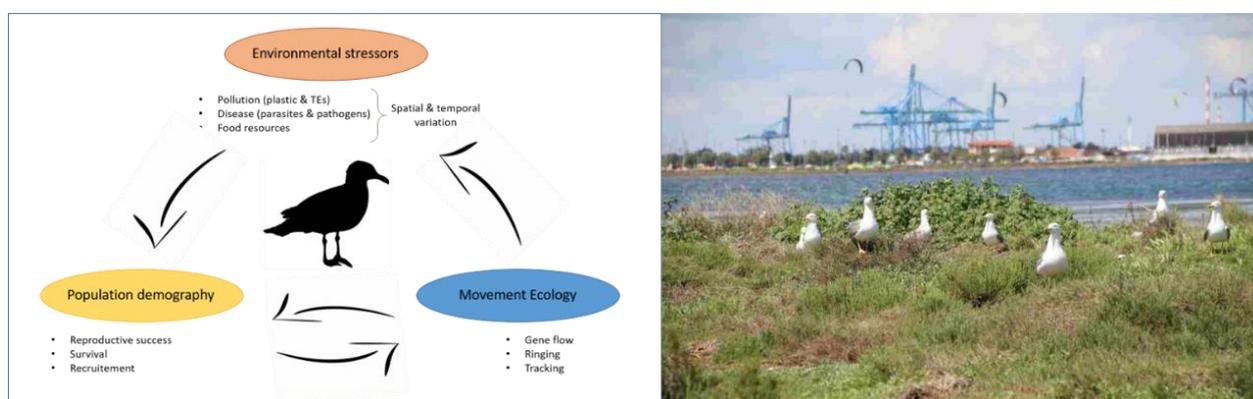


Figure 1. A) Différents facteurs de stress environnementaux peuvent affecter le succès de la reproduction et la santé de l'hôte, individuellement ou en interaction. Ces effets peuvent modifier la démographie de ces populations et, par conséquent, la propension des individus à se déplacer. Ces mouvements peuvent alors avoir un effet de rétroaction et modifier la démographie de la population hôte, la propagation des parasites/polluants dans l'environnement et le risque d'exposition pour les humains et leurs animaux domestiques. B) La colonie de goéland leucopée à Carteau, près de la zone industrielle de Marseille -Fos (Photo : K.D. McCoy).

Dans ce cadre, le projet EcoDIS vise à répondre à trois objectifs scientifiques (OS).

- 1) **Le premier objectif (OS1) est de cartographier la variabilité spatiale de l'exposition des goélands aux polluants et aux parasites/pathogènes dans la Méditerranée occidentale.** Il s'agira d'évaluer (i) les niveaux de polluants (métaux lourds, macroplastiques, microplastiques et additifs plastiques) et (ii) l'exposition aux parasites et aux agents pathogènes (ectoparasites, helminthes, bactéries et virus) dans une série de colonies qui couvre la zone d'étude.
- 2) **Le deuxième objectif (OS2) est d'évaluer les effets combinés de ces facteurs de stress sur la démographie des goélands (succès de la reproduction, taux de survie et taux de fidélité au site) et de tester expérimentalement une possible interaction antagoniste entre les parasites et les contaminants.** En absorbant les polluants plus rapidement que leurs hôtes, les parasites pourraient par exemple conférer un avantage sélectif aux hôtes dans des lieux hautement pollués. En revanche, si un contaminant diminue la valeur sélective du parasite, la fréquentation de sites contaminés pourrait permettre aux hôtes d'échapper à ces parasites.
- 3) **Le dernier objectif du projet (OS3) sera de relier les données sur les parasites et polluants aux mouvements des goélands entre colonies et entre les zones urbaines et non urbaines dans le but de comprendre la circulation des agents infectieux et le risque pour les populations humaines.** Ces mouvements seront inférés à partir d'une combinaison d'analyses de génétiques des populations, de modélisation CMR des données de baguage et de bio-tracking des oiseaux (balises GPS). Ces mouvements seront également déterminés indirectement par l'analyse de la structure génétique des parasites et pathogènes. Nous évaluerons ainsi si les facteurs de stress combinés modifient le mouvement et si le mouvement peut, à son tour, expliquer la structure spatiale des agents infectieux. En outre, l'intégration d'informations sur les régimes alimentaires (provenant d'analyses de régurgitations et d'isotopes stables) nous permettra d'évaluer dans quelle mesure l'état de santé et le succès de la reproduction sont liés à l'utilisation des ressources anthropogéniques.

Synthèse du travail de terrain pour 2022

Pour atteindre les objectifs du projet, une première campagne exploratoire sur le terrain a été réalisée en 2021. Au cours de cette saison, 23 colonies de goélands leucophées du pourtour de la Méditerranée occidentale ont été échantillonnées. L'analyse des échantillons récoltés dans ces colonies est en cours. Sur la base des données déjà disponibles, 5 colonies seront suivies plus en détails au cours des prochaines 3 saisons (2022, 2023, 2024) afin d'examiner l'impact des deux facteurs de stress sur la dynamique des populations et les mouvements des oiseaux. Nous souhaitons faire cette suivie dans les colonies suivantes : Carteau (Camargue), Planasse (Aude), Ratonneau -Frioul (Parc National de Calanques), Lavezzi (Réserve Naturelle des Bucchi di Bunifaziu - Corse-Sud), et Medes (Espagne).

Pour chaque colonie suivie en détail, des visites hebdomadaires sont à prévoir, du début de l'incubation (mars/ avril) jusqu'au milieu de l'élevage de poussins (mai/juin).

- Une **série de 30 nids** sera choisie au hasard et suivie à chaque visite
- Au début de la saison, les **oiseaux adultes seront capturés au nid**, mesurés, bagués (métal et darvic) et échantillonnés (sang, plumes et fèces). Comme la capture des oiseaux adultes peut être difficile, nous prévoyons de capturer entre 10 et 20 oiseaux par site et par saison. Un maximum de dix de ces oiseaux seront sélectionnés pour être équipés de dispositifs de suivi GPS-GSM lors de la première année (Annexe 3).
- Mi-incubation, **les œufs seront comptés** et mesurés, et **une quantification de l'infestation par des tiques** par comptage chronométré sera effectué.
- A l'éclosion, tous **les poussins des nids d'étude seront identifiés individuellement, via une bague temporaire, et suivis une fois par semaine pendant la période d'élevage** (environ 6 semaines), enregistrant la taille, le poids et les charges parasitaires externes. Des bolus (pellets de régurgitation d'éléments non digestibles) seront collectés autour le nid pour une analyse ultérieure du contenu afin d'identifier les sources de nourriture et la présence de polluants plastiques. Enfin, à l'approche de l'envol, des échantillons de sang et de plumes seront prélevés et chaque oiseau sera marqué avec un bague métal et un bague darvic numérotée. Comme pour les adultes, dix individus seront équipés d'enregistreurs GPS en 2022 pour suivre les mouvements après l'envol. Comme les poussins frères et sœurs sont nourris de façon similaire par leurs parents, nous nous attendons à ce que l'exposition aux polluants et aux parasites soit très similaire et nous n'utiliserons qu'un poussin aléatoire par nid pour les analyses.
- Les **oiseaux fraîchement morts trouvés de manière opportuniste** dans chaque colonie seront récoltés et congelés pour nécropsie en automne 2022. Les tissus récoltés serviront à évaluer les contaminations (MTE, macro + microplastiques) et à recueillir les helminthes intestinaux.

En utilisant ces données détaillées, nous évaluerons le succès de la reproduction (ou un corrélat tel que le taux de croissance ou la condition corporelle) en relation avec l'alimentation, les parasites et l'exposition aux contaminants pendant la période d'élevage. Comme les oiseaux seront marqués individuellement, nous serons également en mesure de recueillir des données sur la survie et les déplacements sur de plus longues périodes et notamment pendant la période sub-adulte. A partir des observations d'oiseaux marqués, nous établirons une base de données de capture-marquage-recapture (CMR) qui sera utilisée pour estimer les paramètres démographiques (survie, recrutement, dispersion) en tenant compte de la probabilité de voir l'individu. Ces estimations peuvent être reliées à des conditions environnementales spécifiques au sein de la colonie et à la condition de l'oiseau pendant l'élevage. Ce type de programme de bagage est déjà établi dans la colonie de Carteau où nous baguons les poussins depuis 4 ans. Les inférences faites à partir de ces nouvelles données de bagage seront comparé directement avec les résultats d'analyses obtenus avec les données récoltées dans le sud de la France entre 2003 et 2010 (C. SOUC manuscrit en préparation) pour

évaluer des éventuelles changements dans les paramètres démographiques au cours du temps.

Références

- [1] D. J. Marcogliese et M. Pietrock, « Combined effects of parasites and contaminants on animal health: parasites do matter », *Trends in parasitology*, vol. 27, n° 3, p. 123- 130, 2011.
- [2] A. Morrill, J. Provencher, H. Gilchrist, M. Mallory, et M. Forbes, « Anti-parasite treatment results in decreased estimated survival with increasing lead (Pb) levels in the common eider *Somateria mollissima* », *Proceedings of the Royal Society B*, vol. 286, n° 1910, p. 20191356, 2019.
- [3] M. C. Sueiro, E. Bagnato, et M. G. Palacios, « Parasite infection and immune and health-state in wild fish exposed to marine pollution », *Marine pollution bulletin*, vol. 119, n° 1, p. 320- 324, 2017.
- [4] A. Arnal *et al.*, « Circulation of a Meaban-Like Virus in Yellow-Legged Gulls and Seabird Ticks in the Western Mediterranean Basin », *PLoS One*, vol. 9, n° 3, p. 10, mars 2014, doi: 10.1371/journal.pone.0089601.
- [5] M. Dupraz *et al.*, « Population structure of the soft tick *Ornithodoros maritimus* and its associated infectious agents within a colony of its seabird host *Larus michahellis* », *International journal for parasitology. Parasites and wildlife*, vol. 6, n° 2, p. 122- 130, août 2017, doi: 10.1016/j.ijppaw.2017.05.001.
- [6] A. Arnal, M. Vittecoq, J. Pearce-Duvel, M. Gauthier-Clerc, T. Boulinier, et E. Jourdain, « Laridae: a neglected reservoir that could play a major role in avian influenza virus epidemiological dynamics. », *Critical Reviews in Microbiology*, vol. 7828, p. 1- 12, 2014.
- [7] A. Sanz-Aguilar *et al.*, « Infestation of small seabirds by *Ornithodoros maritimus* ticks: Effects on chick body condition, reproduction and associated infectious agents », *Ticks and Tick-borne Diseases*, vol. 11, n° 1, p. 101281, janv. 2020, doi: 10.1016/j.ttbdis.2019.101281.
- [8] M. Vittecoq *et al.*, « VIM-1 carbapenemase-producing *Escherichia coli* in gulls from southern France », *Ecology and Evolution*, vol. 7, n° 4, p. 1224- 1232, doi: DOI: 10.1002/ece3.2707.

ANNEXE 2 : Sites d'études dans la Région des Bouches-du-Rhone

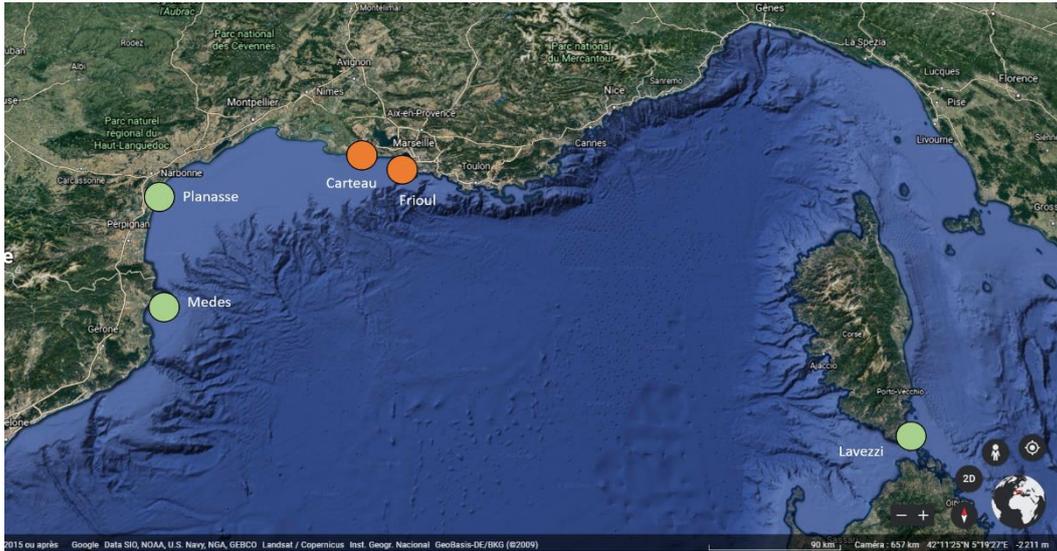


Fig. 1. Colonies de Goélands leucophées visées pour le projet EcoDIS en 2022, 2023, et 2024. Les colonies dans la Région des Bouches-du-Rhone sont indiquées en orange.



Fig. 2. Location de la colonie de Carteau dans la Baie de Fos. L'îlot est de 1,36ha en taille avec environ 280 nids de goéland leucophée. L'ensemble de l'îlot sera utilisé pour l'étude.



Fig 3. L'Archipel de Frioul au large de Marseille accueille plus de 4000 couples nicheurs de goélands leucophées par an. Pour notre suivi, nous utiliserions uniquement les nids situés dans la zone de Cap du Croix sur Ratonneau.

ANNEXE 3: Méthodes de biologging

Balises GPS :

Nous avons sélectionné le modèle « OrniTrack – 20 - 4G » – Balise grise pesant entre 17 et 20 grammes pouvant être utilisée sur des oiseaux de plus de 550 grammes, et donc largement utilisable sur les Goélands leucophées.

Voici les spécifications techniques du fournisseur :

OrniTrack-20 - solar powered GPS-GSM/GPRS tracker

This 17-20 gram transmitter is suitable for birds weighing over 550 grams.

Key characteristics:

- Housing: backpack design, aerodynamic, strong and waterproof, can be made in one of four available colours: white, grey, black or brown
- No external antennas
- Size: weight 17-20 grams, dimensions 58×25×14 mm
- GPS receiver: high sensitivity 99 channel module
- GSM transceiver: quad-band 850/900/1800/1900 (2G module), or hexaband 800/850/900/1800/1900/2100 (3G module)
- Internal battery: Lithium-Polymer with under- and over-charge protection
- Fully charged battery is sufficient for logging about 1,000 positions without additional recharge (*under optimal GPS satellite view and not exceeding 20 GPRS data upload sessions in good network coverage*)
- Solar charger: high efficiency 22%
- GPS logging intervals: from 1 second to 48 hours
- Data storage: 4 MB flash memory capable of storing over 60,000 records (2G model), or 128 MB capable of storing nearly 2,000,000 records (3G model)
- Data upload: via GSM/GPRS network
- GSM/GPRS network connection interval: from 10 minutes to 192 hours
- SMS message with 10 GPS positions when GPRS network is not available
- Logged data are stored in memory if GSM network is unavailable
- Geofences: 2 zones with separate sets of parameters. Zones defined by user by multiple rectangles (up to 10 per zone)
- High frequency (up to 50 Hz) sensor (accelerometer, magnetometer, temperature, light intensity) data collection on a separate schedule
- Day & night sensing
- Operational temperature: from -20 to +70 °C
- Barometric pressure sensor (optional)

Type de harnais:

Le harnais prévu pour maintenir la balise sur les oiseaux équipés est de type " sac à dos ", qui est celui utilisé notamment pour le programme de la Tour du Valat sur les spatules blanches *Platalea leucocodia* et pour lequel nous n'avons noté qu'un seul incident (sur >60 balises posées), probablement dû à une faiblesse du téflon utilisé pour le harnais.

Notre expérience de l'utilisation de ces harnais sur les goélands leucophées est que sur les 14 balisés posés en 2021 (4 adultes et 10 jeunes avant l'envol), le harnais ne semble pas avoir d'impact particulier ou être la cause directe de la mort de certains individus. La méthode de pose d'harnais est adaptée pour les jeunes oiseaux pour assurer une croissance sans gêne (voir figure ci-dessous).

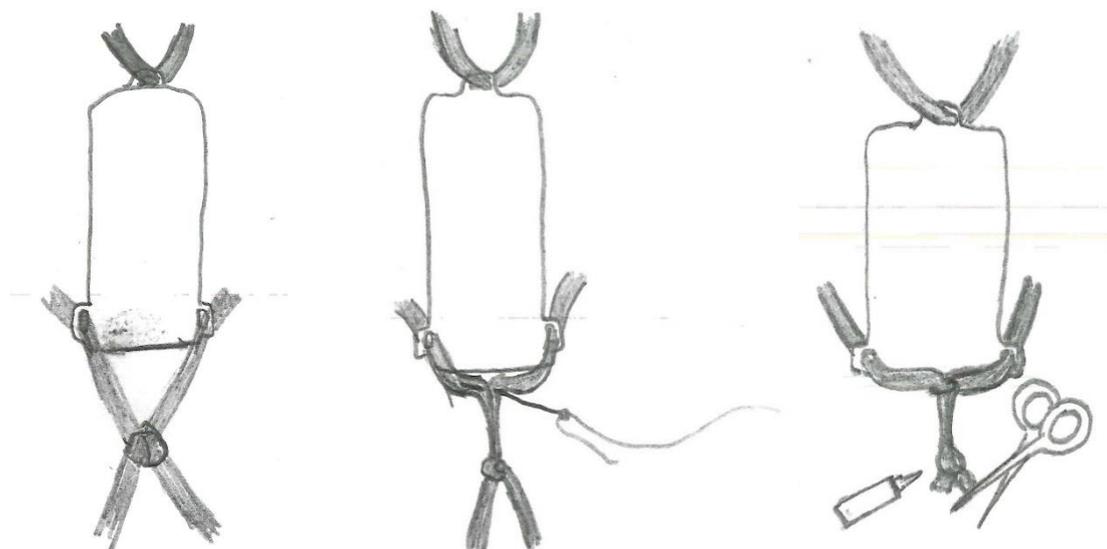


Fig 1 : Technique de pose de harnais sur jeune oiseau (juste avant l'envol) avec précision du point de faiblesse ce qui permet la croissance des jeunes après équipement. Ce point de faiblesse est fait avec du fil de coton (cf. figure). Nous n'avons pas d'informations sur un possible point de faiblesse n'ayant pas cassé.