

## Revue des applications et de l'utilité des drones en conservation de la faune

Patrick Charbonneau et Jérôme Lemaître

Volume 145, numéro 2, automne 2021

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/1080620ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/1080620ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

### Éditeur(s)

La Société Provancher d'histoire naturelle du Canada

### ISSN

0028-0798 (imprimé)

1929-3208 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

### Citer cet article

Charbonneau, P. & Lemaître, J. (2021). Revue des applications et de l'utilité des drones en conservation de la faune. *Le Naturaliste canadien*, 145(2), 3–34. <https://doi.org/10.7202/1080620ar>

### Résumé de l'article

Les drones deviennent de plus en plus accessibles et performants. La présente synthèse passe en revue la littérature scientifique récente traitant de l'utilisation des drones pour étudier la faune. Nous avons classé 250 références selon 4 applications : inventaires fauniques, réponse comportementale de la faune face aux drones, éthologie et protection de la faune. Notre revue indique que les drones offrent un fort potentiel pour inventorier la faune, en particulier les oiseaux et les mammifères, et que des développements sont en cours pour la faune aquatique, l'herpétofaune et l'entomofaune. Nous exposons aussi les principaux effets des drones sur la faune et, à la lumière des informations obtenues, nous émettons des recommandations préliminaires pour limiter le dérangement de celle-ci. Les avantages des drones sont multiples, et le développement rapide de la technologie laisse croire que plusieurs limites actuelles seront écartées prochainement. Enfin, nous exposons quelques éléments de la réglementation canadienne sur l'usage des drones. En conclusion, les drones pourraient jouer un rôle prépondérant à moyen terme en conservation de la biodiversité.

# Revue des applications et de l'utilité des drones en conservation de la faune

*Patrick Charbonneau et Jérôme Lemaître*

## Résumé

Les drones deviennent de plus en plus accessibles et performants. La présente synthèse passe en revue la littérature scientifique récente traitant de l'utilisation des drones pour étudier la faune. Nous avons classé 250 références selon 4 applications : inventaires fauniques, réponse comportementale de la faune face aux drones, éthologie et protection de la faune. Notre revue indique que les drones offrent un fort potentiel pour inventorier la faune, en particulier les oiseaux et les mammifères, et que des développements sont en cours pour la faune aquatique, l'herpétofaune et l'entomofaune. Nous exposons aussi les principaux effets des drones sur la faune et, à la lumière des informations obtenues, nous émettons des recommandations préliminaires pour limiter le dérangement de celle-ci. Les avantages des drones sont multiples, et le développement rapide de la technologie laisse croire que plusieurs limites actuelles seront écartées prochainement. Enfin, nous exposons quelques éléments de la réglementation canadienne sur l'usage des drones. En conclusion, les drones pourraient jouer un rôle prépondérant à moyen terme en conservation de la biodiversité.

**MOTS-CLÉS :** comportement, conservation, détection, drone, inventaire

## Abstract

Drones are becoming more accessible and efficient. This article presents a review of recent scientific literature focusing on their use to study wildlife. The 250 publications consulted were grouped into one of 4 categories: wildlife surveys, the behavioural response of wildlife to drones, the study of wildlife behaviour and wildlife protection. The review highlighted the great potential of drones for helping in the survey of animals, especially birds and mammals, and it also revealed the developments underway to allow their use for studying aquatic fauna, amphibians, reptiles and insects. The main impacts of drones on animals are presented and, based on the available information, preliminary recommendations are made to limit their disturbance to wildlife. Drones have multiple advantages and the rapid development of this technology suggests that several of the current limits to their use will soon be overcome. Finally, elements of the Canadian regulations on the use of drones are presented. In conclusion, in the medium-term, drones have the potential to play a significant role in the protection and management of biodiversity.

**KEYWORDS:** behaviour, conservation, detection, drone, survey

## Introduction

Une saine gestion de la faune se base sur des données de qualité, que ce soit sur l'état des populations fauniques ou sur les habitats (Aubry et collab., 2017; Prosekov et collab., 2020). Traditionnellement, les inventaires de la faune se divisent en deux catégories : ceux effectués du haut des airs et ceux effectués à partir du sol (Silvy, 2012; Wich et Koh, 2018). Les avions et les hélicoptères sont généralement réservés aux espèces gibiers, aux espèces de grande taille, aux espèces grégaires et aux grands territoires. Pour tous les autres cas, l'inventaire s'effectue à partir du sol. L'avènement des systèmes aéronautiques sans pilote, aussi appelés drones, semble une avenue prometteuse pour compléter, voire remplacer, certains inventaires traditionnels. En effet, le coût important des aéronefs pilotés limite leur utilisation (López et Mulero-Pázmány, 2019). En outre, un nombre important d'accidents aériens avec décès ont été rapportés lors des travaux d'inventaire (Sasse, 2003). Ainsi, les drones pourraient se substituer dans certains cas aux aéronefs habités de manière plus sécuritaire (Christie et collab., 2016; Rango et collab., 2006) et moins coûteuse (Weissensteiner et collab., 2015). Dans d'autres cas, les drones permettraient

d'inventorier des secteurs inaccessibles par voie terrestre (Allan et collab., 2018; Otero et collab., 2018), de détecter des espèces cryptiques (Beaver et collab., 2020; Bushaw et collab., 2019), d'être moins invasifs envers la faune et d'offrir une capacité fiable de réplication des études (Jewell, 2013). Ils permettent de recueillir de l'information sur l'abondance et la répartition des espèces, de documenter le comportement, le cycle vital et même l'état de santé des individus (Inoue et collab., 2019; 2020; López et Mulero-Pázmány, 2019).

Alors que cette technologie se développe rapidement, on assiste à une utilisation exponentielle des drones en science (López et Mulero-Pázmány, 2019). En biologie, la plupart des études qui y ont recours sont encore descriptives et peu d'études ont comparé l'efficacité des drones aux méthodes traditionnelles d'inventaire. Or, cette information

*Patrick Charbonneau (M. Sc.) est biologiste et pilote de drone certifié au ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP).*

*patrick.charbonneau@mffp.gouv.qc.ca*

*Jérôme Lemaître (Ph. D.) est biologiste-chercheur en avifaune au MFFP.*

est nécessaire pour déterminer les conditions optimales d'utilisation des drones et choisir quand et comment les utiliser en comparaison des méthodes traditionnelles.

D'autre part, les drones sont couramment utilisés dans d'autres domaines tels que la cartographie, l'agriculture de précision, l'ingénierie, l'archéologie, la cinématographie et les activités récréatives (López et Mulero-Pázmány, 2019). Cette quantité grandissante de drones dans les airs amène de nouvelles menaces pour la faune, qui doivent être documentées et prises en compte (Mulero-Pázmány et collab., 2017; Wallace et collab., 2018).

Dans cette revue de littérature, nous synthétisons les connaissances actuelles sur l'utilisation des drones pour étudier la faune. Nous présentons d'abord les principaux types de drones et les capteurs les plus utilisés pour inventorier la faune. Puis, nous documentons les principales applications des drones pour inventorier la faune aquatique, l'herpétofaune, l'avifaune, les mammifères terrestres et marins, de même que l'entomofaune. Nous identifions les situations pour lesquelles l'inventaire par drone nous apparaît le plus prometteur. Nous proposons également des recommandations préliminaires pour limiter les effets des drones sur la faune, à partir des études de cas. Enfin, nous présentons les avantages et les limites des drones, ainsi que quelques éléments réglementaires.

### Recherche documentaire

Nous avons recherché les études scientifiques publiées de janvier 1998 à mars 2021 dans deux bases de données bibliographiques : *Current Contents* et *Google Scholar*. Dans un premier temps, la recherche visait à répertorier un ensemble d'applications variées du drone en science à l'aide des mots-clés suivants : *unmanned vehicle system* ou *UVS* ou *unmanned aerial vehicle* ou *UAV* ou *drone* ou *unmanned* ou *remote piloted*. Par la suite, une recherche plus fine a permis d'identifier les travaux en lien avec la faune (*fauna* ou *animal* ou *wildlife* ou *insect* ou *invertebrate* ou *fish* ou *amphibian* ou *reptile* ou *turtle* ou *bird* ou *mammal*) et les inventaires (*survey* ou *surveys* ou *surveying*). Nous avons également consulté les références pertinentes trouvées dans la bibliographie des articles consultés ainsi que deux monographies sur l'usage des drones en conservation (Calvo, 2017; Wich et Koh, 2018) et des sites Internet spécialisés (p. ex. : United States Geological Survey [USGS], National

Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA], British Ecological Society [BES]).

Au total, nous avons trouvé plus de 1 000 références. Environ un tiers d'entre elles traitait du développement technologique en sciences physiques et en géomatique, soit la volcanologie, la glaciologie, l'hydrogéomorphologie, la géologie, la télédétection et d'autres sciences physiques. La conservation de la biodiversité et les inventaires fauniques comptaient pour un quart des références consultées, soit 250 références. Parmi ces dernières, la plupart traitaient de l'avifaune (30%), des mammifères terrestres (28%) et marins (22%) (figure 1).

Les inventaires fauniques (regroupant la détection, le dénombrement, le suivi de populations et l'identification des espèces) représentaient 67% de ces références, alors que les études sur la réponse comportementale de la faune face aux drones, l'éthologie et la protection de la faune représentaient respectivement 14%, 6% et 13% des références (figure 2 et tableau 1).

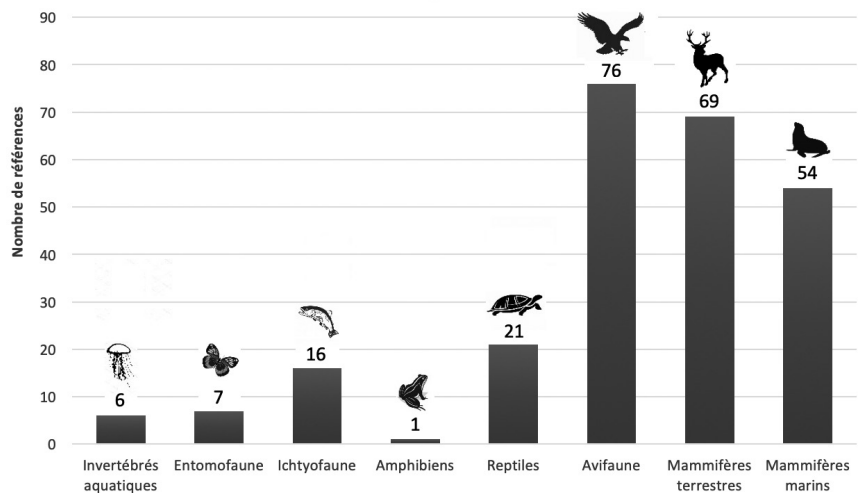


Figure 1. Répartition par taxon des références scientifiques traitant de l'utilisation des drones en lien avec la faune, publiées de janvier 1998 à mars 2021.

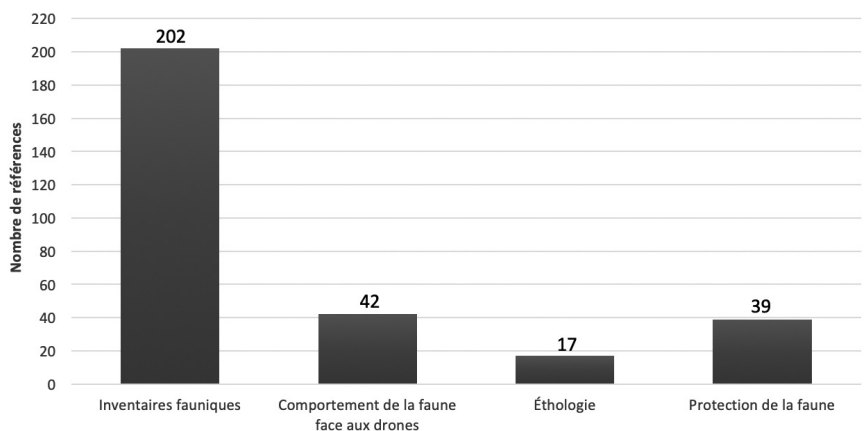


Figure 2. Répartition des références scientifiques publiées de janvier 1998 à mars 2021 selon 4 applications liées à la conservation des espèces fauniques.

**Tableau 1 : Synthèse de l'utilisation des drones pour inventorier et protéger la faune.**

Applications	Exemples d'actions	Taxons	Types de drone et capteurs	Avantages (+)/Limites (-)
<b>Inventaires fauniques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier la présence de différentes espèces, dont les espèces exotiques envahissantes (EEE)</li> <li>• Faire le suivi des EEE</li> <li>• Échantillonner l'ADN environnemental (ADNe)</li> <li>• Détecter la présence de frayères</li> <li>• Détecter la présence de nids de poissons et d'oiseaux</li> <li>• Détecter les poissons captifs dans les cuvettes près des barrages</li> <li>• Inventorier les salmonidés lors de la fraie</li> <li>• Inventorier les poissons en eau peu profonde</li> <li>• Inventorier et évaluer la condition physique des mammifères marins</li> <li>• Inventorier les grenouilles dans des étangs</li> <li>• Détecter les nids de crocodiles et d'alligators</li> <li>• Inventorier les crocodiliens</li> <li>• Identifier les tortues</li> <li>• Identifier les espèces de sauvagine par leur patron de plumage</li> <li>• Inventorier les colonies d'oiseaux</li> <li>• Suivre la productivité des nids de rapaces</li> <li>• Détecter les faons dans les friches et les champs</li> <li>• Inventorier les troupeaux de mammifères terrestres</li> <li>• Dénombrer les nids des primates</li> <li>• Identifier les cétacés (espèces et individus)</li> <li>• Surveiller l'activité du castor</li> <li>• Suivre les populations de papillons dans des microhabitats</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entomofaune</li> <li>• Ichtyofaune</li> <li>• Amphibiens</li> <li>• Reptiles</li> <li>• Avifaune</li> <li>• Mammifères terrestres</li> <li>• Mammifères marins</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Drone à voilure fixe</li> <li>• Drone à voilure rotative</li> <li>• Caméra couleur et capteur thermique</li> <li>• Zoom</li> <li>• Filtre polarisant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Efficace sur de petites zones</li> <li>+ Accessibilité des nids</li> <li>+ Visibilité dans les nids d'oiseaux de proie en falaise</li> <li>+ Visibilité dans l'eau claire</li> <li>+ Qualité de la caméra couleur</li> <li>+ Zoom</li> <li>- Détection à l'aide de caméras thermiques sous couvert végétal dense peu efficace</li> <li>- Autonomie énergétique</li> <li>- Vent, température froide et précipitations</li> </ul>
<b>Réponse comportementale de la faune face aux drones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Étudier le dérangement face au drone</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reptiles</li> <li>• Avifaune</li> <li>• Mammifères terrestres</li> <li>• Mammifères marins</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Drone à voilure rotative</li> <li>• Caméra couleur et capteur thermique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Peu d'effet sur le comportement selon le choix judicieux du drone et des capteurs</li> <li>- Peut faire fuir les oiseaux coloniaux</li> <li>- Approche et altitude de vol à prendre en compte</li> <li>- Potentiel de perturbation des oiseaux en nidification</li> <li>- Autonomie énergétique</li> <li>- Vent, température froide et précipitations</li> </ul>
<b>Éthologie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Étudier le comportement animal</li> <li>• Étudier le comportement territorial des oiseaux de proie</li> <li>• Étudier le comportement des chiroptères en vol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reptiles</li> <li>• Avifaune</li> <li>• Mammifères terrestres</li> <li>• Mammifères marins</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Drone à voilure rotative</li> <li>• Caméra couleur et capteur thermique</li> <li>• Zoom</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Permet d'étudier le comportement sans déranger les individus</li> <li>+ Zoom</li> <li>+ Permet des analyses multiples au bureau</li> <li>+ Offre une perspective aérienne</li> <li>- Autonomie énergétique</li> <li>- Vent, température froide et précipitations</li> </ul>
<b>Protection de la faune</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protéger les espèces en situation précaire</li> <li>• Appuyer les efforts de conservation</li> <li>• Lutter contre le braconnage et la pêche illégale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ichtyofaune</li> <li>• Reptiles</li> <li>• Avifaune</li> <li>• Mammifères terrestres</li> <li>• Mammifères marins</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Drone à voilure rotative</li> <li>• Drone à voilure fixe</li> <li>• Caméra couleur et capteur thermique</li> <li>• Zoom</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Drone peu visible à grande altitude</li> <li>+ Zoom (détection du braconnage)</li> <li>- Grandes superficies à survoler</li> <li>- Autonomie énergétique</li> <li>- Vent, température froide et précipitations</li> </ul>

L'ensemble des références consultées dans le cadre de cette revue de littérature est disponible dans l'annexe 2 complémentaire.

### Catégories de drones et de capteurs pour étudier la faune

Les drones sont des véhicules mobiles sans équipage embarqué qui peuvent être télécommandés ou programmés pour se déplacer de manière autonome. Ils peuvent être classés en deux catégories : les drones à voilure rotative et les drones à voilure fixe (Wich et Koh, 2018). Les drones à voilure rotative sont généralement plus petits que les appareils à voilure fixe (figure 3) et leur portée et leur capacité de transport d'équipement sont plus faibles (tableau 2; Nowak et collab., 2018). En outre, des drones expérimentaux qui peuvent effectuer des missions aériennes sur l'eau et sous l'eau en une seule sortie sont en développement (Johnston, 2019). La durée de vol des drones dépend de plusieurs facteurs environnementaux (température, vitesse du vent), opérationnels (vitesse de déplacement, poids des capteurs et autres dispositifs, expérience du pilote) et de la source d'énergie utilisée (piles électriques, piles à l'hydrogène, essence, solaire ou autres). La plupart des drones sont

maintenant dotés de systèmes de géolocalisation par satellites (GNSS [Global Navigation Satellite System]) et de capteurs anticollisions.

Un drone est un véhicule qui transporte un ou des capteurs. Ce sont ces derniers qui prendront la donnée tant recherchée et leur choix est donc très important pour atteindre les objectifs d'une étude (Hodgson et Koh, 2016). Plusieurs types de capteurs et de dispositifs d'échantillonnage peuvent être fixés à un drone (Balestrieri et collab., 2021). On distingue deux catégories de capteurs pour les inventaires fauniques : les capteurs visibles rouge-vert-bleu (RVB) et les capteurs thermiques.

Les capteurs visibles RVB, tels que la caméra couleur, prennent des photographies et des vidéos. Ils sont, par exemple, utilisés en photographie aérienne, en caractérisation des habitats, en photogrammétrie, en modélisation 3D et en inventaires fauniques (López et Mulero-Pázmány, 2019). Leur résolution spatiale est de moins de 1 à 5 cm/pixel. Certains capteurs RVB prennent toute l'information dans une seule image (mode panchromatique) alors que d'autres séparent l'information par bandes de couleur (multispectral pour les 3 bandes RVB et hyperspectral pour plusieurs bandes dans le domaine du visible) (Johnston, 2019).

**Tableau 2 : Classification des drones selon leurs applications et leurs performances.**

Drones	Applications	Poids maximum au décollage (kg)	Distance de vol (km)	Altitude (km)	Durée de vol (h)	Exemples de drone (fabricant : modèle[s])
Hélicoptères	Récréatif/ commercial	<0,5 à 5	<1	<0,25	<1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aeroscout: Scout B1-100</li> <li>Yamaha: RMax</li> </ul>
Quadricoptères	Récréatif/ commercial/ recherche/sécurité/ militaire	<0,5 à 5	<1	<0,25	0,17 à 0,92*	<ul style="list-style-type: none"> <li>DJI: Séries Mini, Mavic, Phantom, Inspire et Matrice</li> <li>AerAccess: Hawker Q800X</li> </ul>
Hexacoptères	Récréatif/ commercial/ recherche/sécurité/ militaire	<0,5 à 25	<1	<0,25	<1	<ul style="list-style-type: none"> <li>iFlight: B850</li> <li>DJI: F550, M600</li> <li>Yuneek: Typhoon H Pro</li> </ul>
Octocoptères	Commercial/ recherche	>25	>8	<0,25	<1	<ul style="list-style-type: none"> <li>DJI: S1000 Premium</li> <li>Tarot: T1000 X8</li> </ul>
Planeurs	Commercial/ recherche	>25	>8	<1	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parrot: Disco</li> <li>ADT: H9+</li> </ul>
Ailes Delta	Commercial/ recherche	>25	>10	<1	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>SenseFly: eBee</li> </ul>
« Canard »	Recherche et développement/ militaire	>50	>20	<4	>10	<ul style="list-style-type: none"> <li>GIDS: Shahpar</li> <li>JAD: Telos Slope</li> </ul>
Drones à ailes fixes de grande envergure	Commercial/ recherche/militaire	>100	>500	>20	>48	<ul style="list-style-type: none"> <li>General Atomics: Predator C Avenger</li> <li>Facebook: Aquila</li> </ul>
Drones hybrides	Récréatif/recherche et développement	-	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>SwellPro: Splashdrone 3+, Spry</li> <li>NASA: Substance</li> <li>Carbonix: Volanti</li> </ul>

Sources : Anderson et Gaston (2013), López et Mulero-Pázmány (2019), Nowak et collab. (2018).

\* Patrick Charbonneau (observations personnelles) et spécifications des fabricants (10 à 55 min).

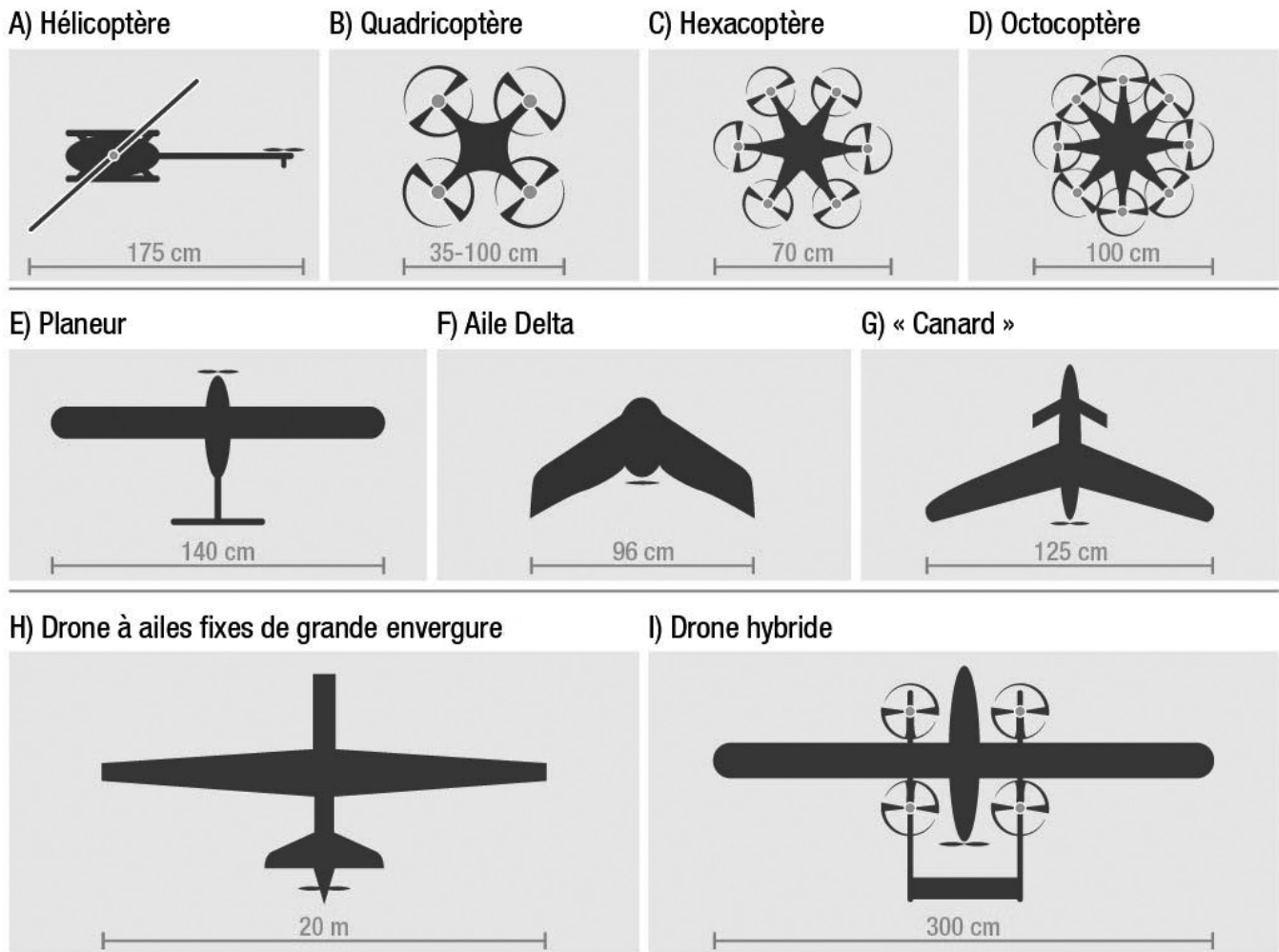


Figure 3. Schématisation de la vue en plan des différentes formes de drones et de leur taille. A à D : drones à voilure rotative de type hélicoptère ou multicoptère (multirotors). E à H : drones à voilure fixe de type avion. I : Drone hybride, permettant des déplacements à la verticale et à l'horizontale. Adaptée de Johnston (2019).

Les capteurs thermiques, quant à eux, peuvent détecter la chaleur à distance, même dans des conditions de faible visibilité, et sont généralement utilisés pour l'inspection et la surveillance industrielles, mais également en pédologie (Faye et collab., 2016), en foresterie et en volcanologie (López et Mulero-Pázmány, 2019), et en écologie animale (Rees et collab., 2018; Seymour et collab., 2017). Les drones équipés de caméras thermiques sont extrêmement utiles pour détecter les espèces nocturnes et cryptiques telles que les strigidés et les félidés (Christie et collab., 2016). Leur résolution spatiale est de 10 à 50 cm/pixel.

### Inventorier la faune à l'aide de drones *Invertébrés aquatiques et ichtyofaune*

Les drones commencent à être utilisés en gestion des pêcheries (Kelaher et collab., 2019; Provost et collab., 2020). Nous avons trouvé 22 études qui ont inventorié les invertébrés

aquatiques et l'ichtyofaune à l'aide de drones (figure 1), principalement les salmonidés et les requins.

Au Japon, un drone hélicoptère s'est avéré une solution de remplacement économique à la méthode traditionnelle de pêche scientifique à la seine pour inventorier les saumons du Pacifique (*Oncorhynchus keta*) (Kudo et collab., 2012). Au total, 8 inventaires aériens ont été réalisés à une altitude de 7 m, suivis immédiatement par les pêches à la seine. Les résultats des dénombrements à l'aide du drone hélicoptère étaient fortement corrélés à ceux effectués à la seine ( $r^2 = 0,933$ ). Selon ces chercheurs, le coût pour inventorier une rivière avec un drone était la moitié de celui réalisé par un inventaire traditionnel avec un avion, et près de 7 fois moindre qu'avec un hélicoptère. En Mongolie, des vidéos aériennes prises avec un drone et à l'aide de lentilles polarisées ont permis de détecter des taimens (*Hucho taimen*), le plus grand salmonidé du monde, à des profondeurs variant de 2 à 3 m (Tyler et collab., 2018).

Dans l'état de Washington, le drone à voilure rotative était plus performant qu'un inventaire par hélicoptère pour dénombrer les nids de saumon chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*) dans la rivière Snake, puisque les observateurs dans l'hélicoptère n'ont trouvé que 77 % des nids détectés par le drone (Groves et collab., 2016). Cependant, l'inventaire par drone était plus coûteux que celui par hélicoptère puisque l'équipage au sol devait se déplacer d'un tronçon de rivière à l'autre afin de respecter la réglementation en vigueur pour l'utilisation d'un drone et l'autonomie des piles électriques.

En Colombie-Britannique, le drone a permis d'effectuer une orthomosaïque d'images haute définition qui a permis d'identifier chacun des saumons sockeye (*Oncorhynchus nerka*) se reproduisant dans les frayères de la rivière Adams (Whitehead et collab., 2014). Au Québec, un drone à voilure rotative a été utilisé pour dénombrer les poissons captifs dans des cuvettes en aval du déversoir du barrage de Drummondville (Émilie Paquin, biologiste, MFFP, communication personnelle, novembre 2019).

En milieu marin, les requins et les raies ont été détectés et dénombrés avec succès dans des eaux littorales peu profondes et claires à l'aide de petits drones (Hensel et collab., 2018; Kiszka et collab., 2016). Schaub et collab. (2018) ont été en mesure d'évaluer la biomasse et l'étendue d'agrégats de méduses (*Aurelia* spp.) à l'aide de photographies aériennes géoréférencées prises avec un drone.

Les drones peuvent finalement être utilisés pour la cartographie et la modélisation tridimensionnelle des récifs coralliens (Chirayath et Earle, 2016), ainsi que pour évaluer la santé des coraux et les épisodes de blanchiment (Levy et collab., 2018).

### Herpétofaune

Les quelques études que nous avons trouvées sur l'inventaire des tortues à l'aide de drones sont encourageantes, quoique l'identification à l'espèce demeure à améliorer. Ainsi, dans des étangs en Bulgarie, un quadricoptère muni d'une caméra couleur haute définition et d'une lentille de 35 mm a permis de détecter et d'identifier à l'espèce la tortue à oreilles rouges (*Trachemys scripta elegans*) et la cistude d'Europe (*Emys orbicularis*), à une altitude de vol de 10 m (Biserkov et Lukanov, 2017). Les spécimens identifiés se trouvaient sur les rives des étangs ou dans l'eau jusqu'à une profondeur de 20 cm environ. Aux États-Unis, ce même type de drone, muni d'une caméra grand-angle, a permis de détecter des tortues d'eau douce, mais l'identification à l'espèce n'était pas possible à 30 m d'altitude (Daniels, 2018). Au Québec, un drone à voilure rotative muni d'une caméra couleur a permis d'identifier à l'espèce près de 200 tortues d'eau douce à proximité d'ouvrages d'Hydro-Québec situés sur le fleuve Saint-Laurent entre les lacs Saint-François et Saint-Louis, tout en réduisant les coûts d'inventaire et les risques pour la sécurité des travailleurs (Jean-Philippe Gilbert, biologiste, communication personnelle, 30 octobre 2020).

Les inventaires traditionnels de grands reptiles (crocodile, alligator, gavial) visent à dénombrer les individus par classe d'âge, ainsi qu'à suivre les nids. Or, cette tâche est difficile, car ces reptiles sont cryptiques et difficilement observables dans leur habitat (Evans et collab., 2015). Pour ces espèces, les drones semblent une avenue intéressante. Dans le cas des crocodiles du Nil (*Crocodylus niloticus*) du lac Nyamithi en Afrique du Sud, le drone a augmenté le nombre d'individus détectés de 26 % en comparaison des inventaires au sol (Ezat et collab., 2018). De plus, les drones ont permis de déterminer des classes de tailles supérieures à celles connues par les inventaires au sol (Ezat et collab., 2018). En Louisiane, un inventaire par drone de 25 minutes a couvert une superficie de 28 hectares et a permis d'identifier 12 nids d'alligator (*Alligator mississippiensis*), dont 6 nids en temps réel, ce qui se compare à l'inventaire traditionnel par hélicoptère (Else et Trosclair III, 2016). Au Népal, les densités de gavials (*Gavialis gangeticus*) et de crocodiles des marais (*Crocodylus palustris*) ont été estimées sur 46 km de berges en 3 heures avec un drone de type planeur (Thapa et collab., 2018).

Pour ce qui est des amphibiens, nous n'avons trouvé qu'une seule étude explicite sur l'inventaire des anoures à l'aide d'un drone. Il s'agit de la première mention d'inventaire d'amphibiens avec cette technologie (Dufresnes et collab., 2020). Ainsi, dans un étang de la vallée de Joux en Suisse, un total de 30 adultes de petite grenouille verte d'Europe (*Pelophylax lessonae*) ont été dénombrés lors d'un vol effectué au pic de la saison de reproduction. Le survol de l'étang a été fait à une altitude de 6 m au-dessus de l'eau à l'aide d'un drone récréatif muni d'une caméra intégrée haute définition. Le décompte a été fait ultérieurement sur un ordinateur à l'aide des photographies. Lors d'inventaires nocturnes des chorales d'anoures, la population de l'étang a été estimée à 20 à 30 adultes (Dufresnes et collab., 2020). Par ailleurs, Biserkov et Lukanov (2017) entendaient le chant de grenouilles lors de leur inventaire de tortues effectué à une altitude de 10 m, mais ils n'ont pas été en mesure d'identifier ni de détecter les grenouilles à partir des photos et des vidéos prises.

### Avifaune

Les oiseaux comptent parmi les taxons qui ont été les plus étudiés avec des drones (76 références; figure 1; voir également Nowak et collab., 2018; Hyun et collab., 2020). Deux groupes d'oiseaux se prêtent particulièrement aux inventaires à l'aide de drone : les oiseaux coloniaux et les rapaces. Traditionnellement, ces groupes sont inventoriés soit à partir des airs (avions et hélicoptères) ou à partir du sol, pour détecter les nids, mesurer la productivité et estimer la taille des populations (Bird et Bildstein, 2007). Alors que nous avons trouvé des études comparatives sur l'efficacité des drones et les inventaires au sol, nous n'en avons pas trouvé sur la comparaison avec les inventaires aériens pilotés, probablement parce que ces études sont plus coûteuses. Nowak et collab.

(2018) mentionnent que d'un point de vue économique, les drones sont avantageux comparativement aux opérations aériennes habitées.

### **Oiseaux coloniaux**

L'observation au sol amène plusieurs sources d'erreurs, dont la mobilité des individus et la topographie, qui masquent certains secteurs de la colonie à l'observateur. En conséquence, les données dérivées des images de colonies d'oiseaux captées par des drones sont beaucoup plus précises que les méthodes traditionnelles d'inventaire au sol pour ces espèces et elles ont une variance significativement plus faible que les décomptes au sol (Goebel et collab., 2015; Hodgson et collab., 2016; Oosthuizen et collab., 2020).

Chez les frégates ariels (*Fregata ariel*), les sternes huppées (*Thalasseus bergii*) et les gorfous de Schlegel (*Eudypetes schlegeli*), le drone améliorerait la précision des inventaires de 43 à 96 % (Hodgson et collab., 2018). Le drone avait une précision de 4 à 7 % inférieure aux estimations de population au sol pour la population d'une colonie de sternes pierregarins (*Sterna hirundo*), au parc national Kouchibouguac, au Nouveau-Brunswick, Canada (Chabot et collab., 2015). Toutefois, les auteurs rapportent que le drone occasionnait un plus faible dérangement dans la colonie que l'inventaire au sol qui consiste à faire un décompte systématique de la colonie, sous forme d'une battue, par plusieurs observateurs marchant côte à côte. Le long des falaises arctiques, le drone était aussi efficace que l'inventaire au sol pour compter le nombre de nids de goéland bourgmestre (*Larus hyperboreus*), de goéland arctique (*Larus glaucooides*), de guillemot marmette (*Uria aalge*) et de guillemot de Brünnich (*Uria lomvia*). L'avantage du drone était qu'il a permis de détecter 52 % plus de juvéniles qui étaient camouflés et invisibles pour les observateurs au sol (Brisson-Curadeau et collab., 2017). Les drones ont été utilisés avec succès pour inventorier une grande variété d'oiseaux (annexe 1).

La technologie est performante pour l'identification des oiseaux de mer et la sauvagine, et leur dénombrement (Drever et collab., 2015; Francis et collab., 2020). Toutefois, selon McEvoy et collab. (2016), la limite de résolution au sol des images aériennes doit être de 1 cm/pixel pour discerner les caractéristiques du plumage essentielles à l'identification fiable de ces oiseaux. Selon McKellar et collab. (2020), l'imagerie thermique compléterait avantageusement la détection des oiseaux coloniaux avec les images couleurs, qui sont souvent difficiles à voir dans leur environnement. Toutefois, la faible résolution de ces images au sol ne permet pas d'identifier les espèces, contrairement aux images couleur.

### **Rapaces**

Les nids de rapaces sont particulièrement difficiles à détecter puisqu'ils sont isolés et souvent cachés par la végétation ou les saillies d'une falaise. Habituellement, comme au Québec pour les nids d'aigles royaux (*Aquila chrysaetos*) et de faucons pèlerins (*Falco peregrinus*), les inventaires des

nids sont faits par un observateur au sol muni d'un télescope (MFFP, 2021a; 2021b).

En Afrique du Sud, les drones ont permis d'augmenter le nombre de nids de vautours du Cap (*Gyps coprotheres*) détectés de 36 à 77 en comparaison aux inventaires au sol, et le dénombrement des individus est passé de 120 à 200 (Jewitt, 2018).

Junda et collab. (2015; 2016) ont utilisé des drones récréatifs à voilure rotative pour saisir différentes données sur les nids de balbuzard pêcheur (*Pandion haliaetus*), de pygargue à tête blanche (*Haliaeetus leucocephalus*), de buse à queue rousse (*Buteo jamaicensis*) et de buse rouilleuse (*Buteo regalis*). La qualité des images obtenues par les drones a permis aux chercheurs d'estimer l'âge des oisillons et d'évaluer la façon dont les mâles et les femelles réagissent au drone. En Colombie-Britannique, Chabot (2009) a utilisé un drone à voilure fixe pour observer du haut des airs un nid de pygargue à tête blanche sur un pylône électrique.

### **Mammifères terrestres**

Les mammifères terrestres ont été étudiés efficacement avec des drones (69 références), principalement dans le contexte de la conservation des espèces et des écosystèmes (Christie et collab., 2016). Les grands mammifères qui forment des troupeaux en milieux ouverts se prêtent particulièrement bien aux inventaires avec des drones (Nowak et collab., 2018). En général, ces grands troupeaux sont inventoriés avec des photographies aériennes ou par décomptes directs effectués par des observateurs dans un petit avion (Wilson et collab., 1996). Les mammifères nocturnes qui fréquentent les couverts forestiers denses sont plus difficiles à étudier avec les drones, ce qui nécessite des capteurs plus sophistiqués tels que des zooms performants et des capteurs thermiques (Bushaw et collab., 2019).

Au Burkina Faso, Vermeulen et collab. (2013) ont détecté des éléphants de savane (*Loxodonta africana*) en utilisant un drone à voilure fixe volant à 100 m d'altitude. Cependant, les animaux plus petits comme le cobe de Buffon (*Kobus kob*), les antilopes, et le babouin (*Papio* sp.) n'étaient pas visibles à cette hauteur. Selon Hu et collab. (2020), le dénombrement des antilopes du Tibet (*Pantholops hodgsonii*) à l'aide de drones supplante significativement l'efficacité des inventaires au sol, ces derniers sous-estimant grandement la taille de la population.

La détection des nids de grands primates est possible à l'aide de drones (Semel et collab., 2020), toutefois cette technologie est moins efficace que les relevés à partir du sol (van Andel et collab., 2015; Wich et collab., 2016). En effet, dans des canopées forestières denses, les nids sont souvent non visibles à partir des airs puisque les primates, comme les chimpanzés (*Pan troglodytes*), construisent leurs nids sous le couvert des feuilles (van Andel et collab., 2015). Par contre, les drones sont un peu plus performants chez les orangs-outans (*Pongo pygmaeus*) puisque ces derniers construisent leurs nids plus hauts que ceux des chimpanzés, mais les relevés au sol



demeurent plus performants (Wich et collab., 2016). Semel et collab. (2020) recommandent l'usage de capteurs thermiques pour l'inventaire des primates.

Pour évaluer la faisabilité de dénombrer des ongulés en forêt, Witczuk et collab. (2017) ont utilisé des planeurs équipés de capteurs thermiques pour réaliser des inventaires dans le parc national de Drawienski, en Pologne. Ils ont démontré que les signatures thermiques des ongulés sont visibles à la fois dans les forêts dont les arbres ont perdu leurs feuilles et dans les pinèdes. Les images thermiques de meilleure qualité ont été obtenues au lever du soleil, tard en soirée et pendant la nuit, le milieu environnant étant plus froid que les animaux. Durant la journée, les résultats étaient moins probants. Les chercheurs mentionnent qu'avec une résolution au sol d'environ 10 cm, il est possible de distinguer les grandes espèces (c'est-à-dire les chevreuils et les cerfs). Cependant, il est difficile d'identifier avec certitude les espèces d'ongulés en raison de la résolution relativement basse de ces images (Witczuk et collab., 2017).

Israel (2011) a utilisé un capteur thermique pour détecter la présence et localiser des faons dans des champs. L'objectif principal de l'étude était de mettre au point un système permettant de réduire la mortalité des faons causée par le fauchage mécanique des champs. L'auteur mentionne que la fourrure des faons est peu isolante, ces derniers peuvent être détectés par un drone muni d'un capteur thermique tant que la végétation est perméable à la radiation thermique. Ainsi, en végétation dense, les faons sont difficilement détectables. Selon l'auteur, il est préférable d'inventorier les champs la nuit pour augmenter le contraste thermique entre les faons et la végétation.

Bushaw et collab. (2019) ont utilisé un quadricoptère équipé d'un capteur thermique pour mener des inventaires nocturnes de mésocarnivores dans des champs du sud du Manitoba. Il a été possible de détecter des coyotes (*Canis latrans*), des renards roux (*Vulpes vulpes*), des mouffettes rayées (*Mephitis mephitis*), des blaireaux d'Amérique (*Taxidea taxus*), des visons d'Amérique (*Neovison vison*), des rats laveurs (*Procyon lotor*), des belettes (*Mustela* spp.) et des chats domestiques (*Felis silvestris catus*). Étant donné les vastes domaines vitaux des mésocarnivores par rapport à l'échelle spatiale des relevés avec le drone, les auteurs précisent que les résultats de ce type d'inventaire par dénombrement lors de vols de drone doivent être considérés comme des estimations de l'abondance minimale des individus et non comme un recensement de population.

Mentionnons également une étude exploratoire sur le molosse du Brésil (*Tadarida brasiliensis*), une chauve-souris (Fu et collab., 2018). L'étude a été réalisée avec un quadricoptère muni d'un détecteur d'ultrasons et d'une caméra thermique. Ce drone a été déployé à l'aube à l'ouverture d'une grotte au Nouveau-Mexique, alors que les chauves-souris revenaient à la grotte en essaim. Les chercheurs ont manœuvré le drone pour qu'il puisse planer au milieu de l'essaim pendant 84 minutes à des altitudes allant de 5 à 50 m pour étudier l'écholocation et l'évitement des collisions entre les congénères, de même

qu'avec le drone. De ce fait, aucune collision avec le drone n'est survenue pendant l'expérimentation. Les molosses ont été observés à faire des virages à 90° pour éviter le drone. Les chercheurs ont été en mesure d'enregistrer 3 487 cliquetis d'écholocation liés à des images thermiques de molosse du Brésil. Précisons que le drone a été modifié pour isoler le bruit des moteurs et ainsi diminuer les interférences avec le détecteur d'ultrasons.

En plus des espèces mentionnées précédemment, des études ont été menées sur plusieurs autres espèces de mammifères terrestres (annexe 1).

### **Mammifères marins**

Les espèces marines sont difficiles à étudier et les aéronefs pilotés ont joué un rôle clé dans les recherches sur leur répartition, leurs mouvements et leur abondance. Les progrès de la technologie des drones ont permis de mener à bien des études sur les mammifères marins dans les zones d'alimentation, les échoueries et les sites de mise bas (Koski et collab., 2009). Plusieurs espèces ont été étudiées avec succès en utilisant des drones à voilures fixes et à voilures rotatives équipés de caméras numériques haute résolution (annexe 1).

En plus du dénombrement des mammifères marins, la prise d'images par drone permet d'obtenir des informations sur l'état physique, l'âge et le sexe des individus grâce à la photogrammétrie. Cette technique permet de déterminer la forme, les dimensions et la position d'un objet à partir de l'analyse des perspectives photographiques. Ainsi, les scientifiques de la NOAA (2014) ont utilisé la photogrammétrie à partir d'images prises par drone pour étudier des épaulards (*Orcinus orca*), mesurer leur taille et identifier les femelles gestantes. Des études similaires ont été conduites sur des baleines (Christiansen et collab., 2018; Durban et collab., 2015; 2016) et sur des pinnipèdes, notamment le léopard de mer (*Hydrurga leptonyx*; Krause et collab., 2017).

Enfin, des dispositifs expérimentaux ont été fixés à des drones pour prélever des tissus biologiques provenant de l'évent des baleines lors de l'exhalation (Domínguez-Sánchez et collab., 2018). Cette application permet d'obtenir des informations sur les individus comme l'identité de leur population par des analyses d'ADN, leur condition hormonale, ainsi que leur microbiome et leur virome respiratoires (Apprill et collab., 2017).

### **Entomofaune**

Nous avons trouvé seulement 7 études sur l'inventaire de l'entomofaune par drone. En Corée du Sud, un drone à voilure rotative a filmé de courtes vidéos permettant de détecter, de dénombrer et de suivre la population d'un papillon, l'échancré (*Libythea celtis*) (Ivošević et collab., 2017). Des développements sont en cours avec des méthodes innovantes pour l'inventaire de l'entomofaune (Löcken et collab., 2020). Par exemple, un drone à voilure rotative a été équipé de deux filets à insectes pour les échantillonner en série selon un gradient d'altitude (5, 10, 50 et 100 m) au-dessus

de rizières en Corée du Sud (Kim et collab., 2018). Au total, 21 vols ont été effectués et 251 insectes ont été capturés dans les filets. Les chercheurs concluent que l'échantillonnage aérien avec des drones constitue une solution de remplacement prometteuse aux méthodes d'échantillonnage traditionnelles dans ce type d'habitat, qui consiste en l'installation de filets à insectes stationnaires à une hauteur de 10 m. D'hont et collab. (2021) ont, quant à eux, caractérisé la structure physique tridimensionnelle d'une termitière avec un capteur laser monté sur un quadricoptère.

### **Synthèse pour les inventaires fauniques**

En conclusion, il y a une variabilité quant à l'efficacité des drones selon les taxons, d'où l'importance pour les chercheurs de bien tester et de comparer les méthodes selon les espèces étudiées et les objectifs. Cependant, les drones offrent un très fort potentiel pour inventorier la faune, en particulier les plus grands taxons, de manière plus précise, plus rapide et plus sécuritaire que les méthodes traditionnelles. À l'heure actuelle, les oiseaux et les mammifères semblent se prêter davantage aux inventaires par drones que les autres taxons, mais l'évolution rapide de la technologie pourrait changer la donne.

### **Éthologie**

Même si les drones peuvent fournir de l'information sur le comportement animal, nous n'avons trouvé que 17 études sur le sujet (figure 2), et la plupart traitaient des animaux marins. Par exemple, Rieucou et collab. (2018) ont analysé le comportement des requins à pointes noires (*Carcharhinus melanopterus*) dans les hauts-fonds de récifs tropicaux. Les chercheurs ont étudié l'alignement des individus au sein de différents bancs de requins afin de déterminer les différences de cohésion selon le type d'habitat (eaux peu profondes et eaux profondes), la cohésion du groupe étant plus marquée en eaux peu profondes (Rieucou et collab., 2018). Gallagher et collab. (2018) ont étudié les comportements d'alimentation des crocodiles marins (*Crocodylus porosus*) et des requins-tigres (*Galeocerdo cuvier*) au large de l'Australie alors que Goldbogen et collab. (2017) ont utilisé un drone pour étudier le comportement d'alimentation de la baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*). L'étude du comportement d'accouplement des tortues de mer est un autre exemple d'utilisation des drones en éthologie (Bevan et collab., 2016; Schofield et collab., 2017).

Chez les animaux terrestres, Inoue et collab. (2019; 2020) ont utilisé des drones pour étudier les relations spatiales et sociales d'un troupeau de chevaux sauvages (*Equus* spp.).

### **Synthèse pour l'éthologie**

Le potentiel des drones en éthologie est en développement. Les principales études portant sur le sujet ont été menées sur des espèces marines. Par contre, en milieu terrestre, les drones permettraient d'étudier la dynamique de déplacement des grands troupeaux et le comportement des espèces grégaires (Sun et collab., 2020).

### **Réponse comportementale de la faune face aux drones**

Alors que les drones offrent un potentiel intéressant pour inventorier la faune, leur utilisation pourrait perturber les animaux et contrevenir aux politiques environnementales en vigueur (Wallace et collab., 2018). Ces effets sont variables selon l'espèce étudiée, le type de drone, le pilotage et différents autres facteurs d'ordres biologiques ou environnementaux (Rebolo-Ifrán et collab., 2019).

La réponse comportementale d'un animal à une menace perçue peut être classifiée en 3 catégories: la vigilance, la fuite ou l'agressivité (Eilam, 2005; Eilam et collab., 2011). Ces réponses peuvent engendrer des conséquences pour les espèces étudiées. Par exemple, un drone pourrait faire fuir un oiseau de son nid, laissant les jeunes à la merci des prédateurs (Brisson-Curadeau et collab., 2017). Cette section recense les effets documentés des drones sur la faune aquatique, les reptiles, l'avifaune et les mammifères alors que nous n'avons pas trouvé de littérature explicite aux effets des drones sur les amphibiens et l'entomofaune. De manière générale, les survols de drone à une hauteur de 60 à 100 m de la faune ne semblent pas générer de réponse comportementale forte des animaux (revues dans Christie et collab., 2016 et dans Wich et Koh, 2018). On dénote un gradient de dérangement à la présence d'un drone selon les taxons (Christie et collab., 2016; Daniels, 2018): les oiseaux sont les plus susceptibles d'être perturbés, les reptiles et mammifères terrestres ont des réponses comportementales peu manifestes, alors que les mammifères marins, et vraisemblablement les poissons, seraient les moins dérangés.

#### **Faune aquatique**

La seule étude qui mentionne le comportement des poissons face au drone indique que les saumons n'avaient aucune réaction lorsque le drone survolait la rivière à une altitude de 7 m (Kudo et collab., 2012). Cependant, ils esquivait l'ombre du drone.

#### **Reptiles**

Seulement 6 études ont documenté le comportement des reptiles en réaction aux survols de drones (annexe 1). Les crocodiles marins fuyaient ou se montraient agressifs lorsque le drone était à moins de 50 m d'altitude (Bevan et collab., 2018). Les tortues à oreilles rouges et les cistudes d'Europe plongeaient sous la surface lorsque le drone était à 10 m d'altitude (Biserkov et Lukanov, 2017).

Chez les tortues de mer, Bevan et collab. (2015) ont été en mesure de localiser et de suivre les adultes et l'éclosion des jeunes à l'aide d'un drone qui opérait à une hauteur de 30 à 50 m. Les chercheurs n'ont enregistré aucune réponse comportementale des tortues en présence de l'aéronef télépiloté. Bevan et collab. (2018) ont étudié le comportement de 3 espèces de tortues marines face à la présence d'un drone. Les tortues vertes (*Chelonia mydas*) et les tortues imbriquées (*Eretmochelys imbricata*) ne manifestaient aucun comportement notable (p. ex. plongée rapide) en réponse à des

survol à des altitudes de 10, 20 et 30 m. Les drones en approche et en vol stationnaire, à 10 m d'altitude, ne dissuadent pas les femelles de tortue à dos plat (*Natator depressus*) de ramper sur la plage pour creuser leur nid et pondre.

Dans une étude d'Hydro-Québec (non publiée), les tortues peintes (*Chrysemys picta*) et les tortues serpentes (*Chelydra serpentina*) ne fuyaient pas lorsque le drone était à environ 30 m de distance. La tortue géographique (*Graptemys geographica*) semblait réagir davantage, mais le faible nombre d'individus observés limite la portée de cette interprétation (Jean-Philippe Gilbert, biologiste, communication personnelle, 30 octobre 2020). Dans une autre étude non publiée réalisée dans le Centre-du-Québec, lorsqu'un individu ou un groupe de tortues était repéré, le drone pouvait descendre à 6 m d'altitude sans observer de réponse comportementale des tortues peintes et serpentes (Émile Gariépy, biologiste, Bureau Environnement et Terre d'Odanak, communication personnelle, 26 octobre 2020). Il a été démontré qu'une altitude de vol de 10 à 30 m permettrait une visibilité adéquate des tortues avec un drone quadricoptère muni d'une caméra grand-angle tout en limitant le dérangement (Escobar et collab., 2021).

### Avifaune

La majorité des études sur la réponse animale face aux drones a été menée sur les oiseaux. Étant donné la diversité des méthodes employées et des espèces étudiées (annexe 1), il est difficile de dégager des conclusions claires quant aux effets des drones sur les oiseaux. Par exemple, McEvoy et collab. (2016) et Lyons et collab. (2018) suggèrent que les drones dérangent généralement peu la sauvagine, et Chabot et collab. (2015) indiquent même que les oiseaux de rivage s'acclimateraient progressivement au survol de drones. La même observation a été faite chez l'hirondelle bicolor (*Tachycineta bicolor*; Scholten et collab., 2020). D'un autre côté, Drever et collab. (2015), Bevan et collab. (2018) et Barr et collab. (2020) soulignent que les oiseaux de rivage, de mer et la sauvagine fuyaient lorsque le drone volait à moins de 60 m des individus.

### Vigilance

De manière générale, la vigilance semble davantage une réponse des oiseaux grégaires et lorsque le drone se situe relativement loin des oiseaux. Des caméras de surveillance ont montré que la petite oie des neiges (*Chen caerulescens caerulescens*) augmentait le temps passé en vigilance et diminuait son temps de repos lorsque le drone volait à 75 m d'altitude, en comparaison aux journées sans vol (Barnas et collab., 2018b). Les survols de drones engendraient également la vigilance chez les guillemots (Brisson-Curadeau et collab., 2017).

### Fuite

Lorsque le drone approche trop près des individus, ceux-ci prennent la fuite en général. Alors que les tétras à queue fine (*Tympanuchus phasianellus*) s'envolaient 35 % du temps lorsque le drone volait à 121 m d'altitude, les individus prenaient la fuite 83 % du temps lorsque le drone était à moins de 30 m d'altitude (Rischette et collab., 2020). L'ibis d'Australie fuyait

lorsque le drone était à une altitude de 15 à 20 m par rapport au nid et il y retournait dans les 30 secondes suivant le départ du drone (Lyons et collab., 2018). Toutefois, les ibis ne revenaient pas avant 5 minutes lorsque le drone restait en vol stationnaire à 10 m des nids, engendrant des répercussions sur les poussins et les œufs, laissés sans surveillance. Dans leur étude sur les guillemots, Brisson-Curadeau et collab. (2017) ont montré que 8,5 % des individus fuyaient le drone et que la décision de fuir était influencée par le statut reproducteur des individus puisque 99 % des fuyards n'étaient pas reproducteurs. Les goélands (*Larus* sp.) étaient également susceptibles de s'envoler à l'approche du drone (Barr et collab., 2020; Drever et collab., 2015).

### Agressivité

Les quelques études mentionnant des comportements d'agressivité témoignent, selon nous, d'une trop grande proximité du drone avec les oiseaux. Ainsi, un drone à voile fixe passant à 10 m d'un faucon bérigora (*Falco berigora*) perché dans un arbre en Australie, a engendré une attaque avec contact provoquant l'écrasement du drone alors que le faucon s'en serait sorti indemne (Lyons et collab., 2018). La corneille mantelée (*Corvus cornix*) émettait des cris d'alarme lorsque le drone volait à 5 m du nid (Weissensteiner et collab., 2015) et les cassicans flûteurs (*Gymnorhina tibicen*), une espèce de pie d'Océanie, pouvaient pourchasser un drone lors de la saison de reproduction (Lyons et collab., 2018). Les hirondelles bicolores plongeaient en piqué vers le drone lorsque ce dernier volait à une distance de 1,5 à 10 m du nid (Scholten et collab., 2020).

### Angle d'approche

Vas et collab. (2015) ont mené une étude comparative visant à déterminer les effets du drone sur plusieurs espèces d'oiseaux. Ils ont montré que la vitesse d'approche, la couleur du drone et les vols répétés n'avaient aucune influence significative sur le comportement du canard colvert (*Anas platyrhynchos*), du flamant rose (*Phoenicopterus roseus*) et du chevalier aboyeur (*Tringa nebularia*). En revanche, l'angle d'approche influençait la réponse des oiseaux. Alors qu'aucun effet n'était observé à des angles de 20°, 30° et 60°, une réponse était remarquée à un angle de 90°, c'est-à-dire lorsque le drone était directement au-dessus des oiseaux et qu'il approchait les oiseaux à la verticale. Les auteurs suggèrent que cet angle serait associé à la prédation.

### Comparaison des drones et des méthodes traditionnelles

Peu d'études ont comparé les effets des drones à ceux des méthodes traditionnelles d'inventaire. Les ibis étaient plus tolérants au drone qu'à l'humain puisqu'ils fuyaient le drone lorsqu'il était à 15 et 20 m des nids alors qu'ils fuyaient l'humain lorsqu'il était à 30 et 40 m des nids (Lyons et collab., 2018). Également, seulement 1 pygargue de Steller (*Haliaeetus pelagicus*) sur 26 a fui lorsqu'un drone a survolé son nid, ce qui s'avère moins invasif que la méthode traditionnelle visant à escalader l'arbre et à regarder dans le nid (Potapov et collab., 2013).

**Mammifères**

De manière générale, les mammifères ne semblent pas plus influencés par les inventaires avec drone que les oiseaux et les mêmes critères de distance semblent s’appliquer (revue dans Christie et collab., 2016). Ainsi, le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*), le chat domestique et le chien domestique (*Canis lupus familiaris*) n’exhibaient pas de réponse comportementale particulière lorsque le drone volait à 200 m d’altitude (Scobie et Hugenholtz, 2016). Pour les éléphants, cette absence de réponse a été documentée à 100 m d’altitude (Vermeulen et collab., 2013). Les caribous (*Rangifer tarandus*) en captivité, quant à eux, ne présenteraient pas de modification de comportement, ou répondraient initialement au stimulus pour ensuite s’acclimater au survol de drones (Christie et collab., 2016). De 60 à 100 m, plusieurs espèces montraient une vigilance accrue dont les éléphants de savane, les girafes (*Giraffa camelopardalis*), les gnous (*Connochaetes taurinus*), les zèbres (*Equus quagga*), les impalas (*Aepyceros melampus*), les cobes de Lechwe (*Kobus leche*) et les tsessebes (*Damaliscus lunatus*) (Bennitt et collab., 2019). Les mésocarnivores nocturnes, comme le coyote et le renard roux, n’avaient aucun comportement notable à un survol de drone à 75 m d’altitude (Bushaw et collab., 2019). Par contre, les bovins (*Bos* sp.) fuyaient le drone à cette altitude (Bushaw et collab., 2019). Sous les 30 m, les kangourous géants (*Macropus giganteus*) fuyaient le drone (Brunton et collab., 2019). Le Garrano (*Equus ferus caballus*), un poney sauvage du Portugal, quant à lui, ne semblait pas exhiber de comportement particulier tant que le drone se tenait à au moins 10 m d’altitude (Inoue et collab., 2019).

D’autre part, même si aucune réaction comportementale n’est apparente, le drone peut engendrer un stress physiologique chez les animaux. Ainsi, les ours noirs (*Ursus americanus*) ne semblaient pas modifier leur comportement en milieu naturel en présence de drones. Cependant, la fréquence cardiaque des ours était toujours élevée en présence d’un drone, même dans le cas d’un ours en hibernation se trouvant dans sa tanière (Ditmer et collab., 2015). En captivité, les ours noirs présentaient une certaine désensibilisation à la présence du

drone dans un temps relativement court (5 vols/jour pendant 3 à 4 semaines; Ditmer et collab., 2018).

Selon la littérature consultée, les mammifères marins ne semblent pas réagir à la présence d’un drone (annexe 1).

**Synthèse pour la réponse comportementale de la faune face aux drones**

En conclusion, les drones ne seraient pas sans effets sur la faune. Il semble toutefois que si le drone est suffisamment loin de l’animal, l’effet sera minimal. À ce titre, un critère de distance acceptable semble se dégager de notre revue aux alentours de 100 m pour les oiseaux et les mammifères terrestres (tableau 3). En dessous de cette distance, les animaux avaient tendance à réagir au drone, par exemple en prenant la fuite. Pour les plus petits organismes, le drone pouvait s’approcher davantage sans occasionner de forts dérangements. D’autre part, les approches verticales semblaient déranger davantage les oiseaux que les approches avec des angles moins prononcés. Enfin, les plus longues durées de survol semblaient avoir davantage d’effets sur la faune, quoique peu d’études soient disponibles sur le sujet.

Dans tous les cas, un pilote de drone devrait être conscient des risques de dérangement occasionnés sur la faune, qu’ils soient d’ordre comportemental ou physiologique, et il devrait s’assurer de les minimiser, dans le respect des normes du bien-être animal. À ce titre, The Ornithological Council (2018) propose des lignes directrices pour inventorier les oiseaux par drone en respectant son bien-être, et Harris et collab. (2019) émettent des lignes directrices pour réduire le dérangement de la faune par les opérations de drones en Antarctique.

**Protection de la faune et des habitats**

Bien que la protection de la faune ne soit pas le principal objectif de cette revue, certaines études ont retenu notre attention. En effet, la surveillance est un enjeu de conservation, notamment en ce qui a trait à la conservation des espèces en situation précaire (Mulero-Pázmány et

**Tableau 3 : Recommandations préliminaires concernant l’altitude ou la distance minimale à respecter pour les survols de la faune à l’aide de drones au Québec.**

Taxons/groupes/espèces	Altitude ou distance minimale (m)	
	Microdrones (< 250 g)	Hélicoptères, quadricoptères, hexaoptères et octooptères (de 250 g à 25 kg)
Entomofaune	5	n. d.
Ichtyofaune	10	20
Amphibiens	10	20
Tortues	10	20
Oiseaux coloniaux	50	100
Rapaces (nids)	Ne pas survoler*	100
Mammifères terrestres	50	100
Mammifères marins	30	50

\* Une trop grande proximité d’un microdrone, en raison de son capteur peu performant, pourrait engendrer un stress et un saut prématuré des jeunes hors du nid, menant à la mort, et pourrait augmenter le risque d’attaque du drone par les adultes.

collab., 2014; Ngabinzeke et collab., 2016) ou des territoires les abritant (Stark et collab., 2017; Wang et collab., 2020). Ainsi, au Kenya, au Népal et en Afrique du Sud, les agents de protection utilisent des drones pour trouver et arrêter les braconniers d'espèces menacées tels que les éléphants de savane, les rhinocéros unicornes (*Rhinoceros unicornis*), les rhinocéros noirs (*Diceros bicornis*) et les rhinocéros blancs (*Ceratotherium simum*) (Bergenas et collab., 2013; Mulero-Pázmány et collab., 2014). Les drones ont un effet dissuasif puisqu'ils sont difficiles à détecter, surtout s'ils volent à grande altitude et que leur caméra est performante. Au Népal, après la mise en place du programme de surveillance à l'aide de drones en 2011, le braconnage des rhinocéros se serait raréfié (Bergenas et collab., 2013).

### Avantages des drones

Le principal avantage du drone réside dans son coût de fonctionnement beaucoup plus faible qu'un inventaire aérien traditionnel (Evans et collab., 2015; Kudo et collab., 2012; van Gemert et collab., 2014; Wang et collab., 2019), et même qu'un inventaire au sol (Otero et collab., 2018; Weissensteiner et collab., 2015). De plus, la logistique d'opération d'un drone est généralement plus simple que celle d'un inventaire aérien traditionnel (Goebel et collab., 2015; Nowak et collab., 2018; Rodríguez et collab., 2012), quoique Gentle et collab. (2018) aient démontré un résultat contraire lors d'inventaires de kangourous en Australie.

D'autre part, les inventaires en aéronefs pilotés sont les principales causes de mortalité des biologistes et des techniciens de la faune dans l'exercice de leurs fonctions (Jones IV et collab., 2006; Sasse, 2003; Watts et collab., 2010; Wiegmann et Taneja, 2003). Le drone procure donc un solide avantage pour la sécurité du personnel (Christie et collab., 2016; Rango et collab., 2006). De plus, la petite taille des drones télépilotés leur permet d'accéder à des environnements difficiles, dangereux ou inaccessibles (Allan et collab., 2018; Wallace et collab., 2018) et d'inventorier des espèces sensibles (Hu et collab., 2020) ou agressives de manière sécuritaire, notamment les ours blancs (*Ursus maritimus*; Barnas et collab., 2018a; Chabot et collab., 2019). Enfin, les drones diminuent l'interférence auditive pour la faune et les personnes, comparativement aux hélicoptères (Erbe et collab., 2017).

### Limites des drones

À l'heure actuelle, la principale limite des drones est l'autonomie des piles, qui est de 20 à 55 minutes théoriques pour les quadricoptères alimentés à l'électricité (Christie et collab., 2016). De plus, la température et le vent affectent leur autonomie (Calvo, 2017; Jewitt, 2018). Avec un vent fort (50 km/h et plus) et une température inférieure à 10 °C, la durée de vol peut être inférieure à 15 minutes selon les modèles (Patrick Charbonneau, observation personnelle, juin 2019). Lorsque la température est inférieure à 0 °C, les fabricants spécifient généralement que les drones ne peuvent pas voler ou que la durée de vol est diminuée significativement. Par contre,

certains modèles performants peuvent voler jusqu'à -20 °C. En général, les fabricants spécifient les limites de vol selon des critères de vents et de température à respecter. Par ailleurs, par temps chaud, le moteur travaille plus fort pour générer la portance requise, ce qui réduit le temps de vol (Calvo, 2017). Lorsque le drone est équipé d'un capteur sophistiqué et lourd, son autonomie énergétique est également diminuée (Dijkstra et collab., 2017 cité dans Nowak et collab., 2018). Les précipitations sont également une limite non négligeable à prendre en compte lors d'une mission. Dans la plupart des cas, les drones sont cloués au sol lorsqu'il pleut, qu'il y a du brouillard, qu'il neige ou qu'il y a du givre.

### Traitement des données

La technologie produit une grande quantité de données qu'il faut organiser, stocker et traiter. Bien qu'il soit relativement facile de prendre beaucoup d'images et de vidéos, le traitement des fichiers peut s'avérer énergivore au laboratoire (Christie et collab., 2016; López et Mulero-Pázmány, 2019; Wich et Koh, 2018). Cette tendance à la surabondance de données n'est pas exclusive aux drones, mais est plutôt une conséquence de l'utilisation de capteurs de prises de données. En ce sens, le drone n'est pas différent des pièges photographiques (Rovero et Zimmermann, 2016), ou d'un observateur au sol ou en avion, qui prendrait des clichés en direct pour les analyser plus tard.

On peut distinguer 3 grandes catégories de traitement de données : l'interprétation visuelle directe sur le terrain (p. ex. : visualisation des images et interprétation en direct), l'interprétation visuelle différée (p. ex. : visualisation d'images ou de vidéos au bureau) et le traitement numérique de l'information (p. ex. : traitement d'image et extraction d'information par l'intelligence artificielle). Actuellement, un grand nombre d'études qui utilisent les drones font de l'interprétation visuelle (en direct ou en différé), mais il existe un domaine très actif qui travaille sur le traitement et l'automatisation de l'extraction d'information (Edney et Wood, 2021; Nazir et Kaleem, 2021). La grande différence réside dans le potentiel de généralisation des méthodes de traitement des données par rapport aux approches d'interprétation.

Des programmes automatisés se développent pour améliorer l'efficacité de ces procédures (Kellenberger et collab., 2018; Nazir et Kaleem, 2021). Par exemple, des algorithmes permettent de dénombrer automatiquement les animaux sur les images couleur et thermiques (Barbedo et collab., 2019; Burke et collab., 2019; Edney et Wood, 2021; Francis et collab., 2020; Xu et collab., 2020). À l'heure actuelle, ces outils ne sont applicables qu'aux espèces faciles à repérer dans des environnements ouverts. En effet, la végétation, le faible contraste entre l'animal et son environnement, les ombres et la difficulté de discriminer les différentes espèces sur une même image limitent, pour l'instant, leur application à grande échelle (Edney et Wood, 2021). Ces programmes d'intelligence artificielle nécessitent des infrastructures informatiques adéquates, des procédures standardisées de vérification et

d'analyse, ainsi que du personnel qualifié (Linchant et collab., 2015; López et Mulero-Pázmány, 2019; Pimm et collab., 2015). Mentionnons également que ces programmes d'intelligence artificielle doivent être entraînés à reconnaître les espèces recherchées selon les différents substrats où se déposent ces espèces (sable, galet, gravier, végétation émergente, roches, falaises, billots de bois, milieux humides, amoncellement d'individus, etc.). Cet entraînement nécessite une quantité non négligeable d'images de base sur lesquelles les identifications des espèces recherchées sont validées par des experts.

### Réglementation sur l'utilisation des drones

À ce jour, la réglementation concernant les drones est surtout axée sur la sécurité et les risques associés à la propriété et à la vie privée des humains (Gouvernement du Canada, 2019b; Wallace et collab., 2018). Les opérateurs de drones doivent par exemple obtenir une certification, être accompagnés d'un observateur (membre d'équipage) et voler à vue (Gouvernement du Canada, 2019b). Toutefois, certaines initiatives réglementent l'utilisation des drones pour la protection de la faune. Ainsi, le United States National Park Service (Christie et collab., 2016), l'Agence Parcs Canada (Gouvernement du Canada, 2019a) et la Société des établissements de plein air du Québec (Sépaq, 2020) ont banni les drones récréatifs de leurs espaces aériens. Les directeurs des parcs nationaux canadiens et québécois délivrent toutefois des permis restreints pour l'usage des drones à des fins particulières telles que la recherche scientifique, la gestion et la protection des ressources ou la sécurité publique (Gouvernement du Canada, 2019a; Sépaq, 2020).

### Conclusion

Malgré la variabilité des résultats en fonction des types d'appareils utilisés et des espèces étudiées, les drones offrent un vaste potentiel pour étudier et protéger la faune. Jusqu'à maintenant, les oiseaux et les mammifères ont bénéficié d'une attention plus grande que les autres taxons, principalement parce que les inventaires traditionnels se déroulaient également par voie aérienne pour ces espèces. Toutefois, une myriade d'études voit maintenant le jour sur d'autres taxons, y compris l'herpétofaune et l'entomofaune, avec des résultats fort encourageants. Avec le développement technologique en continu des drones, des capteurs et des logiciels de traitement de données, il est attendu que l'on assiste à l'avènement d'une nouvelle ère en écologie animale, dans laquelle le drone complètera ou remplacera les inventaires traditionnels.

Malheureusement, cette technologie n'est pas sans risque pour la faune. Sur les 250 études que nous avons passées en revue, très peu se sont concentrées à documenter les effets des drones sur la faune. Celles qui l'ont fait présentaient parfois trop peu d'information pour conclure sur l'effet réel du drone. Même si plusieurs interrogations demeurent, des critères généraux semblent se dégager quant à la distance entre le drone et l'animal, la durée des vols à proximité des animaux et l'angle d'approche. Nous suggérons que ces critères soient étudiés

plus en détail afin de dresser des recommandations claires sur l'usage des drones dans le respect du bien-être animal.

Enfin, malgré la quantité grandissante d'études utilisant les drones pour inventorier la faune, peu d'entre elles ont comparé objectivement les drones aux méthodes traditionnelles, sur le plan de l'efficacité et des coûts. Par exemple, les drones semblent très efficaces pour dénombrer les troupeaux d'ongulés en milieu ouvert, mais la superficie d'action de l'appareil demeure limitée. En conséquence, l'utilité réelle des drones pour les grands troupeaux est encore faible, à moins que de nouvelles méthodes d'inventaire ou d'analyse statistique soient développées pour dépasser ces limites. Maintenant que l'utilité des drones a été démontrée, les travaux réalisés dans un futur proche devraient surtout comparer l'efficacité des drones aux méthodes traditionnelles afin d'orienter les décisions de gestion et de conservation de la faune. À terme, les drones devraient ouvrir de nouveaux horizons et permettre de développer de nouvelles méthodes d'inventaire et d'analyse afin d'obtenir des données de meilleure qualité.

### Remerciements

Nous tenons à remercier Francis Bédard, Marc Bélanger, Geneviève Bourget, Anne-Marie Gosselin, Jean Lapointe, Louis-Philippe Lapointe, Sébastien Lefort, Denis Manningham, Antoine Nappi, Danielle St-Pierre, les membres anonymes du comité de révision ainsi que l'équipe d'édition du *Naturaliste canadien* pour leurs commentaires sur le manuscrit. ◀

### Références

- ABD-ELRAHMAN, A., L. PEARLSTINE et F. PERCIVAL, 2005. Development of pattern recognition algorithm for automatic bird detection from unmanned aerial vehicle imagery. *Surveying and Land Information Science*, 65 (1): 37-45.
- ALLAN, B.M., D.G. NIMMO, D. IERODIACONOU, J. VANDERWAL, L.P. KOH et E.G. RITCHIE, 2018. Futurecasting ecological research: The rise of technoecology. *Ecosphere*, 9: e02163. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2163>.
- ANDERSON, K. et K.J. GASTON, 2013. Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11: 138-146.
- APPRILL, A., C.A. MILLER, M.J. MOORE, J.W. DURBAN, H. FEARNBACH et L.G. BARRETT-LENNARD, 2017. Extensive core microbiome in drone-captured whale blow supports a framework for health monitoring. *mSystems*, 2: e00119-17. <https://doi.org/10.1128/mSystems.00119-17>.
- ARONA, L., J. DALE, S.G. HEASLIP, M.O. HAMMILL et D.W. JOHNSTON, 2018. Assessing the disturbance potential of small unoccupied aircraft systems (UAS) on gray seals (*Halichoerus grypus*) at breeding colonies in Nova Scotia, Canada. *PeerJ*, 6: e4467. <https://doi.org/10.7717/peerj.4467>.
- AUBRY, K.B., C.M. RALEY et K.S. MCKELVEY, 2017. The importance of data quality for generating reliable distribution models for rare, elusive, and cryptic species. *PLoS ONE*, 12 (6): e0179152. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179152>.
- BALESTRIERI, E., P. DAPONTE, L. DE VITO et F. LAMONACA, 2021. Sensors and measurements for unmanned systems: An overview. *Sensors*, 21: 1518. <https://doi.org/10.3390/s21041518>.
- BARASONA, J.A., M. MULERO-PÁZMÁNY, P. ACEVEDO, J.J. NEGRO, M.J. TORRES, C. GORTÁZAR et J. VICENTE, 2014. Unmanned aircraft systems for studying spatial abundance of ungulates: Relevance to spatial epidemiology. *PLoS ONE*, 9: e115608. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115608>.

- BARBEDO, J.G.A., L.V. KOENIGKAN, T. T. SANTOS et P.M. SANTOS, 2019. A study on the detection of cattle in UAV images using deep learning. *Sensors*, 19: 5436. <https://doi.org/10.3390/s19245436>.
- BARNAS, A.F., C.J. FELEGE, R.F. ROCKWELL et S.N. ELLIS-FELEGE, 2018a. A pilot(less) study on the use of an unmanned aircraft system for studying polar bears (*Ursus maritimus*). *Polar Biology*, 41: 1055-1062. <https://doi.org/10.1007/s00300-018-2270-0>.
- BARNAS, A.F., R. NEWMAN, C.J. FELEGE, M.P. CORCORAN, S.D. HERVEY, T.J. STECHMANN, R.F. ROCKWELL et S.N. ELLIS-FELEGE, 2018 b. Evaluating behavioral responses of nesting lesser snow geese to unmanned aircraft surveys. *Ecology and Evolution*, 8: 1328-1338. <https://doi.org/10.1002/ece3.3731>.
- BARR, J.R., M.C. GREEN, S.J. DEMASO et T.B. HARDY, 2020. Drone surveys do not increase colony-wide flight behavior at waterbird nesting sites, but sensitivity varies among species. *Scientific Reports*, 10: 3781. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60543-z>.
- BEAVER, J.T., R.W. BALDWIN, M. MESSINGER, C.H. NEWBOLT, S.S. DITCHKOFF et M.R. SILMAN, 2020. Evaluating the use of drones equipped with thermal sensors as an effective method for estimating wildlife. *Wildlife Society Bulletin*, 44 (2): 434-443. <https://doi.org/10.1002/wsb.1090>.
- BENNETT, E., H.L.A. BARTLAM-BROOKS, T.Y. HUBEL et A.M. WILSON, 2019. Terrestrial mammalian wildlife responses to unmanned aerial systems approaches. *Scientific Reports*, 9: 2142. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38610-x>.
- BERGENAS, J., R. STOHL et A. GEORGIEFF, 2013. The other side of drones: Saving wildlife in Africa and managing global crime. *Conflict Trends*, 3: 3-9.
- BEVAN, E., T. WIBBELS, B.M.Z. NAJERA, M.A.C. MARTINE, L.A.M. SARTI, F.I. MARTINEZ, J.M. CUEVAS, T. ANDERSON, A. BONKA, M.H. HERNANDEZ, L.J. PENA et P.M. BURCHFIELD, 2015. Unmanned aerial vehicles (UAVs) for monitoring sea turtles in near-shore waters. *Marine Turtle Newsletter*, 145: 19-22.
- BEVAN, E., T. WIBBELS, E. NAVARRO, M. Rosas, B.M.Z. NAJERA, L. SARTI, F. ILLESCAS, J. MONTANO, L.J. PEÑA et P. BURCHFIELD, 2016. Using unmanned aerial vehicle (UAV) technology for locating, identifying, and monitoring courtship and mating behavior in the green turtle (*Chelonia mydas*). *Herpetological Review*, 47: 27-32.
- BEVAN, E., S. WHITING, T. TUCKER, M. GUINEA, A. RAITH et R. DOUGLAS, 2018. Measuring behavioral responses of sea turtles, saltwater crocodiles, and crested terns to drone disturbance to define ethical operating thresholds. *PLoS ONE*, 13 (3): e0194460. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194460>.
- BIRD, D.M. et K.L. BILDSTEIN, 2007. Raptor research and management techniques. Raptor Research Foundation, Surrey, B.C., 463 p.
- BISERKOV, V.Y. et S.P. LUKANOV, 2017. Unmanned aerial vehicles (UAVs) for surveying freshwater turtle populations: Methodology adjustment. *Acta Zoologica Bulgarica*, (Supplement 10): 161-163.
- BRISSON-CURADEAU, É., D. BIRD, C. BURKE, D.A. FIFIELD, P. PACE, R.B. SHERLEY et K.H. ELLIOTT, 2017. Seabird species vary in behavioural response to drone census. *Scientific Reports*, 7: 17884. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18202-3>.
- [BES] BRITISH ECOLOGICAL SOCIETY, 2018. Drones can detect protected nightjar nests. Disponible en ligne à : <https://www.britishecologicalsociety.org/drones-nightjar-nests/>. [Visité le 2021-04-20].
- BRUNTON, E., J. BOLIN, J. LEON et S. BURNETT, 2019. Fright or flight? Behavioural responses of kangaroos to drone-based monitoring. *Drones*, 3: 41. <https://doi.org/10.3390/drones3020041>.
- BURKE, C., M. RASHMAN, S. WICH, A. SYMONS, C. THERON et S. LONGMORE, 2019. Optimizing observing strategies for monitoring animals using drone-mounted thermal infrared cameras. *International Journal of Remote Sensing*, 40: 439-467.
- BUSHAW, J.D., K.M. RINGELMAN et F.C. ROHWER, 2019. Applications of unmanned aerial vehicles to survey mesocarnivores. *Drones*, 3: 28. <https://doi.org/10.3390/drones3010028>.
- CALVO, K., 2017. Drones for conservation—Field guide for photographers, researchers, conservationists and archaeologists. *Dronesforconservation.org*. 89 p.
- CHABOT, D., 2009. Systematic evaluation of a stock unmanned aerial vehicle (UAV) system for small-scale wildlife survey applications. Mémoire de maîtrise, Department of Natural Resource Sciences, McGill University, Montréal, 79 p. + annexes.
- CHABOT, D. et D.M. BIRD, 2012. Evaluation of an off-the-shelf unmanned aircraft system for surveying flocks of geese. *Waterbirds*, 35(1): 170-174.
- CHABOT, D., S.R. CRAIK et D.M. BIRD, 2015. Population census of a large common tern colony with a small unmanned aircraft. *PLoS ONE*, 10 (4): e0122588. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122588>.
- CHABOT, D., S. STAPLETON et C.M. FRANCIS, 2019. Measuring the spectral signature of polar bears from a drone to improve their detection from space. *Biological Conservation*, 237: 125-132. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.06.022>.
- CHIRAYATH, V. et S.A. EARLE, 2016. Drones that see through waves—Preliminary results from airborne fluid lensing for centimeter-scale aquatic conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 26 (Supplement 2): 237-250. <https://doi.org/10.1002/aqc.2654>.
- CHRISTIANSEN, F., F. VIVIER, C. CHARLTON, R. WARD, A. AMERSON, S. BURNELL et L. BEJDER, 2018. Maternal body size and condition determine calf growth rates in southern right whales. *Marine Ecology Progress Series*, 592: 267-281. <https://doi.org/10.3354/meps12522>.
- CHRISTIE, K.S., S.L. GILBERT, C.L. BROWN, M. HATFIELD et L. HANSON, 2016. Unmanned aircraft systems in wildlife research: Current and future applications of a transformative technology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14 (5): 241-251. <https://doi.org/10.1002/fee.1281>.
- DANIELS, K., 2018. Inferences about the conservation utility of using unmanned aerial vehicles to conduct rapid assessments for basking freshwater turtles. Mémoire de maîtrise soumise à la Faculty of Environmental Science, University of Tennessee, Chattanooga, Tennessee, É.-U., 40 p. + annexes.
- D'HONT, B., K. CALDERS, H. BARTHOLOMEUS, T. WHITESIDE, R. BARTOLO, S. LEVICK, S.M. KRISHNA MOORTHY, L. TERRYIN et H. VERBEECK, 2021. Characterising termite mounds in a tropical savanna with UAV laser scanning. *Remote Sensing*, 13: 476. <https://doi.org/10.3390/rs13030476>.
- DITMER, M.A., J.B. VINCENT, L.K. WERDEN, J.C. TANNER, T.G. LASKE, P.A. IAIZZO, D.L. GARSHELIS et J.R. FIEBERG, 2015. Bears show a physiological but limited behavioral response to unmanned aerial vehicles. *Current Biology*, 25: 2278-2283. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2015.07.024>.
- DITMER, M.A., L.K. WERDEN, J.C. TANNER, J.B. VINCENT, P. CALLAHAN, P.A. IAIZZO, T.G. LASKE, et D.L. GARSHELIS, 2018. Bears habituate to the repeated exposure of a novel stimulus, unmanned aircraft systems. *Conservation Physiology*, 6 (1): coy067. <https://doi.org/10.1093/conphys/coy067>.
- DOMÍNGUEZ-SÁNCHEZ, C.A., K.A. ACEVEDO-WHITEHOUSE et D. GENDRON, 2018. Effect of drone-based blow sampling on blue whale (*Balaenoptera musculus*) behavior. *Marine Mammal Science*. <https://doi.org/10.1111/mms.12482>.
- DREVER, M.C., D. CHABOT, P.D. O'HARA, J.D. THOMAS, A. BREAUULT et R.L. MILLIKIN, 2015. Evaluation of an unmanned rotorcraft to monitor wintering waterbirds and coastal habitats in British Columbia, Canada. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 3: 256-267. <http://dx.doi.org/10.1139/juvs-2015-0019>.
- DUFRESNES, C., J. GOLAY, J. SCHUERCH, T. DEJEAN et S. DUBEY, 2020. Monitoring of the last stronghold of native pool frogs (*Pelophylax lessonae*) in Western Europe, with implications for their conservation. *European Journal of Wildlife Research* 66 (3): 45. <https://doi.org/10.1007/s10344-020-01380-3>.
- DURBAN, J.W., H. FEARNBACH, L.G. BARRETT-LENNARD, W.L. PERRYMAN et D.J. LEROI, 2015. Photogrammetry of killer whales using a small hexacopter launched at sea. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 3: 1-5. <http://dx.doi.org/10.1139/juvs-2015-0020>.

- DURBAN, J.W., M.J. MOORE, G. CHIANG, L.S. HICKMOTT, A. BOCCONCELLI, G. HOWES, P.A. BAHAMONDE, W.L. PERRYMAN et D.J. LEROI, 2016. Photogrammetry of blue whales with an unmanned hexacopter. *Marine Mammal Science*, 32: 1510-1515. <https://doi.org/10.1111/mms.12328>.
- EDNEY, A.J. et M.J. WOOD, 2021. Applications of digital imaging and analysis in seabird monitoring and research. *Ibis*, 163: 317-337. <https://doi.org/10.1111/ibi.12871>.
- EILAM, D., 2005. Die hard: A blend of freezing and fleeing as a dynamic defense—implications for the control of defensive behavior. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 29: 1181-1191. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2005.03.027>.
- EILAM, D., R. IZHAR et J. MORT, 2011. Threat detection: Behavioral practices in animals and humans. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 35: 999-1006. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2010.08.002>.
- EISEY, R.M. et P.L. TROSCCLAIR III, 2016. The use of an unmanned aerial vehicle to locate alligator nests. *Southeastern Naturalist*, 15 (1): 76-82.
- ERBE, C., M. PARSONS, A.J. DUNCAN, S.K. OSTERIEDER et K. ALLEN, 2017. Aerial and underwater sound of unmanned aerial vehicles (UAV, drones). *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 5: 92-101. <https://doi.org/10.1139/juvs-2016-0018>.
- ESCOBAR, J.E.C., M. ROLLINS et S. UNGER, 2021. Preliminary data on an affordable UAV system to survey for freshwater turtles: Advantages and disadvantages of low-cost drones. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 9: 67-74. <http://dx.doi.org/10.1139/juvs-2018-0037>.
- EVANS, L.J., T.H. JONES, K. PANG, M.N. EVANS, S. SAIMIN et B. GOOSSENS, 2015. Use of drone technology as a tool for behavioral research: A case study of crocodylian nesting. *Herpetological Conservation and Biology*, 10 (1): 90-98.
- EZAT, M.A., C.J. FRITSCH et C.T. DOWNS, 2018. Use of an unmanned aerial vehicle (drone) to survey Nile crocodile populations: A case study at Lake Nyamithi, Ndumo Game Reserve, South Africa. *Biological Conservation*, 223: 76-81. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.04.032>.
- FAYE, E., F. REBAUDO, D. YÁNEZ-CAJO, S. CAUVY-FRAUNIÉ et O. DANGLES, 2016. A toolbox for studying thermal heterogeneity across spatial scales: From unmanned aerial vehicle imagery to landscape metrics. *Methods in Ecology and Evolution*, 7: 437-446. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12488>.
- FRANCIS, R.J., M.B. LYONS, R.T. KINGSFORD et K.J. BRANDIS, 2020. Counting mixed breeding aggregations of animal species using drones: Lessons from waterbirds on semi-automation. *Remote Sensing*, 12 (7): 1185. <https://doi.org/10.3390/rs12071185>.
- FU, Y., M. KINNIRY et L.N. KLOEPPER, 2018. The Chirocopter: A UAV for recording sound and video of bats at altitude. *Methods in Ecology and Evolution*, 9: 1531-1535. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12992>.
- GALLAGHER, A.J., Y.P. PAPANASTATIOU et A. BARNETT, 2018. Apex predatory sharks and crocodiles simultaneously scavenge a whale carcass. *Journal of Ethology*, 36: 205-209. <https://doi.org/10.1007/s10164-018-0543-2>.
- GENTLE, M., N. FINCH, J. SPEED et A. POPLÉ, 2018. A comparison of unmanned aerial vehicles (drones) and manned helicopters for monitoring macropod populations. *Wildlife Research*, 45 (7): 586-594. <https://doi.org/10.1071/WR18034>.
- GOEBEL, M.E., W.L. PERRYMAN, J.T. HINKE, D.J. KRAUSE, N.A. HANN, S. GARDNER et D.J. LEROI, 2015. A small unmanned aerial system for estimating abundance of and size of Antarctic predators. *Polar Biology*. <https://doi.org/10.1007/s00300-014-1625-4>.
- GOLDBOGEN, J.A., D.E. CADE, J. CALAMBOKIDIS, A.S. FRIEDLAENDER, J. POTVIN, P.S. SEGRE et A.J. WERTH, 2017. How baleen whales feed: The biomechanics of engulfment and filtration. *Annual Review of Marine Science*, 9: 367-386. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-122414-033905>.
- GONZALEZ, L.F., G.A. MONTES, E. PUIG, S. JOHNSON, K. MENGERSEN et K.J. GASTON, 2016. Unmanned aerial vehicles (UAVs) and artificial intelligence revolutionizing wildlife monitoring and conservation. *Sensors*, 16 (1): 97. <https://doi.org/10.3390/s16010097>.
- GOVERNEMENT DU CANADA, 2019a. Utilisation de véhicules aériens sans pilote (drones) dans les parcs nationaux du Canada. Disponible en ligne à : <https://www.pc.gc.ca/fr/pn-np/ab/banff/info/permis-permit/drone>. [Visité le 2020-07-07].
- GOVERNEMENT DU CANADA, 2019b. Sécurité des drones. Disponible en ligne à : <https://www.tc.gc.ca/fr/services/aviation/securite-drones.html>. [Visité le 2020-04-15].
- GRENZDÖRFFER, G.J., 2013. UAS-based automatic bird count of a common gull colony. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-1/W2: 169-174. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-1-W2-169-2013>.
- GROVES, P.A., B. ALCORN, M.M. WIEST, J.M. MASELKO et W.P. CONNOR, 2016. Testing unmanned aircraft systems for salmon spawning surveys. *FACETS*, 1: 187-204. <https://doi.org/10.1139/facets-2016-0019>.
- HANSON, L., C.L. HOLMQUIST-JOHNSON et M.L. COWARDIN, 2014. Evaluation of the Raven sUAS to detect and monitor greater sage-grouse leks within the Middle Park population. U.S. Geological Survey Open-File Report 2014-1205, Reston, Virginia, 20 p.
- HARRIS, C.M., H. HERATA et F. HERTEL, 2019. Environmental guidelines for operation of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS): Experience from Antarctica. *Biological Conservation*, 236: 521-531. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.05.019>.
- HENSEL, E., S. WENCLAWSKI et C.A. LAYMAN, 2018. Using a small, consumer-grade drone to identify and count marine megafauna in shallow habitats. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 46 (5): 1025-1033.
- HODGSON, A., N. KELLY et D. PEEL, 2013. Unmanned aerial vehicles (UAVs) for surveying marine fauna: A dugong case study. *PLoS ONE*, 8: e79556. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079556>.
- HODGSON, J.C. et L.P. KOH, 2016. Best practice for minimising unmanned aerial vehicle disturbance to wildlife in biological field research. *Current Biology*, 26: R404-R405. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.04.001>.
- HODGSON, J.C., S.M. BAYLIS, R. MOTT, A. HERROLD et R.H. CLARKE, 2016. Precision wildlife monitoring using unmanned aerial vehicles. *Scientific Reports*, 6: 22574. <https://doi.org/10.1038/srep22574>.
- HODGSON, J.C., R. MOTT, S.M. BAYLIS, T.T. PHAM, S. WOTHERSPOON, A.D. KILPATRICK, R.R. SEGARAN, I. REID, A. THERAUDS et L.P. KOH, 2018. Drones count wildlife more accurately and precisely than humans. *Methods in Ecology and Evolution*, 9: 1160-1167. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12974>.
- HU, J.B., X.M. WU et M.X. DAI, 2020. Estimating the population size of migrating Tibetan antelopes *Pantholops hodgsonii* with unmanned aerial vehicles. *Oryx*, 54 (1): 101-109. <https://doi.org/10.1017/S0030605317001673>.
- HYUN, C.-U., M. PARK et W.Y. LEE, 2020. Remotely piloted aircraft system (RPAS)-based wildlife detection: A review and case studies in maritime Antarctica. *Animals*, 10: 2387. <https://doi.org/10.3390/ani10122387>.
- INOUE, S., S. YAMAMOTO, M. RINGHOFER, R.S. MENDONÇA, C. PEREIRA et S. HIRATA, 2019. Spatial positioning of individuals in a group of feral horses: A case study using drone technology. *Mammal Research*, 64 (2): 249-263. <https://doi.org/10.1007/s13364-019-00434-5>.
- INOUE, S., S. YAMAMOTO, M. RINGHOFER, R.S. MENDONÇA et S. HIRATA, 2020. Lateral position preference in grazing feral horses. *Ethology*, 126: 111-119. <https://doi.org/10.1111/eth.12966>.
- ISRAEL, M., 2011. A UAV-based roe deer fawn detection system. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38: 1-5. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-51-2011>.
- IVOŠEVIĆ, B., Y.-G. HAN et O. KWON, 2017. Monitoring butterflies with an unmanned aerial vehicle: Current possibilities and future potentials. *Journal of Ecology and Environment*, 41: 12. <https://doi.org/10.1186/s41610-017-0028-1>.



- JEWELL, Z., 2013. Effect of monitoring technique on quality of conservation science. *Conservation Biology*, 27: 501-508. <https://doi.org/10.1111/cobi.12066>.
- JEWITT, D., 2018. The use of drones in conservation. Position IT, (Aug/Sep): 20-23.
- JOHNSTON, D.W., 2019. Unoccupied aircraft systems in marine science and conservation. *Annual Review of Marine Science*, 11: 439-463. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010318-095323>.
- JONES IV, G.P., L.G. PEARLSTINE et H.F. PERCIVAL, 2006. An assessment of small unmanned aerial vehicles for wildlife research. *Wildlife Society Bulletin*, 34: 750-758.
- JUNDA, J., E. GREENE et D.M. BIRD, 2015. Proper flight technique for using a small rotary-winged drone aircraft to safely, quickly, and accurately survey raptor nests. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 3: 222-236. <http://dx.doi.org/10.1139/juvs-2015-0003>.
- JUNDA, J.H., E. GREENE, D. ZAZELENCHUK et D.M. BIRD, 2016. Nest defense behaviour of four raptor species (osprey, bald eagle, ferruginous hawk, and red-tailed hawk) to a novel aerial intruder—A small rotary-winged drone. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 4: 217-227. <http://doi.org/10.1139/juvs-2016-0004>.
- KELAHER, B.P., A.P. COLEFAX, A. TAGLIAFICO, M.J. BISHOP, A. GILES et P.A. BUTCHER, 2019. Assessing variation in assemblages of large marine fauna off ocean beaches using drones. *Marine and Freshwater Research*, 71 (1): 68. <https://doi.org/10.1071/MF18375>.
- KELLENBERGER, B., D. MARCOS et D. TUIA, 2018. Detecting mammals in UAV images: Best practices to address a substantially imbalanced dataset with deep learning. *Remote Sensing of Environment*, 216: 139-153. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.06.028>.
- KIM, H.G., J.-S. PARK et D.-H. LEE, 2018. Potential of unmanned aerial sampling for monitoring insect populations in rice fields. *Florida Entomologist*, 101 (2): 330-334. <https://doi.org/10.1653/024.101.0229>.
- KISZKA, J.J., J. MOURIER, K. GASTRICH et M.R. HEITHAUS, 2016. Using unmanned aerial vehicles (UAVs) to investigate shark and ray densities in a shallow coral lagoon. *Marine Ecology Progress Series*, 560: 237-242. <https://doi.org/10.3354/meps11945>.
- KOSKI, W.R., T. ALLEN, D. IRELAND, G. BUCK, P.R. SMITH, A.M. MACRANDER, M.A. HALICK, C. RUSHING, D.J. SLIWA et T.L. McDONALD, 2009. Evaluation of an unmanned airborne system for monitoring marine mammals. *Aquatic Mammals*, 35 (3): 347-357. <https://doi.org/10.1578/AM.35.3.2009.347>.
- KOSKI, W.R., G. GAMAGE, A.R. DAVIS, T. MATHEWS, B. LEBLANC et S.H. FERGUSON, 2015. Evaluation of UAS for photographic re-identification of bowhead whales, *Balaena mysticetus*. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 3: 22-29. <http://dx.doi.org/10.1139/juvs-2014-0014>.
- KRAUSE, D.J., J.T. HINKE, W.L. PERRYMAN, M.E. GOEBEL et D.J. LEROI, 2017. An accurate and adaptable photogrammetric approach for estimating the mass and body condition of pinnipeds using an unmanned aerial system. *PLoS ONE*, 12 (11): e0187465. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187465>.
- KUDO, H., Y. KOSHINO, A. ETO, M. ICHIMURA et M. KAERIYAMA, 2012. Cost-effective accurate estimates of adult chum salmon, *Oncorhynchus keta*, abundance in a Japanese river using a radio-controlled helicopter. *Fisheries Research*, 119: 94-98. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2011.12.010>.
- LAPORTE, P., 2019. La technologie au service de la science ! Société Provancher. Disponible en ligne à : <https://www.provancher.org/infolettres/utilisation-dun-drone-pour-linventaire-de-la-heronniere-de-lile-aux-basques/> [Visité le 2021-04-15].
- LEVY, J., C. HUNTER, T. LUKACZYK et E.C. FRANKLIN, 2018. Assessing the spatial distribution of coral bleaching using small unmanned aerial systems. *Coral Reefs*, 37: 373-387. <https://doi.org/10.1007/s00338-018-1662-5>.
- LHOEST, S., J. LINCHANT, S. QUEVAUVILLERS, C. VERMEULEN et P. LEJEUNE, 2015. How many hippos (HOMHIP): Algorithm for automatic counts of animals with infra-red thermal imagery from UAV. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40: 355-362. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-3-W3-355-2015>.
- LINCHANT, J., J. LISEIN, J. SEMEKI, P. LEJEUNE et C. VERMEULEN, 2015. Are unmanned aircraft systems (UAS) the future of wildlife monitoring? A review of accomplishments and challenges. *Mammal Review*, 45: 239-252. <https://doi.org/10.1111/mam.12046>.
- LÖCKEN, H., O.W. FISCHER, J. SELZ et M. BOPPRÉ, 2020. 'Drone-Netting' for sampling live insects. *Journal of Insect Science*, 20 (5): 1-3. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieaa086>.
- LÓPEZ, J.J. et M. MULERO-PÁZMÁNY, 2019. Drones for conservation in protected areas: Present and future. *Drones*, 3 (10): doi:10.3390. <https://doi.org/10.3390/drones3010010>.
- LYONS, M., K. BRANDIS, C. CALLAGHAN, J. MCCANN, C. MILLS, S. RYALL et R. KINGSFORD, 2018. Bird interactions with drones, from individuals to large colonies. *Australian Field Ornithology*, 35: 51-56. <http://dx.doi.org/10.20938/af035051056>.
- MALLORY, M.L., C.J. DEY, J. MCINTYRE, I. PRATTE, C.L. MALLORY, C.M. FRANCIS, A.L. BLACK, C. GEOFFROY, R. DICKSON et J.F. PROVENCHE, 2020. Long-term declines in the size of northern fulmar (*Fulmarus glacialis*) colonies on Eastern Baffin Island, Canada. *Arctic*, 73 (2): 187-194. <https://doi.org/10.14430/arctic70290>.
- McCLELLAND, G.T.W., A.L. BOND, A. SARDANA et T. GLASS, 2016. Rapid population estimate of a surface-nesting seabird on a remote island using a low-cost unmanned aerial vehicle. *Marine Ornithology*, 44: 215-220.
- McEVOY, J.F., G.P. HALL et P.G. McDONALD, 2016. Evaluation of unmanned aerial vehicle shape, flight path and camera type for waterfowl surveys: Disturbance effects and species recognition. *PeerJ*, 4: e1831. <https://doi.org/10.7717/peerj.1831>.
- McKELLAR, A.E., N.G. SHEPHARD et D. CHABOT, 2020. Dual visible-thermal camera approach facilitates drone surveys of colonial marshbirds. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 7 (2): 214-226. <https://doi.org/10.1002/rse2.183>.
- [MFFP] MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS, 2021a. Protocole standardisé pour le suivi de la nidification et de la productivité du faucon pèlerin au Québec. Gouvernement du Québec, Québec. 20 p. + annexes. Disponible en ligne à : [https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/PT\\_standardise\\_suivi\\_nidification\\_productivite\\_faucon\\_pelerin.pdf](https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/PT_standardise_suivi_nidification_productivite_faucon_pelerin.pdf) [Visité le 9 juillet 2021].
- [MFFP] MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS, 2021b. Protocole standardisé pour le suivi de la nidification et de la productivité de l'aigle royal au Québec. Gouvernement du Québec, Québec. 24 p. + annexes. Disponible en ligne à : [https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/PT\\_standardise\\_suivi\\_nidification\\_productivite\\_aigle\\_royal.pdf](https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/PT_standardise_suivi_nidification_productivite_aigle_royal.pdf) [Visité le 9 juillet 2021].
- MORELAND, E.E., M.F. CAMERON, R.P. ANGLISS et P.L. BOVENG, 2015. Evaluation of a ship-based unoccupied aircraft system (UAS) for surveys of spotted and ribbon seals in the Bering Sea pack ice. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 3: 114-122. <http://dx.doi.org/10.1139/juvs-2015-0012>.
- MULERO-PÁZMÁNY, M., R. STOLPER, L.D. VAN ESSEN, J.J. NEGRO et T. SASSEN, 2014. Remotely piloted aircraft systems as a rhinoceros anti-poaching tool in Africa. *PLoS ONE*, 9 (1): e83873. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083873>.
- MULERO-PÁZMÁNY, M., S. JENNI-EIERMANN, N. STREBEL, T. SATTLER, J.J. NEGRO et Z. TABLADO, 2017. Unmanned aircraft systems as a new source of disturbance for wildlife: A systematic review. *PLoS ONE*, 12 (6): e0178448. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178448>.
- NAZIR, S. et M. KALEEM, 2021. Advances in image acquisition and processing technologies transforming animal ecological studies. *Ecological Informatics*, 61: 101212. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101212>.
- NGABINZEKE, J.S., J. LINCHANT, S. QUEVAUVILLERS, J.-M. KAHINDO MUHONGYA, P. LEJEUNE et C. VERMEULEN, 2016. Potentiel des véhicules aériens sans pilote dans la détection des activités humaines illégales dans les aires protégées en République Démocratique du Congo. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 4: 151-159. <http://dx.doi.org/10.1139/juvs-2015-0035>.

- [NOAA] NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, 2014. Unmanned aerial vehicle offers a new view of killer whales. Disponible en ligne à : <https://videos.fisheries.noaa.gov/detail/videos/west-coast-region/video/3812337968001/unmanned-aerial-vehicle-offers-a-new-view-of-killer-whales?autoStart=true&page=1>. [Visité le 2021-04-15].
- [NOAA] NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, 2017. Beluga whale hexacopter survey. Disponible en ligne à : <https://www.fisheries.noaa.gov/taxonomy/term/1000008786>. [Visité le 2021-04-15].
- NOWAK, M.M., K. DZIÓB et P. BOGAWSKI, 2018. Unmanned aerial vehicles (UAVs) in environmental biology: A review. *European Journal of Ecology*, 4 (2) : 56-74.
- OOSTHUIZEN, W.C., L. KRÜGER, W. JOUANNEAU et A.D. LOWTHER, 2020. Unmanned aerial vehicle (UAV) survey of the Antarctic shag (*Leucocarbo Bransfieldensis*) breeding colony at Harmony Point, Nelson Island, South Shetland Islands. *Polar Biology*, 43 (2) : 187-191. <https://doi.org/10.1007/s00300-019-02616-y>.
- OTERO, V., R. VAN DE KERCHOVE, B. SATYANARAYANA, C. MARTÍNEZ-ESPINOSA, M.A. BIN FISOL, M.R. BIN IBRAHIM, I. SULONG, H. MOHD-LOKMAN, R. LUCAS et F. DAHDOUH-GUEBAS, 2018. Managing mangrove forests from the sky: Forest inventory using field data and unmanned aerial vehicle (UAV) imagery in the Matang Mangrove Forest Reserve, Peninsular Malaysia. *Forest Ecology and Management*, 411 : 35-45. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.12.049>.
- OTT, M.C., 2020. Using unmanned aerial systems (drones) with a thermal sensor to map and count deer population. Williams Honors College, Honors Research Projects, 1068, 27 p.
- PIMM, S.L., S. Alibhai, R. BERGL, A. DEHGAN, C. GIRI, Z. JEWELL, L. JOPPA, R. KAYS et S. LOARIE, 2015. Emerging technologies to conserve biodiversity. *Trends in Ecology and Evolution*, 30 : 685-696. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.08.008>.
- POTAPOV, E.R., I.G. UTEKHINA, M.J. MCGRADY et D. RIMLINGER, 2013. Usage of UAV for surveying Steller's sea eagle nests. *Raptors Conservation*, 27 : 253-260.
- PROSEKOV, A., A. KUZNETSOV, A. RADA et S. IVANOVA, 2020. Methods for monitoring large terrestrial animals in the wild. *Forests*, 11 : 808. <https://doi.org/10.3390/f11080808>.
- PROVOST, E.J., P.A. BUTCHER, M.A. COLEMAN, D. BLOOM et B.P. KELAHER, 2020. Aerial drone technology can assist compliance of trap fisheries. *Fisheries Management and Ecology*, 27 (4) : 381-388. <https://doi.org/10.1111/fme.12420>.
- PUTTOCK, A.K., A.M. CUNLIFFE, K. ANDERSON et R.E. BRAZIER, 2015. Aerial photography collected with a multicopter drone reveals impact of Eurasian beaver reintroduction on ecosystem structure. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 3 (3) : 123-130. <https://doi.org/10.1139/juvs-2015-0005>.
- RANGO, A., A. LALIBERTE, C. STEELE, J.E. HERRICK, B. BESTELMEYER, T. SCHMUGGE, A. ROANHORSE et V. JENKINS, 2006. Using unmanned aerial vehicles for rangelands: Current applications and future potentials. *Environmental Practice*, 8 : 159-168. <https://doi.org/10.1017/S1466046606060224>.
- RATCLIFFE, N., D. GUIHEN, J. ROBST, S. CROFTS, A. STANWORTH et P. ENDERLEIN, 2015. A protocol for the aerial survey of penguin colonies using UAVs. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 3 (3) : 96-101. <https://doi.org/10.1139/juvs-2015-0006>.
- REBOLO-IFRÁN, N., M. GRAÑA GRILLI et S.A. LAMBERTUCCI, 2019. Drones as a threat to wildlife: YouTube complements science in providing evidence about their effect. *Environmental Conservation*. <https://doi.org/10.1017/S0376892919000080>.
- REES, A.F., L. AVENS, K. BALLORAIN, E. BEVAN, A.C. BRODERICK, R.R. Carthy, M.J.A. CHRISTIANEN, G. DUCLOS, M.R. HEITHAUS, D.W. JOHNSTON, J.C. MANGEL, F. PALADINO, K. PENDOLEY, R.D. REINA, N.J. ROBINSON, R. RYAN, S.T. SYKORA-BODIE, D. TILLEY, M.R. VARELA, E.R. WHITMAN, P.A. WHITTOCK, T. WIBBELS et B.J. GODLEY, 2018. The potential of unmanned aerial systems for sea turtle research and conservation: A review and future directions. *Endangered Species Research*, 35 : 81-100. <https://doi.org/10.3354/esr00877>.
- RIEUCAU, G., J.J. KISZKA, J.C. CASTILLO, J. MOURIER, K.M. BOSWELL et M.R. HEITHAUS, 2018. Using unmanned aerial vehicle (UAV) surveys and image analysis in the study of large surface-associated marine species: A case study on reef sharks *Carcharhinus melanopterus* shoaling behaviour. *Journal of Fish Biology*, 93 : 119-127. <https://doi.org/10.1111/jfb.13645>.
- RISCHETTE, A.C., T.J. HOVICK, R.D. ELMORE et B.A. GEAUMONT, 2020. Use of small unmanned aerial systems for sharp-tailed grouse lek surveys. *Wildlife Biology*. <https://doi.org/10.2981/wlb.00679>.
- RODRÍGUEZ, A., J.J. NEGRO, M. MULERO, C. RODRÍGUEZ, J. HERNÁNDEZ-PLIEGO et J. BUSTAMANTE, 2012. The eye in the sky: Combined use of unmanned aerial systems and GPS data loggers for ecological research and conservation of small birds. *PLoS ONE*, 7 (12) : e50336. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0050336>.
- ROVERO, F. et F. ZIMMERMANN, 2016. Camera trapping for wildlife research. Pelagic Publishing, Exeter, UK, 320 p.
- SARDÀ-PALOMERA, F., G. BOTA, C. VIÑOLO, O. PALLARÉS, V. SAZATORNIL, L. BROTONS, S. GOMÁRIZ et F. SARDÀ, 2012. Fine-scale bird monitoring from light unmanned aircraft systems. *Ibis*, 154 : 177-183. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2011.01177.x>.
- SASSE, D.B., 2003. Job-related mortality of wildlife workers in the United States, 1937-2000. *Wildlife Society Bulletin*, 31 : 1015-1020.
- SCHAUB, J., B.P.V. HUNT, E.A. PAKHOMOV, K. HOLMES, Y. LU et L. QUAYLE, 2018. Using unmanned aerial vehicles (UAVs) to measure jellyfish aggregations. *Marine Ecology Progress Series*, 591 : 29-36. <https://doi.org/10.3354/meps12414>.
- SCHOFIELD, G., K. PAPAITSOROS, R. HAUGHEY et K. KATSELIDIS, 2017. Aerial and underwater surveys reveal temporal variation in cleaning-station use by sea turtles at a temperate breeding area. *Marine Ecology Progress Series*, 575 : 153-164. <https://doi.org/10.3354/meps12193>.
- SCHOLTEN, B.D., A.R. BEARD, H. CHOI, D.M. BAKER, M.E. CAULFIELD et D.S. PROPPE, 2020. Short-term exposure to unmanned aerial vehicles does not alter stress responses in breeding tree swallows. *Conservation Physiology*, 8 (1) : coaa080. <https://doi.org/10.1093/conphys/coaa080>.
- SCOBIE, C.A. et C.H. HUGENHOLTZ, 2016. Wildlife monitoring with unmanned aerial vehicles: Quantifying distance to auditory detection. *Wildlife Society Bulletin*, 40 (4) : 781-785. <https://doi.org/10.1002/wsb.700>.
- SEMEL, B.P., S.M. KARPANTY, F.F. VOLOLONIRINA et A.N. RAKOTONANAHARY, 2020. Eyes in the sky: Assessing the feasibility of low-cost, ready-to-use unmanned aerial vehicles to monitor primate populations directly. *Folia Primatologica*, 91 (1) : 69-82. <https://doi.org/10.1159/000496971>.
- SEYMOUR, A.C., J. DALE, M. HAMMILL, P.N. HALPIN et D.W. JOHNSTON, 2017. Automated detection and enumeration of marine wildlife using unmanned aircraft systems (UAS) and thermal imagery. *Scientific Reports*, 7 : 45127. <https://doi.org/10.1038/srep45127>.
- SILVY, N.J. (édit.), 2012. The wildlife techniques manual—Research (Vol. 1). 7<sup>e</sup> édition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, 686 p.
- [Sépaq] SOCIÉTÉ DES ÉTABLISSEMENTS DE PLEIN AIR DU QUÉBEC, 2020. Utilisation des drones. Disponible en ligne à : [https://www.sepaq.com/annexes/quoi-faire/utilisation-drones.dot?language\\_id=2](https://www.sepaq.com/annexes/quoi-faire/utilisation-drones.dot?language_id=2). [Visité le 2021-07-09].
- STARK, D.J., I.P. VAUGHAN, L.J. EVANS, H. KLER et B. GOOSSENS, 2017. Combining drones and satellite tracking as an effective tool for informing policy change in riparian habitats: A proboscis monkey case study. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 4 (1) : 44-52. <https://doi.org/10.1002/rse2.51>.
- SUN, T., S. YI, F. HOU, D. LUO, J. HU et Z. ZHOU, 2020. Quantifying the dynamics of livestock distribution by unmanned aerial vehicles (UAVs): A case study of yak grazing at the household scale. *Rangeland Ecology and Management*, 73 : 642-648. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2020.05.004>.
- THAPA, G.J., K. THAPA, R. THAPA, S.R. JNAWALI, S.A. WICH, L.P. POUDYAL et S. KARKI, 2018. Counting crocodiles from the sky: Monitoring the critically endangered gharial (*Gavialis gangeticus*) population with an unmanned aerial vehicle (UAV). *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 6 : 71-82. <https://doi.org/10.1139/juvs-2017-0026>.

- THE ORNITHOLOGICAL COUNCIL, 2018. Guidelines to the use of wild birds in—2018 Supplement—Summary of literature reporting use of drones to study birds. Washington, D.C., 14 p.
- TYLER, S., O.P. JENSEN, Z. HOGAN, S. CHANDRA, L.M. GALLAND et J. SIMMONS, 2018. Perspectives on the application of unmanned aircraft for freshwater fisheries census. *Fisheries*, 43 (11): 510-516. <https://doi.org/10.1002/FSH.10167>.
- VAN ANDEL, A.C., S.A. WICH, C. BOESCH, L.P. KOH, M.M. ROBBINS, J. KELLY et H.S. KUEHL, 2015. Locating chimpanzee nests and identifying fruiting trees with an unmanned aerial vehicle. *American Journal of Primatology*, 77: 1122-1134. <https://doi.org/10.1002/ajp.22446>.
- VAN GEMERT, J.C., C.R. VERSCHOOR, P. METTES, K. EPEMA, L.P. KOH et S. WICH, 2014. Nature conservation drones for automatic localization and counting of animals. Dans: AGAPITO, L., M.M. BRONSTEIN et C. ROTHER (édit.). *Lecture notes in computer science*. Vol. 8925, Intelligent Sensory Information Systems, Springer, New York, p. 255-270.
- VAS, E., A. LESCROËL, O. DURIEZ, G. BOGUSZEWSKI et D. GRÉMILLET, 2015. Approaching birds with drones: First experiments and ethical guidelines. *Biology Letters*, 11 (2): 20140754. <http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2014.0754>.
- VERMEULEN, C., P. LEJEUNE, J. LISEIN, P. SAWADOGO et P. BOUCHÉ, 2013. Unmanned aerial survey of elephants. *PLoS ONE*, 8 (2): e54700. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054700>.
- WALLACE, P., R. MARTIN et I. WHITE, 2018. Keeping pace with technology: Drones, disturbance and policy deficiency. *Journal of Environmental Planning and Management*, 61 (7): 1271-1288. <https://doi.org/10.1080/09640568.2017.1353957>.
- WANG, D.L., Q.Q. SHAO et H.Y. YUE, 2019. Surveying wild animals from satellites, manned aircraft and unmanned aerial systems (UASs): A review. *Remote Sensing*, 11 (11): 1308. <https://doi.org/10.3390/rs11111308>.
- WANG, Y., Z. LU, Y. SHENG et Y. ZHOU, 2020. Remote sensing applications in monitoring of protected areas. *Remote Sensing*, 12 (9): 1370. <https://doi.org/10.3390/rs12091370>.
- WATTS, A.C., J.H. PERRY, S.E. SMITH, M.A. BURGESS, B.E. WILKINSON, Z. SZANTOI, P.G. IFJU et H.F. PERCIVAL, 2010. Small unmanned aircraft systems for low-altitude aerial surveys. *Journal of Wildlife Management*, 74 (7): 1614-1619. <https://doi.org/10.2193/2009-425>.
- WEISSENSTEINER, M.H., J.W. POELSTRA et J.B.W. WOLF, 2015. Low-budget ready-to-fly unmanned aerial vehicles: An effective tool for evaluating the nesting status of canopy-breeding bird species. *Journal of Avian Biology*, 46 (4): 425-430. <https://doi.org/10.1111/jav.00619>.
- WHITE, C.M., N.J. CLUM, T.J. CADE et W.G. HUNT, 2002. Peregrine falcon (*Falco peregrinus*), version 2.0. Dans: POOLE, A.F. et F.B. GILL (édit.). *The Birds of North America*. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, États-Unis. <https://doi.org/10.2173/bna.660>.
- WHITEHEAD, K., C.H. HUGENHOLTZ, S. MYSHAK, O. BROWN, A. LECLAIR, A. TAMMINGA, T. E. BARCHYN, B. MOORMAN et B. EATON, 2014. Remote sensing of the environment with small unmanned aircraft systems (UASs), part 2: Scientific and commercial applications. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 2: 86-102. <http://dx.doi.org/10.1139/juvs-2014-0007>.
- WICH, S.A. et L.P. KOH, 2018. Conservation drones: Mapping and monitoring biodiversity. Oxford University Press, Oxford, 118 p. <http://doi.org/10.1093/oso/9780198787617.001.0001>.
- WICH, S., D. DELLATORE, M. HOUGHTON, R. ARDI et L.P. KOH, 2016. A preliminary assessment of using conservation drones for Sumatran orang-utan (*Pongo abelii*) distribution and density. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 4: 45-52. <http://dx.doi.org/10.1139/juvs-2015-0015>.
- WIEGMANN, D.A. et N. TANEJA, 2003. Analysis of injuries among pilots involved in fatal general aviation airplane accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 35: 571-577. [https://doi.org/10.1016/s0001-4575\(02\)00037-4](https://doi.org/10.1016/s0001-4575(02)00037-4).
- WILSON, D.E., F.R. COLE, J.D. NICHOLS, R. RUDRAN et M.S. FOSTER (édit.), 1996. *Measuring and monitoring biological diversity—Standard methods for mammals*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., 409 p.
- WITCZUK, J., S. PAGACZ, A. ZMARZ et M. CYPEL, 2017. Exploring the feasibility of unmanned aerial vehicles and thermal imaging for ungulate surveys in forests—Preliminary results. *International Journal of Remote Sensing*, 39 (15-16): 5504-5521. <https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1390621>.
- XU, B., W. WANG, G. FALZON, P. KWAN, L. GUO, G. CHEN, A. TAIT et D. SCHNEIDER, 2020. Automated cattle counting using Mask R-CNN in quadcopter vision system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 171: 105300. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105300>.
- ZHANG, H., C. WANG, S. T. TURVEY, Z. SUN, Z. TAN, Q. YANG, W. LONG, X. WU et D. YANG, 2020. Thermal infrared imaging from drones can detect individuals and nocturnal behavior of the world's rarest primate. *Global Ecology and Conservation*, 23: e01101. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01101>.

**Annexe 1 : Liste des espèces fauniques étudiées avec des drones selon la littérature consultée.**

Espèces	Drone	Capteur	Réponse au drone	Type d'étude	Références
<b>Faune aquatique</b>					
Méduse <i>Aurelia</i> spp.	Quadricoptère DJI Phantom 3	Caméra intégrée du drone	Non étudiée	Évaluation de la biomasse	Schaub et collab. (2018)
Requins et raies (plusieurs espèces)	Quadricoptère DJI Phantom 2 et Vision 2+	Caméra intégrée du drone et filtre polarisant	Non étudiée Altitude de 7,6 m	Dénombrement Identification	Hensel et collab. (2018), Kiszka et collab. (2016)
Requin à pointes noires <i>Carcharhinus melanopterus</i>	Quadricoptère DJI Phantom 2	Caméra GoPro Hero 3	Non étudiée Altitude de 12 m	Comportement	Rieucou et collab. (2018)
Requin-tigre <i>Galeocerdo cuvier</i>	Quadricoptère DJI Phantom 4	Caméra intégrée du drone	Non étudiée Altitude non spécifiée	Comportement charognard	Gallagher et collab. (2018)
Saumon chinook <i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	Quadricoptère Aeryon Scout Hexacoptère Mikrocopter	Caméra GoPro Hero 3	Non étudiée	Dénombrement	Groves et collab. (2016)
Saumon du Pacifique <i>Oncorhynchus keta</i>	Hélicoptère Voyager GSR260	Caméra grand-angle EOS Kiss X et filtre polarisant	Évite l'ombre du drone à 7 m d'altitude Altitude de 7 à 32 m	Dénombrement	Kudo et collab. (2012)
Saumon sockeye <i>Oncorhynchus nerka</i>	Planeur Outlander UAS	Caméra Panasonic Lumix-LX3	Non étudiée	Dénombrement	Whitehead et collab. (2014)
Taïmen <i>Hucho taimen</i>	Quadricoptère DJI Phantom 4 Pro	Caméra intégrée du drone	Non étudiée Altitude de 20 m	Détection Dénombrement	Tyler et collab. (2018)
<b>Herpétofaune</b>					
Alligator <i>Alligator mississippiensis</i>	Quadricoptère DJI Phantom 2	Caméra intégrée du drone	Non étudiée Altitude de 8 à 10 m	Détection	Elsley et Trosclair III (2016)
Crocodile du Nil <i>Crocodylus niloticus</i>	Quadricoptère DJI Phantom 3	Caméra intégrée du drone	Non étudiée Altitudes de 40, 55 et 70 m	Suivi de population	Ezat et collab. (2018)
Crocodile marin <i>Crocodylus porosus</i>	Quadricoptère DJI Phantom 4 Pro	Caméra intégrée du drone	Aucun dérangement dans l'eau Démonstration agressive sur la plage et fuite dans l'eau à moins de 50 m d'altitude Altitude de 10 à 50 m	Réponse comportementale face au drone	Bevan et collab. (2018)
Crocodile des marais <i>Crocodylus palustris</i>	Planeur TBS Caipirinha	GoPro Hero3+ Silver édition	Non étudiée Altitude de 80 m	Dénombrement Identification	Thapa et collab. (2018)
Gavial <i>Gavialis gangeticus</i>					
Petite grenouille verte d'Europe <i>Pelophylax lessonae</i>	Quadricoptère DJI Mavic Air	Caméra intégrée du drone	Non étudiée Altitude de 6 m	Dénombrement	Dufresnes et collab. (2020)
Cistude d'Europe <i>Emys orbicularis</i>	Quadricoptère DJI Phantom 3 Pro	Caméra intégrée du drone	Plonge dans l'eau à une altitude de moins de 10 m Altitudes de 10 et 14 m	Détection Dénombrement Identification	Biserkov et Lukanov (2017)
Tortue à oreilles rouges <i>Trachemys scripta elegans</i>					
Tortues d'eau douce	Quadricoptère DJI Mavic Pro	Caméra intégrée du drone	Non étudiée Altitudes de 10 et 30 m	Détection	Daniels (2018)

C O N S E R V A T I O N

Espèces	Drone	Capteur	Réponse au drone	Type d'étude	Références
Tortue géographique <i>Graptemys geographica</i>	Quadricoptère DJI Phantom 4 Pro V2 Quadricoptère DJI Mavic 2 Pro	Caméra intégrée du drone	Aucun à 30 m Altitudes de 2 à 30 m	Détection Dénombrement Identification	Hydro-Québec (Jean- Philippe Gilbert, biologiste, comm. pers., 30 octobre 2020)
Tortue peinte <i>Chrysemys picta</i>					
Tortue serpentine <i>Chelydra serpentina</i>					
Tortue peinte <i>Chrysemys picta</i>	Quadricoptère DJI Mavic Pro	Caméra intégrée du drone et filtre polarisant	Effarouchement à une altitude inférieure à 6 m Altitudes de 2 à 10 m	Détection Dénombrement Identification	Bureau Environnement et Terre d'Odanak (Émile Gariépy, comm. pers., 26 octobre 2020)
Tortue serpentine <i>Chelydra serpentina</i>					
Tortue à dos plat <i>Natator depressus</i>	Quadricoptère DJI Inspire 1 Quadricoptère DJI Phantom 3 Pro Quadricoptère DJI Phantom 4 Pro	Caméra intégrée du drone	Aucun dérangement Altitude de 6,2, 10, 20 et 30 m	Détection Identification Suivi de la reproduction Comportement reproducteur	Bevan et collab. (2016, 2018) Schofield et collab. (2017)
Tortue imbriquée <i>Eretmochelys imbricata</i>					
Tortue verte <i>Chelonia mydas</i>					
<b>Avifaune</b>					
Balbuzard pêcheur <i>Pandion haliaetus</i>	Quadricoptère Draganflyer X-4	Caméra GoPro Hero 1	Variable selon les espèces, mais dérangement faible Distances de 3 à 5 m	Inventaire de nids	Junda et collab. (2015; 2016)
Buse à queue rousse <i>Buteo jamaicensis</i>					
Buse rouilleuse <i>Buteo regalis</i>					
Pygargue à tête blanche <i>Haliaeetus leucocephalus</i>					
Bernache du Canada <i>Branta canadensis</i>	Planeur CropCam Planeur Trimble UX5	CropCam : Caméra intégrée du drone Trimble : Caméra Sony NEX-5R	Aucun dérangement à 183 m d'altitude Vigilance à 75 m d'altitude Altitudes de 75 et 183 m	Dénombrement Réponse comportementale face au drone	Chabot (2009) Chabot et Bird (2012) Barnas et collab. (2018 b)
Oie des neiges <i>Chen caerulescens</i>					
Canard colvert <i>Anas platyrhynchos</i>	Quadricoptère Cileone Phantom	Caméra GoPro Hero 3	Peu de dérangement observé Altitudes de 2 à 30 m	Réponse comportementale face au drone	Vas et collab. (2015)
Chevalier aboyeur <i>Tringa nebularia</i>					
Flamant rose <i>Phoenicopterus roseus</i>					
Corneille mantelée <i>Corvus cornix</i>	Quadricoptère DJI Phantom 2 Vision	Caméra intégrée du drone	Cris d'alarme et défense du nid à une altitude de 5 m au-dessus du nid	Inventaire de nids	Weissensteiner et collab. (2015)
Échassiers	Planeur A.U.A.V.	Caméra Canon Elura 2 et black-and- white CMOS	Non étudiée Altitude non spécifiée	Développement d'un algorithme pour le dénombrement automatisé	Abd-Elrahman et collab. (2005)

C O N S E R V A T I O N

Espèces	Drone	Capteur	Réponse au drone	Type d'étude	Références
Engoulevent d'Europe <i>Caprimulgus europaeus</i>	Octocoptère Falcon 8	Non spécifié	Aucun dérangement Altitudes de 10, 20 et 50 m	Détection	BES (2018)
Frégate ariel <i>Fregata ariel</i>	Octocoptère X8, 3D Robotics	Caméra Canon EOS M	Non étudiée X8: altitude de 75 m FX19: altitude de 120 m	Dénombrement	Hodgson et collab. (2018)
Gorfou de Schlegel <i>Eudypetes schlegeli</i>	Planeur FX79				
Sterne huppée <i>Thalasseus bergii</i>	airframe				
Fulmar boréal <i>Fulmarus glacialis</i>	Quadricoptère DJI Phantom 4 Pro	Caméra intégrée du drone	Non étudiée Distance de 150 m	Suivi de population	Mallory et collab. (2020)
Grand héron <i>Ardea herodias</i>	Quadricoptère DJI Spark	Caméra intégrée du drone	Aucun dérangement Altitude à 90 m	Inventaire de nids	Laporte (2019)
Goéland arctique <i>Larus glaucooides</i>	Quadricoptère DJI Phantom 4	Caméra intégrée du drone	Vigilance, fuite lors du passage du drone et prédation des nids abandonnés Distances de 15 et 30 m	Réponse comportementale face au drone	Brisson-Curadeau et collab. (2017)
Goéland bourgmestre <i>Larus hyperboreus</i>					
Guillemot de Brünnich <i>Uria lomvia</i>					
Guillemot marmette <i>Uria aalge</i>					
Goéland cendré <i>Larus canus</i>	Octocoptère Falcon 8 Quadricoptère MD4-1000	Falcon 8 : Sony NEX5 MD4-1000 : Olympus PEN E2	Non étudiée Altitudes de 50 et 55 m	Développement d'un algorithme pour le dénombrement automatisé	Grenzdörffer (2013)
Hirondelle bicolor <i>Tachycineta bicolor</i>	Quadricoptère DJI Inspire 1	Caméra intégrée du drone	Comportement agressif Distances de 1,5 m à 10 m	Réponse comportementale face au drone Réponse physiologique	Scholten et collab. (2020)
Ibis d'Australie <i>Threskiornis spinicollis</i> et plusieurs autres espèces	Quadricoptère DJI Phantom 3 Aile Delta eBee Hexacoptère DJI S900	Caméra intégrée du drone	Selon les espèces : aucune réaction, réaction à 10 m, agressivité, vocalisation agressive, attaque du drone, comportement défensif à moins de 5 m Altitudes de 5 à 120 m	Réponse comportementale face au drone	Lyons et collab. (2018)
Manchot à jugulaire <i>Pygoscelis antarctica</i>	Octocoptère MK-OktoXL Quadricoptère APQ-18 Hexacoptère APH-22	Caméras Sony NEX-5, Canon EOS-M, Olympus E-P1 et Canon EOS M	Aucun dérangement Altitude de 30 m	Dénombrement	Goebel et collab. (2015), Ratcliffe et collab. (2015)
Manchot papou <i>Pygoscelis papua</i>	Octocoptère DJI Naza F550				
Mouette rieuse <i>Chroicocephalus ridibundus</i>	Planeur bimoteur Multiplex Twin Star II	Panasonic Lumix FT-1	Aucun dérangement Altitudes de 30 à 40 m	Dénombrement	Sardà-Palomera et collab. (2012)
Oiseaux de mer (plusieurs espèces)	Quadricoptère DJI Phantom 2	Caméra GoPro Hero 4	Aucun dérangement Altitudes de 20 à 150 m	Dénombrement	McClelland et collab. (2016)

C O N S E R V A T I O N

Espèces	Drone	Capteur	Réponse au drone	Type d'étude	Références
Pygargue de Steller <i>Haliaeetus pelagicus</i>	Quadricoptère Arducopter	Caméra GoPro 2	Très peu de dérangement lorsque le drone est près du nid Altitude ou distance non spécifiée	Inventaire de nids	Potapov et collab. (2013)
Sterne pierregarin <i>Sterna hirundo</i>	Planeur AI-Multi UAS	Caméra Canon PowerShot S90	Aucun dérangement Altitudes de 91 et de 122 m	Dénombrement	Chabot et collab. (2015)
Tétras à queue fine <i>Tympanuchus phasianellus</i>	Quadricoptère DJI Phantom 4	Caméra intégrée du drone	Fuite à moins de 30 m d'altitude Altitudes de 30 et 121 m	Détection Dénombrement	Rischette et collab. (2020)
Tétras des armoises <i>Centrocercus urophasianus</i>	Planeur Raven RQ-11A	Capteur NADIR infrarouge Caméra GoPro Hero 3 Black Edition	Aucun dérangement Altitudes de 61 à 104 m selon capteur	Détection Dénombrement Suivi de population	Hanson et collab. (2014)
Vautour du Cap <i>Gyps coprotheres</i>	Non spécifié	Non spécifié	Non spécifié Altitude non spécifiée	Dénombrement	Jewitt (2018)
<b>Mammifères terrestres</b>					
Antilope du Tibet <i>Pantholops hodgsonii</i>	Aile Delta Trimble UX5	Caméra Sony a5100 APS-C	Non étudiée Altitudes de 32, 125 et 250 m	Dénombrement	Hu et collab. (2020)
Belette <i>Mustela spp.</i>	Quadricoptère DJI Inspire 1	Capteur thermique DJI Zenmuse XT2 R	Aucun dérangement Altitudes de 15 et 75 m, distances horizontales de 125 et 300 m Observation : les bovins réagissent à la présence d'un drone (fuite)	Détection	Bushaw et collab. (2019)
Blaireau d'Amérique <i>Taxidea taxus</i>					
Bovins <i>Bos sp.</i>					
Chat domestique <i>Felis silvestris catus</i>					
Chien domestique <i>Canis lupus familiaris</i>					
Coyote <i>Canis latrans</i>					
Mouffette rayée <i>Mephitis mephitis</i>					
Raton laveur <i>Procyon lotor</i>					
Renard roux <i>Vulpes vulpes</i>					
Caribou <i>Rangifer tarandus</i>	Quadricoptère Aeryon Scout	Non spécifié	Aucun dérangement Altitude de 60 m (animaux en captivité)	Réponse comportementale face au drone	Christie et collab. (2016)
Castor d'Europe <i>Castor fiber</i>	Hexacoptère 3D Robotics Y6	Caméra Canon S100	Non étudiée Altitude de 25 m	Influence du castor sur l'environnement	Puttock et collab. (2015)
Cerf de Virginie <i>Odocoileus virginianus</i>	Canard Ritewing Drak Quadricoptère 3DR Solo	Capteur infrarouge FLIR Vue Pro	Non étudiée Altitude de 100 m	Détection Dénombrement	Beaver et collab. (2020), Ott (2020)

CONSERVATION

Espèces	Drone	Capteur	Réponse au drone	Type d'étude	Références
Chevreuril européen <i>Capreolus capreolus</i>	Drone personnalisé à partir d'un fuselage d'un planeur Easy Fly	Caméra Panasonic Lumix LX-3	Non étudiée Altitude de 100 m	Détection Dénombrement	Barasona et collab. (2014), Israel (2011)
Daim européen <i>Dama dama</i>					
Chimpanzé <i>Pan troglodytes</i>	Planeur Maya	Caméra Canon Powershot SX230 HS	Non étudiée Nids difficiles à voir sous canopée Altitudes de 80 à 110 m	Détection	van Andel et collab. (2015)
Éléphant de savane <i>Loxodonta africana</i>	Aile Delta Gatewing X100	Caméra Ricoh GR3	Vigilance à moins de 60 m Aucun dérangement à 100 et 300 m Altitudes de 60 à 300 m	Dénombrement	Bennitt et collab. (2019) Vermeulen et collab. (2013)
Garrano <i>Equus ferus caballus</i>	DJI Phantom 3 Pro	Caméra intégrée du drone	Aucun dérangement à 10 m d'altitude Distances de 10 à 50 m	Comportement	Inoue et collab. (2019)
Gibbon de Hainan <i>Nomascus hainanus</i>	Hexaoptère DJI Matrice 600 Pro	Capteur infrarouge, marque non spécifiée	Non étudiée Altitude de 380 m, soit 50 m au-dessus de la canopée	Détection Comportement nocturne	Zhang et collab. (2020)
Hippopotame commun <i>Hippopotamus amphibius</i>	Octooptère Falcon 8+	Capteur infrarouge Tamarisk 640	Non étudiée Altitudes de 38 à 115 m	Développement d'un algorithme pour le dénombrement automatisé	Lhoest et collab. (2015)
Kangourou géant <i>Macropus giganteus</i>	Quadricoptère DJI Phantom 3 Advanced	Caméra intégrée du drone	Fuite à 30 m d'altitude Altitudes de 30 à 120 m	Réponse comportementale face au drone	Brunton et collab. (2019)
Koala <i>Phascolarctos cinereus</i>	Hexaoptère S800 EVO	Capteur infrarouge FLIR Tau 2-640	Non étudiée Altitudes de 20, 60 et 80 m	Développement d'un algorithme pour le dénombrement automatisé	Gonzalez et collab. (2016)
Molosse du Brésil <i>Tadarida brasiliensis</i>	Quadricoptère personnalisé	Détecteur d'ultrasons Ultramic 250 Capteur thermique Viento 320	Aucun dérangement, évite le drone Altitudes de 5 à 50 m	Réponse comportementale face au drone Dénombrement acoustique	Fu et collab. (2018)
Ongulés	Planeur AVI-1 Aile Delta Skywalker X8 Flying Wing	Capteur thermique et infrarouge TIR IRMOD v640	Non étudiée Altitude de 150 m	Détection	Witczuk et collab. (2017)
Ongulés africains	Quadricoptère DJI Phantom 3 pro Quadricoptère DJI Inspire 1	Caméra intégrée du drone	Vigilance à 60 m d'altitude et à 100 m de distance Altitudes de 10 à 100 m	Réponse comportementale face au drone	Bennitt et collab. (2019)
Orang-outan <i>Pongo pygmaeus</i>	Aile Delta Skywalker 2013	Caméra Canon S100	Non étudiée Altitude de 80 m	Dénombrement Distribution spatiale	Wich et collab. (2016)



Espèces	Drone	Capteur	Réponse au drone	Type d'étude	Références
Ours noir <i>Ursus americanus</i>	Quadricoptère Iris+	Caméra GoPro Hero 3+	Aucun dérangement visible Réaction physiologique notée Désensibilisation avec le temps Altitudes de 15 m et 20 m	Réponse comportementale face au drone Réponse physiologique	Ditmer et collab. (2015, 2018)
Rhinocéros blanc <i>Ceratotherium simum</i>	Planeur Easy Fly St-330	Caméra Panasonic Lumix LX-3	Aucun dérangement	Prévention du braconnage	Mulero-Pázmány et collab. (2014)
Rhinocéros noir <i>Diceros bicornis</i>		Caméra GoPro Hero 2 Capteur infrarouge Thermoteknix Micro CAM			
Yack <i>Bos mutus</i>	Quadricoptère DJI Phantom 3 Pro	Caméra intégrée du drone	Aucun dérangement Altitude de 100 m	Distribution spatiale	Sun et collab. (2020)
<b>Mammifères marins</b>					
Baleine à bosse <i>Megaptera novaeangliae</i>	Hexacooptère APH-22 Quadricoptère DJI Phantom 2	Caméra GoPro Hero 3 Dispositif de prise d'échantillon aérien	Aucun dérangement Altitudes de 2 à 5 m	Microbiologie	Apprill et collab. (2017) Dominguez-Sánchez et collab. (2018)
Baleine bleue <i>Balaenoptera musculus</i>	Hexacooptère APH-22	Caméra Olympus E-PM2	Aucun dérangement Altitudes de 50 à 60 m	Photogrammétrie	Durban et collab. (2016)
Baleine boréale <i>Balaena mysticetus</i>	Planeur TD100E	Caméra GoPro	Aucun dérangement Altitudes de 120 à 210 m	Identification des individus	Koski et collab. (2015)
Baleine franche australe <i>Eubalaena australis</i>	Quadricoptère DJI Inspire 1 Pro	DJI Zenmuse X5 et filtre polarisant	Non étudiée Altitudes de 5 à 120 m	Photogrammétrie	Christiansen et collab. (2018)
Béluga <i>Delphinapterus leucas</i>	Hexacooptère, APH-22	Non spécifié	Non étudiée Altitude non spécifiée	Suivi de population	NOAA (2017)
Dugong <i>Dugong dugon</i>	Planeur ScanEagle	Caméra Nikon D90	Non étudiée Altitude de 152 m	Suivi de population	Hodgson et collab. (2013)
Épaulard <i>Orcinus orca</i>	Hexacooptère APH-22	Caméra Olympus E-PM2	Aucun dérangement Altitudes de 35 à 40 m	Photogrammétrie	Durban et collab. (2015)
Léopard de mer <i>Hydrurga leptonyx</i>	Hexacooptère APH-22	Caméra Olympus E-PM2	Aucun dérangement (animaux anesthésiés) Altitudes de 23, 30 et 45 m	Photogrammétrie	Krause et collab. (2017)
Loutre de mer <i>Enhydra lutris</i>	Quadricoptère Aeryon Scout Hexacooptère APH-22	Non spécifié	Non étudiée Loutre: altitude non spécifiée Otarie: altitude de 45 m	Loutre: Comportement d'alimentation Otarie: Dénombrement et identification des individus	Christie et collab. (2016)
Otarie de Steller <i>Eumetopias jubatus</i>					
Phoque gris <i>Halichoerus grypus</i>	Planeur Ebee	Caméra intégrée du drone	Aucun dérangement Altitudes de 75 à 80 m	Réponse comportementale face au drone	Arona et collab. (2018)
Phoque rubané <i>Histiophoca fasciata</i>	Planeur ScanEagle	Caméra Nikon D300	Aucun dérangement Altitude de 122 m	Détection Identification	Moreland et collab. (2015)
Phoque tacheté <i>Phoca largha</i>					

CONSERVATION

Espèces	Drone	Capteur	Réponse au drone	Type d'étude	Références
<i>Entomofaune</i>					
Échancré <i>Libythea celtis</i>	Quadricoptère DJI Phantom 2 Vision+	Caméra intégrée du drone	À moins de 4 m, le déplacement d'air du drone perturbe le vol des papillons Altitude de 4 m	Suivi de population	Ivošević et collab. (2017)
Termitière	Quadricoptère RiCOPTER	Capteur Lidar VUX-1UAV	Non étudiée Altitude de 55 m	Caractérisation structurale 3D	D'hont et collab. (2021)

## Annexe 2 : Ensemble des références consultées dans le cadre de cette revue de littérature

- ANDREW, M.E. et J.M. SHEPHARD, 2017. Semi-automated detection of eagle nests: An application of very high-resolution image data and advanced image analyses to wildlife surveys. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 3 (2): 66-80. <https://doi.org/10.1002/rse2.38>.
- AOKI K., S. ISOJUNNO, C. BELLOT, T. IWATA, J. KERSHAW, Y. AKIYAMA, L.M. MARTÍN LÓPEZ, C. RAMP, M. BIJW, R. SWIFT, P.J. WENSVEEN, P. POMEROY, T. NARAZAKI, A. HALL, K. SATO et P.J.O. MILLER, 2021. Aerial photogrammetry and tag-derived tissue density reveal feeding patterns of lipid-store body condition of humpback whales on their feeding grounds. *Proceedings of the Royal Society B*, 288: 20202307. <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.2307>.
- BARR, J.R., M.C. GREEN, S.J. DEMASO et T.B. HARDY, 2018. Detectability and visibility biases associated with using a consumer-grade unmanned aircraft to survey nesting colonial waterbirds. *Journal of Field Ornithology*, 89 (3): 242-57. <https://doi.org/10.1111/jfo.12258>.
- BARRETO, J., L. CAJAIBA, J.B. TEIXEIRA, L. NASCIMENTO, A. GIACOMO, N. BARCELOS, T. FETTERMANN et A. MARTINS, 2021. Drone-monitoring: Improving the detectability of threatened marine megafauna. *Drones*, 5: 14. <https://doi.org/10.3390/drones5010014>.
- BAXTER, P.W.J. et G. HAMILTON, 2018. Learning to fly: Integrating spatial ecology with unmanned aerial vehicle surveys. *Ecosphere*, 9 (4): 2194-94. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2194>.
- BAYRAM, H., K. DODDAPANENI, N. STEFAS et V. ISLER, 2016. Active localization of VHF collared animals with aerial robots. Dans: 2016 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering, CASE 2016, IEEE Computer Society, p. 97-103. <https://doi.org/10.1109/COASE.2016.7743503>.
- BIBBY, C.J., N.D. BURGESS, D.A. HILL et S.H. MUSTOE, 2000. Bird census techniques. 2<sup>e</sup> édition. Academic Press, New York, 302 p.
- BIRD, C.N., A.H. DAWN, J. DALE et D.W. JOHNSTON, 2020. A semi-automated method for estimating Adélie penguin colony abundance from a fusion of multispectral and thermal imagery collected with unoccupied aircraft systems. *Remote sensing*, 12: 3692. <https://doi.org/10.3390/rs12223692>.
- BLOOM, D., P.A. BUTCHER, A.P. COLEFAX, E.J. PROVOST, B.R. CULLIS et B.P. KELAHER, 2019. Drones detect illegal and derelict crab traps in a shallow water estuary. *Fisheries Management and Ecology*, 26 (4): 311-318. <https://doi.org/10.1111/fme.12350>.
- BOLLARD-BREEN, B., J.D. BROOKS, M.R.L. JONES, J. ROBERTSON, S. BETSCHAT, O. KUNG, S.C. CARY, C.K. LEE et S.B. POINTING, 2014. Application of an unmanned aerial vehicle in spatial mapping of terrestrial biology and human disturbance in the McMurdo Dry Valleys, East Antarctica. *Polar Biology*, 38: 573-578. <https://doi.org/10.1007/s00300-014-1586-7>.
- BOON, M.A., R. GREENFIELD et S. TEFAMICHAEL, 2016. Wetland assessment using unmanned aerial vehicle (UAV) photogrammetry. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLI-B1: 781-788. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLI-B1-781-2016>.
- BOROWICZ, A., P. MCDOWALL, C. YOUNGFLESH, T. SAYRE-MCCORD, G. CLUCAS, R. HERMAN, S. FORREST, M. RIDER, M. SCHWALLER, T. HART, S. JENOUVRIER, M.I.J. POLITO, H. SINGH et H.J. LYNCH, 2018. Multi-modal survey of Adélie penguin mega-colonies reveals the Danger Islands as a seabird hotspot. *Scientific Reports*, 8: 3926. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22313-w>.
- BOYD, C., R.C. HOBBS, A.E. PUNT, K.E.W. SHELDEN, C.L. SIMS et P.R. WADE, 2019. Bayesian estimation of group sizes for a coastal cetacean using aerial survey data. *Marine Mammal Science*, 35 (4): 1322-1346. <https://doi.org/10.1111/mms.12592>.
- BRACK, I.V., A. KINDEL et L.F.B. OLIVEIRA, 2018. Detection errors in wildlife abundance estimates from unmanned aerial systems (UAS) surveys: Synthesis, solutions, and challenges. *Methods in Ecology and Evolution*, 9 (8): 1864-1873. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13026>.
- BRECKENRIDGE, R.P., M. DAKINS, S. BUNTING, J.L. HARBOUR et S. WHITE, 2011. Comparison of unmanned aerial vehicle platforms for assessing vegetation cover in sagebrush steppe ecosystems. *Rangeland Ecology and Management*, 64: 521-532. <https://doi.org/10.2111/REM-D-10-00030.1>.
- BROKER, K.C.A., R.G. HANSEN, K.E. LEONARD, W.R. KOSKI et M.P. HEIDE-JORGENSEN, 2019. A comparison of image and observer based aerial surveys of narwhal. *Marine Mammal Science*, 35 (4): 1253-1279. <https://doi.org/10.1111/mms.12586>.
- BURKE, C., M. RASHMAN, S. WICH, A. SYMONS, C. THERON et S. LONGMORE, 2019. Optimising observing strategies for monitoring animals using drone-mounted thermal infrared cameras. *International Journal of Remote Sensing*, 40: <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1558372>.
- BUSHAW, J., 2020. Applications of unmanned aerial vehicles for conducting mesocarnivore and breeding waterfowl surveys in Southern Manitoba. *Mémoire de maîtrise LSU, Valley City State University*, 61 p. <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1558372>.
- BUSHAW, J.D., K.M. RINGELMAN, M.K. JOHNSON, T. ROHRER et F.C. ROHWER, 2020. Applications of an unmanned aerial vehicle and thermal-imaging camera to study ducks nesting over water. *Journal of Field Ornithology*, 91 (4): 409-420. <https://doi.org/10.1111/jfo.12346>.
- BUTCHER, P.A., A.P. COLEFAX, R.A. GORKIN III, S.M. KAJIURA, N.A. LÓPEZ, J. MOURIER, C.R. PURCELL, G.B. SKOMAL, J.P. TUCKER, A.J. WALSH, J.E. WILLIAMSON et V. RAOULT, 2021. The Drone Revolution of Shark Science: A Review. *Drones*, 5: 8. <https://doi.org/10.3390/drones5010008>.
- CANAL, D. et J.J. NEGRO, 2018. Use of drones for research and conservation of birds of prey. Dans: José SARASOLA, S.H., J.M. GRANDE et J.J. NEGRO. (édit.). *Birds of prey—Biology and conservation in the XXI century*. Springer, Switzerland, p. 325-337.
- CANAL, D., M. MULERO-PÁZMÁNY, J.J. NEGRO et F. SERGIO, 2016. Decoration increases the conspicuousness of raptor nests. *PLoS ONE*, 11 (7): e0157440. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157440>.
- CASELLA, E., A. COLLIN, D. HARRIS, S. FERSE, S. BEJARANO, V. PARRAVICINI, J.L. HENCH et A. ROVERE, 2017. Mapping coral reefs using consumer-grade drones and structure from motion photogrammetry techniques. *Coral Reefs*, 36 (1): 269-275. <https://doi.org/10.1007/s00338-016-1522-0>.
- CASELLA, E., J. DRECHSEL, C. WINTER, M. BENNINGHOFF et A. ROVERE, 2020. Accuracy of sand beach topography surveying by drones and photogrammetry. *Geo-Marine Letters*, 40: 255-268. <https://doi.org/10.1007/s00367-020-00638-8>.
- CASTELBLANCO-MARTINEZ, D.N., M.P. BLANCO-PARRA, P. CHARRUAU, B. PREZAS, I. ZAMORA-VILCHIS et C.A. NINO-TORRES, 2019. Detecting, counting and following the giants of the sea: A review of monitoring methods for aquatic megavertebrates in the Caribbean. *Wildlife Research*, 46 (7): 545-556. <https://doi.org/10.1071/WR19008>.
- CHABOT, D. et C.M. FRANCIS, 2016. Computer-automated bird detection and counts in high-resolution aerial images: A review. *Journal of Field Ornithology*, 87: 343-359. <https://doi.org/10.1111/jfo.12171>.
- CHABOT, D. et D.M. BIRD, 2013. Small unmanned aircraft: Precise and convenient new tool for surveying wetlands. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 1: 15-24. <https://doi.org/10.1139/juvs-2013-0014>.
- CHABOT, D. et D.M. BIRD, 2015. Wildlife research and management methods in the 21<sup>st</sup> century: Where do unmanned aircraft fit in? *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 3: 137-155. <https://doi.org/10.1139/juvs-2015-0021>.
- CHABOT, D., C. DILLON, A. SHERROCK, N. WEISSFLOG et E.P.S. SAGER, 2018. Geo-information an object-based image analysis workflow for monitoring shallow-water aquatic vegetation in multispectral drone imagery. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7: 294. <https://doi.org/10.3390/ijgi7080294>.

- CHABOT, D., V. CARIGNAN et D.M. BIRD, 2014. Measuring habitat quality for least bitterns in a created wetland with use of a small unmanned aircraft. *Wetlands*, 34 (3): 527-33.
- CHEEK, B.D., T.B. GRABOWSKI, P.T. BEAN, J.R. GROESCHEL et S.J. MAGNELIA, 2016. Evaluating habitat associations of a fish assemblage at multiple spatial scales in a minimally disturbed stream using low-cost remote sensing. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 26 (1): 20-34. <https://doi.org/10.1002/aqc.2569>.
- CHRÉTIEN, L.-P., 2016. Détection et dénombrement de la moyenne et grande faune par imagerie visible et infrarouge thermique acquise à l'aide d'un aéronef sans pilote (ASP). Mémoire de maîtrise, Université de Sherbrooke, Faculté des lettres et sciences humaines, Département de géomatique appliquée, Sherbrooke, 143 p. + annexes. Disponible en ligne à : <http://hdl.handle.net/11143/8598>.
- CHRÉTIEN, L.-P., J. THÉAU et P. MÉNARD, 2015. Wildlife multispecies remote sensing using visible and thermal infrared imagery acquired from an unmanned aerial vehicle (UAV). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-1/W4: 241-248. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-1-W4-241-2015>.
- CHRÉTIEN, L.-P., J. THÉAU et P. MÉNARD, 2016. Visible and thermal infrared remote sensing for the detection and count of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) using an unmanned aerial vehicle. *Wildlife Society Bulletin*, 40 (1): 181-191. <https://doi.org/10.1002/wsb.629>.
- CHRISTIANSEN, F., A.M. DUJON, K.R. SPROGIS, J.P.Y. ARNOULD et L. BEJDER, 2016. Noninvasive unmanned aerial vehicle provides estimates of the energetic cost of reproduction in humpback whales. *Ecosphere*, 7: e01468. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1468>.
- CHRISTIANSEN, F., L. ROJANO-DOÑATE, P.T. MADSEN et L. BEJDER, 2016. Noise levels of multi-rotor unmanned aerial vehicles with implications for potential underwater impacts on marine mammals. *Frontiers in Marine Science*, 3: 277. <https://doi.org/10.3389/fmars.2016.00277>.
- CHRISTIANSEN, P., K.A. STEEN, R.N. JØRGENSEN et H. KARSTOFT, 2014. Automated detection and recognition of wildlife using thermal cameras. *Sensors*, 14: 13778-13793. <https://dx.doi.org/10.3390/s140813778>.
- CHUNG, M., C. DETWEILER, M. HAMILTON, J. HIGGINS, J.-P. ORE et S. THOMPSON, 2015. Obtaining the thermal structure of lakes from the air. *Water*, 7: 6467-6482. <https://doi.org/10.3390/w7116467>.
- CLIFF, O.M., D.L. SAUNDERS et R. FITCH, 2018. Robotic ecology: Tracking small dynamic animals with an autonomous aerial vehicle. *Science Robotics*, 3: eaat8409. <https://doi.org/10.1126/scirobotics.aat8409>.
- CLIFF, O.M., R. FITCH, S. SUKKARIEH, D.L. SAUNDERS et R. HEINSOHN, 2015. Online localization of radio-tagged wildlife with an automated aerial robot system (non paginé). Dans: *Proceedings of robotics: Science and systems*. Rome, Italie. <https://doi.org/10.15607/RSS.2015.XI.042>.
- COLEFAX, A.P., P.A. BUTCHER et B.P. KELAHER, 2018. The potential for unmanned aerial vehicles (UAVs) to conduct marine fauna surveys in place of manned aircraft. *ICES Journal of Marine Science*, 75 (1): 1-8. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx100>.
- CRUTSINGER, G.M., J. SHORT et R. SOLLENBERGER, 2016. The future of UAVs in ecology: An insider perspective from the Silicon Valley drone industry. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 4: 1161-1168. <https://doi.org/10.1139/juvs-2016-0008>.
- CUEVAS, E., N.F. PUTMAN, A. URIBE-MARTÍNEZ, M.C. LÓPEZ-Castro, V. GUZMÁN-HERNÁNDEZ, S.A. GALLEGOS-FERNÁNDEZ, M.Á. LICEAGA-CORREA, J.A. TRUJILLO-CÓRDOVA, R.J. GONZÁLEZ-DÍAZ-MIRÓN, A. NEGRETE-PHILLIPE, H.H. ACOSTA-SÁNCHEZ, R.C. MARTÍNEZ-PORTUGAL, M. LÓPEZ-HERNÁNDEZ, P. HUERTA-RODRÍGUEZ et J. SILVER, 2020. First spatial distribution analysis of male sea turtles in the Southern Gulf of Mexico. *Frontier in Marine Science*, 7: 561846. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.561846>.
- D'HONT, B., K. CALDERS, H. BARTHOLOMEUS, T. WHITESIDE, R. BARTOLO, S. LEVICK, S.M. KRISHNA MOORTHY, L. TERRY et H. VERBEECK, 2021. Characterising termite mounds in a tropical savanna with UAV laser scanning. *Remote Sensing*, 13, 476. <https://doi.org/10.3390/rs13030476>.
- DAVY, C.M., A.T. FORD et K.C. FRASER, 2017. Aeroconservation for the fragmented skies. *Conservation Letters*, 10 (6): 773-780. <https://doi.org/10.1111/conl.12347>.
- DE MELO, F., 2021. Drones for conservation: New techniques to monitor muriquis. *Oryx*, 55(2): 171. <https://doi.org/10.1017/S0030605321000028>.
- DEAR, E.J., P.-J. GUAY, R.W. ROBINSON et M.A. WESTON, 2015. Distance from shore positively influences alert distance in three wetland bird species. *Wetlands Ecology and Management*, 23 (2): 315-318. <https://doi.org/10.1007/s11273-014-9376-0>.
- DEHVARI, A. et R.J. HECK, 2012. Removing non-ground points from automated photo-based DEM and evaluation of its accuracy with LiDAR DEM. *Computer and Geosciences*, 43: 108-117. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2012.02.013>.
- DESROCHERS, A., J.A. TREMBLAY, Y. AUBRY, D. CHABOT, P. PACE et D.M. BIRD, 2018. Estimating wildlife tag location errors from a VHF receiver mounted on a drone. *Drones*, 2: 44. <https://doi.org/10.3390/drones2040044>.
- DI FRANCO, A., P. THIRIET, G. DI CARLO, C. DIMITRIADIS, P. FRANCOUR, N.L. GUTIÉRREZ, A.J. DE GRISSAC, D. KOUTSOUBAS, M. MILAZZO, M. OTERO, C. PIANTE, J. PLASS-JOHNSON, S. SAINZ-TRAPAGA, L. SANTAROSSA, S. TUDELA et P. GUIDETTI, 2016. Five key attributes can increase marine protected areas performance for small-scale fisheries management. *Scientific Reports*, 6: 38135. <https://doi.org/10.1038/srep38135>.
- DILL, L.M. et A. FRID, 2020. Behaviourally mediated biases in transect surveys: A predation risk sensitivity approach. *Canadian Journal of Zoology*, 98: 697-704. <https://doi.org/10.1139/cjz-2020-0039>.
- DOI, H., Y. AKAMATSU, Y. WATANABE, M. GOTO, R. INUI, I. KATANO, M. NAGANO, T. TAKAHARA et T. MINAMOTO, 2017. Water sampling for environmental DNA surveys by using an unmanned aerial vehicle. *Limnology and Oceanography-Methods*, 15 (11): 939-944. <https://doi.org/10.1002/lom3.10214>.
- DØSSING, A., E. LIMA SIMOES DA SILVA, G. MARTELET, T. MAACK RASMUSSEN, E. GLOUAGEN, J. THEJLL PETERSEN et J.A. LINDE, 2021. A high-speed, lightweight scalar magnetometer bird for km scale UAV magnetic surveying: On sensor choice, bird design, and quality of output data. *Remote Sensing*, 13: 649. <https://doi.org/10.3390/rs13040649>.
- DOUKARI, M., M. BATSARIS, A. PAPANIKOLANTINOU et K. TOPOUZELIS, 2019. A protocol for aerial survey in coastal areas using UAS. *Remote Sensing*, 11 (16): 1913. <https://doi.org/10.3390/rs11161913>.
- DU, Y., Y. BAI et L. WAN, 2020. Wetland information extraction based on UAV multispectral and oblique images. *Arabian Journal of Geosciences*, 13: 1241. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-06205-w>.
- DUFFY, J.P., L. PRATT, K. ANDERSON, P.E. LAND et J.D. SHUTLER, 2018. Spatial assessment of intertidal seagrass meadows using optical imaging systems and a lightweight drone. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 200: 169-180. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.11.001>.
- DUFFY, J.P., J.D. SHUTLER, M.J. WITT, L. DEBELL et K. ANDERSON, 2018. Tracking fine-scale structural changes in coastal dune morphology using kite aerial photography and uncertainty-assessed structure-from-motion photogrammetry. *Remote Sensing*, 10(9): 1494. <https://doi.org/10.3390/rs10091494>.
- DUGDALE, S.J., C.A. KELLEHER, I.A. MALCOLM, S. CALDWELL et D.M. HANNAH, 2019. Assessing the potential of drone-based thermal infrared imagery for quantifying river temperature heterogeneity. *Hydrological Processes*, 33 (7): 1152-1163. <https://doi.org/10.1002/hyp.13395>.
- DUJON, A.M. et G. SCHOFIELD. Importance of machine learning for enhancing ecological studies using information-rich imagery. *Endangered Species Research*, 39: 91-104. <https://doi.org/10.3354/esr00958>.
- DULAVA, S., W.T. BEAN et O.M.W. RICHMOND, 2015. Environmental reviews and case studies: Applications of unmanned aircraft systems (UAS) for waterbird surveys. *Environmental Practice*, 17: 201-210. <https://doi.org/10.1017/S1466046615000186>.

- DUNFORD, R., K. MICHEL, M. GAGNAGE, H. PIÉGAY et M.-L. TRÉMELO, 2009. Potential and constraints of unmanned aerial vehicle technology for the characterization of Mediterranean riparian forest. *International Journal of Remote Sensing*, 30 : 4915-4935. <https://doi.org/10.1080/014311609032023025>.
- EIKELBOOM, J.A.J., J. WIND, E. VAN DE VEN, L.M. KENANA, B. SCHRODER, H.J. de KNEGT, F. VAN LANGEVELDE et H.H.T. PRINS, 2019. Improving the precision and accuracy of animal population estimates with aerial image object detection. *Methods in Ecology and Evolution*, 10 (11) : 1875-1887. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13277>.
- ELLIS, S.L., M.L. TAYLOR, M. SCHIELE et T.B. LETESSIER, 2021. Influence of altitude on tropical marine habitat classification using imagery from fixed-wing, water-landing UAVs. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 7 (1) : 50-63. <https://doi.org/10.1002/rse2.160>.
- EVANS, A.D., K.H. GARDNER, S. GREENWOOD et B. PRUITT, 2020. Exploring the utility of small unmanned aerial system (suas) products in remote visual stream ecological assessment. *Restoration Ecology*. <https://doi.org/10.1111/rec.13228>.
- FETTERMANN, T., L. FIORI, M. BADER, A. DOSHI, D. BREEN, K.A. STOCKIN et B. BOLLARD, 2019. Behaviour reactions of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) to multirotor unmanned aerial vehicles (UAVs). *Scientific Reports*, 9 : 8558. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44976-9>.
- FIORI, L., A. DOSHI, E. MARTINEZ, M.B. ORAMS et B. BOLLARD-BREEN, 2017. The use of unmanned aerial systems in marine mammal research. *Remote Sensing*, 9 (6) : 543. <https://doi.org/10.3390/rs9060543>.
- FRITSCH, C.J. et C.T. DOWNS, 2020. Evaluation of low-cost consumer-grade UAVs for conducting comprehensive high-frequency population censuses of hippopotamus populations. *Conservation Science and Practice* : e281. <https://doi.org/10.1111/csp2.281>.
- FUDALA, K. et R.J. BIALIK, 2020. Breeding colony dynamics of southern elephant seals at Patelnia Point, King George Island, Antarctica. *Remote Sensing*, 12 : 2964. <https://doi.org/10.1111/csp2.281>.
- GARTON, E.O., J.S. HORNE, J.L. AYCRIFF et J.T. RATTI, 2012. Research and experimental design. Dans : SILVY, N.J. (éd.). *The wildlife techniques manual—Research* (Vol. 1). 7<sup>e</sup> édition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, p. 1-40.
- GILES, A.B., P.A. BUTCHER, A.P. COLEFAX, D.E. PAGENDAM, M. MAYJOR et B.P. KELAHER, 2019. Responses of bottlenose dolphins (*Tursiops* spp.) to small drones. *Marine and Freshwater Ecosystems*, 2020 : 1-8. <https://doi.org/10.1002/aqc.3440>.
- GIONES, F. et A. BREM, 2017. From toys to tools: The co-evolution of technological and entrepreneurial developments in the drone industry. *Business Horizons*, 60 : 875-884. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.08.001>.
- GOMES, I., L. PETEIRO, J. BUENO-PARDO, R. ALBUQUERQUE, S. PEREZ-JORGE, E.R. OLIVEIRA, F.L. ALVES et H. QUEIROGA, 2018. What's a picture really worth? On the use of drone aerial imagery to estimate intertidal rocky shore mussel demographic parameters. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 213 : 185-198. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.08.020>.
- GRACCHI, T., G. ROSSI, C. TACCONI STEFANELLI, L. TANTERI, R. POZZANI et S. MORETTI, 2021. Tracking the Evolution of riverbed morphology on the basis of UAV photogrammetry. *Remote Sensing*, 13 : 829. <https://doi.org/10.3390/rs13040829>.
- GRAY, P.C., K.C. BIERLICH, S.A. MANTELL, A.S. FRIEDLAENDER, J.A. GOLDBOGE et D.W. JOHNSTON, 2019. Drones and convolutional neural networks facilitate automated and accurate cetacean species identification and photogrammetry. *Methods in Ecology and Evolution*, 10 (9) : 1490-1500. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13246>.
- GRÉMILLET, D., W. PUECH, V. GARÇON, T. BOULINIER et Y. LE MAHO. 2012. Robots in ecology: Welcome to the machine. *Open Journal of Ecology*, 2 : 49-57. <https://doi.org/10.4236/oje.2012.22006>.
- GROOM, G., I.K. PETERSEN, M.D. ANDERSON et A.D. FOX, 2011. Using object-based analysis of image data to count birds: Mapping of lesser flamingos at Kamfers Dam, Northern Cape, South Africa. *International Journal of Remote Sensing*, 32 : 4611-4639. <https://doi.org/10.1080/01431161.2010.489068>.
- GUO, X.J., Q.Q. SHAO, Y.Z. LI, Y.C. WANG, D.L. WANG, J.Y. LIU, J.W. FAN et F. YANG, 2018. Application of UAV remote sensing for a population census of large wild herbivores-taking the headwater region of the Yellow River as an example. *Remote Sensing*, 10 (7) : 1041. <https://doi.org/10.3390/rs10071041>.
- HABEL, J.C., M. TEUCHER, W. ULRICH, M. BAUER et D. RÖDDER, 2016. Drones for butterfly conservation: Larval habitat assessment with an unmanned aerial vehicle. *Landscape Ecology*, 31 : 2385-2395. <https://doi.org/10.1007/s10980-016-0409-3>.
- HADJIKYRIAKOU, T.G., N. KASSINIS, D. SKARLATOS, P. CHARILAOU et A.N.G. KIRSCHER, 2020. Breeding success of Eleonora's Falcon in Cyprus revisited using survey techniques for cliff-nesting species. *The Condor*, 122 : 1-13. <https://doi.org/10.1093/condor/duaa045>.
- HAHN, N., A. MWAKATOBE, J. KONUCHE, N. DE SOUZA, J. KEYYU, M. GOSS, A. CHANG'A, S. PALMINTERI, E. DINERSTEIN et D. OLSON, 2017. Unmanned aerial vehicles mitigate human-elephant conflict on the borders of Tanzanian Parks: A case study. *Oryx*, 51 : 513-516. <https://doi.org/10.1017/S0030605316000946>.
- HAMMILL, M.O., J. DALE, G.B. STENSON, C. DEN HEYER, J.-F. GOSSELIN, P. LEBLANC et D.W. JOHNSTON, 2017. Comparison of methods to estimate grey seal pup production at different colonies. *Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2017/041*, Ottawa, Ontario. 19 p. Disponible en ligne à : <https://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/4061718x.pdf>.
- HARKNESS, P. et K.R. SPROGIS, 2020. Silver gull harassment of humpback whales in Exmouth Gulf, Western Australia. *Marine and Freshwater Research*. <https://doi.org/10.1071/MF20129>.
- HARRIS, J.M., J.A. NELSON, G. RIEUCAU et W.P. BROUSSARD III, 2019. Use of drones in fishery science. *Transactions of the American Fisheries Society*, 148 : 687-697. <https://doi.org/10.1002/tafs.10168>.
- HARVEY, R.J., K. ROSKILLY, C. BUSE, H.K. EVANS, T.Y. HUBEL et A.M. WILSON, 2016. Determining position, velocity and acceleration of free-ranging animals with a low-cost unmanned aerial system. *Journal of Experimental Biology*, 219 (17) : 2687-2692. <https://doi.org/10.1242/jeb.139022>.
- HE, G., H. YANG, R. PAN, Y. SUN, P. ZHENG, J. WANG, X. JIN, J.Z. HANG, B. LI et S. GUO, 2019. Using unmanned aerial vehicle with thermal-image acquisition camera for animal survey—A case study on the Sichuan snub-nosed monkeys in Mt. Qinling. *Integrative Zoology*, 15 (1) : 79-86. <https://doi.org/10.1111/1749-4877.12410>.
- HELM, C., M.A. HASSAN et D. REID, 2020. Characterization of morphological units in a small, forested stream using close-range remotely piloted aircraft imagery. *Earth and Surface Dynamics*, 8 : 913-929. <https://doi.org/10.5194/esurf-8-913-2020>.
- HERLIN, A., E. BRUNBERG, J. HULTGREN, N. HÖGBERG, A. RYDBERG et A. SKARIN. Animal welfare implications of digital tools for monitoring and management of cattle and sheep on pasture. *Animals*, 11 : 829. <https://doi.org/10.3390/ani11030829>.
- HILL, D.J., C. TARASOFF, G.E. WHITWORTH, J. BARON, J.L. BRADSHAW et J.S. CHURCH, 2017. Utility of unmanned aerial vehicles for mapping invasive plant species: A case study on yellow flag iris (*Iris pseudacorus* L.). *International Journal of Remote Sensing*, 38 : 2083-2105. <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1264030>.
- HODGSON, A., D. PEELE et N. KELLY, 2017. Unmanned aerial vehicles for surveying marine fauna: Assessing detection probability. *Ecological Applications* 27 (4) : 1253-1267. <https://doi.org/10.1002/eap.1519>.
- HOLLDFORD, E., 2018. Avifauna ethological response to unmanned aircraft systems. Master's Project and Capstones 771, University of San Francisco, San Francisco, Californie, 71 p. Disponible en ligne à : <https://repository.usfca.edu/capstone/771>.
- HUGHEY, L.F., A.M. HEIN, A. STRANDBURG-PESHKIN et F.H. JENSEN, 2018. Challenges and solutions for studying collective animal behaviour in the wild. *Philosophical Transactions of the Royal Society B—Biological Sciences*, 373 (1746) : 70005. <https://doi.org/10.1098/rstb.2017.0005>.

- IVOŠEVIĆ, B., Y.-G. HAN, Y. CHO et O. KWON, 2015. The use of conservation drones in ecology and wildlife research. *Journal of Ecology and Environment*, 38 (1): 113-118. <https://doi.org/10.5141/ecoenv.2015.012>.
- JOHNSTON, D.W., J. DALE, K.T. MURRAY, E. JOSEPHSON, E. NEWTON et S. WOOD, 2017. Comparing occupied and unoccupied aircraft surveys of wildlife populations: Assessing the gray seal (*Halichoerus grypus*) breeding colony on Muskeget Island, USA. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 5 (4): 178-191. <https://doi.org/10.1139/juvs-2017-0012>.
- KAYS, R., J. SHEPPARD, K. MCLEAN, C. WELCH, C. PAUNESCU, V. WANG, G. KRAVIT et M. CROFOOT, 2019. Hot monkey, cold reality: Surveying rainforest canopy mammals using drone-mounted thermal infrared sensors. *International Journal of Remote Sensing*, 40 (2): 407-19. <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1523580>.
- KILFOIL, J.P., I. RODRIGUEZ-PINTO, J.J. KISZKA, M.R. HEITHAUS, Y. ZHANG, C.C. ROA, L.E. AILLOUD, M.D. CAMPBELL, et A.J. WIRSING, 2020. Using unmanned aerial vehicles and machine learning to improve sea cucumber density estimation in shallow habitats. *ICES Journal of Marine Science*, 77: 2882-2889. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsaa161>.
- KISSEL, R.E. et S.K. NIMMO, 2011. A technique to estimate white-tailed deer *Odocoileus virginianus* using vertical-looking infrared imagery. *Wildlife Biology*, 17: 87-92. <https://doi.org/10.2981/10-040>.
- KOH, L.P. et S.A. WICH, 2012. Dawn of drone ecology: Low-cost autonomous aerial vehicles for conservation. *Tropical Conservation Science*, 5: 121-132. <https://doi.org/10.1177%2F194008291200500202>.
- KORCZAK-ABSHIRE, M., A. KIDAWA, A. ZMARZ, R. STORVOLD, S.R., Karlsen, M. RODZEWICZ, K. CHWEDORZEWSKA et A. ZNÓJ, 2016. Preliminary study on nesting Adélie penguins disturbance by unmanned aerial vehicles. *CCAMLR Science*, 23: 1-16. Disponible en ligne à: [https://www.ccamlr.org/fr/system/files/science\\_journal\\_papers/Kidawa%20et%20al.pdf](https://www.ccamlr.org/fr/system/files/science_journal_papers/Kidawa%20et%20al.pdf).
- KORNE, N., S.A. FLEMMING, P.A. SMITH et E. NOL, 2020. Applying structure-from-motion habitat reconstruction and GIS terrain analysis to test hypotheses about nest-site selection by shorebirds. *Journal of Field Ornithology*, 91 (4): 421-432. <https://doi.org/10.1111/jof.12351>.
- KRAUSE, D.J., J.T. Hinke, M.E. GOEBEL et W.L. PERRYMAN, 2021. Drones minimize Antarctic predator responses relative to ground survey methods: An appeal for context in policy advice. *Frontier in Marine Science*, 8: 648772. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.648772>.
- LAMBERTUCCI, S.A., E.L. SHEPARD et R.P. WILSON, 2015. Human-wildlife conflicts in a crowded airspace. *Science*, 348 (6234): 502-504. <https://doi.org/10.1126/science.aaa6743>.
- LE MAHO, Y., J.D. WHITTINGTON, N. HANUISE, L. PEREIRA, M. BOUREAU, M. BRUCKER, N. CHATELAIN, J. COURTECUISSÉ, F. CRENNER et B. FRIES, 2014. Rovers minimize human disturbance in research on wild animals. *Nature Methods*, 11 (12): 1242-1244. <https://doi.org/10.1038/nmeth.3173>.
- LEFCOURT, A.M., M.C. SIEMENS et P. RIVADENEIRA, 2019. Optical parameters for using visible-wavelength reflectance or fluorescence imaging to detect bird excrements in produce fields. *Applied Sciences-Basel*, 9 (4): 715. <https://doi.org/10.3390/app9040715>.
- LEJOT, J., C. DELACOURT, H. PIÉGAY, T. FOURNIER, M.-L. TRÉMÉLO et P. ALLEMAND, 2007. Very high spatial resolution imagery for channel bathymetry and topography from an unmanned mapping controlled platform. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32: 1705-1725. <https://doi.org/10.1002/esp.1595>.
- LEONARDO, M., A.M. JENSEN, C. COOPMANS, M. MCKEE et Y.Q. CHEN, 2013. A miniature wildlife tracking UAV payload system using acoustic biotelemetry. *Proceedings of the ASME 2013 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*, IDETC/CIE 2013, 4-7 août 2013, Portland, Oregon, 4 p. <https://doi.org/10.1115/DETC2013-13267>.
- LETESSIER, T.B., P.J. BOUCHET et J.J. MEEUWIG, 2017. Sampling mobile oceanic fishes and sharks: Implications for fisheries and conservation planning. *Biological Reviews*, 92 (2): 627-646. <https://doi.org/10.1111/brv.12246>.
- LEVY, J., C. HUNTER, T. LUKACZYK et E.C. FRANKLIN, 2018. Assessing the spatial distribution of coral bleaching using small unmanned aerial systems. *Coral Reefs*, 37: 373-387. <https://doi.org/10.1007/s00338-018-1662-5>.
- LEVY, S., 2011. Ravens hunting rabbits: Unmanned aircraft help protect pygmy rabbits. *Unmanned Systems*, 29: 34-35. Disponible en ligne à: [https://uas.usgs.gov/nupo/pdf/mission/ID\\_PygmyRabbitLandscape\\_AUVSI\\_RavensHunting.pdf](https://uas.usgs.gov/nupo/pdf/mission/ID_PygmyRabbitLandscape_AUVSI_RavensHunting.pdf).
- LI, L., D.T. TIETZE, A. FRITZ, Z. LU, M. BURGİ et I. STORCH, 2018. Rewilding cultural landscape potentially puts both avian diversity and endemism at risk: A Tibetan plateau case study. *Biological Conservation*, 224: 75-86. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.05.008>.
- LIANG, Y.-J., H. KUO, A.J. GIORDANO, K. JAI-CHYI PEI, 2020. Seasonal variation in herd composition of the Formosan sika deer (*Cervus nippon taiouanus*) in a forest-grassland mosaic habitat of southern Taiwan. *Global Ecology and Conservation*, 24: e01283. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01283>.
- LISEIN, J., J. LINCHANT, P. LEJEUNE, P. BOUCHE et C. VERMEULEN, 2013. Aerial surveys using an unmanned aerial system (UAS): Comparison of different methods for estimating the surface area of sampling strips. *Tropical Conservation Science*, 6 (4): 506-520. <https://doi.org/10.1177%2F194008291300600405>.
- LOBERMEIER, S., M. MOLDENHAUER, C.M. PETER, L. SLOMINSKI, R.A. TEDESCO, M. VER MEER, J.F. DWYER, R.E. HARNESS et A.H. STEWART, 2015. Mitigating avian collision with power lines: A proof of concept for installation of line markers via unmanned aerial vehicle. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 3(4): 252-258. <https://doi.org/10.1139/juvs-2015-0009>.
- LONGMORE, S.N., R.P. COLLINS, S. PFEIFER, S.E. FOX, M. MULERO-PAZMANY, F. BEZOMBES, A. GOODWIN, M. DE JUAN OVELAR, J.H. KNAPEN et S.A. WICH, 2017. Adapting astronomical source detection software to help detect animals in thermal images obtained by unmanned aerial systems. *International Journal of Remote Sensing*, 38: 2623-2638. <https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1280639>.
- LYONS, M.B., K.J. BRANDIS, N.J. MURRAY, J.H. WILSHIRE, J.A. MCCANN, R.T. KINGSFORD et C.T. CALLAGHAN, 2019. Monitoring large and complex wildlife aggregations with drones. *Methods in Ecology and Evolution*, 10 (7): 1024-1035. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13194>.
- MAGNESS, D.R., T. ESKELIN, M. LAKER et H.M. RENNER, 2019. Evaluation of small unmanned aerial systems as a census tool for Aleutian tern *Onychoprion aleuticus* colonies. *Marine Ornithology*, 47 (1): 11-16. Disponible en ligne à: [http://www.marineornithology.org/PDF/47\\_1/47\\_1\\_11-16.pdf](http://www.marineornithology.org/PDF/47_1/47_1_11-16.pdf).
- MARACCCIO, J.V., C.E. MARKLE et P. CHOW-FRASER, 2015. Unmanned aerial vehicles produce high-resolution, seasonally-relevant imagery for classifying wetland vegetation. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40: 249-256. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-1-W4-249-2015>.
- MARRIS, E. 2013. Drones in science: Fly, and bring me data. *Nature*, 498: 156-158. <https://doi.org/10.1038/498156a>.
- MARTIN, J., H.H. EDWARDS, M.A. BURGESS, H.F. PERCIVAL, D.E. FAGAN, B.E. GARDNER, J.G. ORTEGA-ORTIZ, P.G. IFJU, B.S. EVERS et T.J. RAMBO, 2012. Estimating distribution of hidden objects with drones: From tennis balls to manatees. *PLoS ONE*, 7: e38882. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038882>.
- MATTERN, T., K. REXER-HUBER, G. PARKER, J. AMEY, C.-P. GREEN, A.J.D. TENNYSON, P.M. SAGAR, et D.R. THOMPSON, 2021. Erect-crested penguins on the Bounty Islands: Population size and trends determined from ground counts and drone surveys. *Notornis*, 68 (1): 37-50. Disponible en ligne à: <https://notornis.osnz.org.nz/node/4538>.
- MAXWELL, S.M., N.C. BAN et L.E. MORGAN, 2014. Pragmatic approaches for effective management of pelagic marine protected areas. *Endangered Species Research*, 26: 59-74. <https://doi.org/10.3354/esr00617>.
- MCCOMB, B., B. ZUCKERBERG, D. VESELY et C. JORDAN, 2010. *Monitoring animal populations and their habitats—A practitioner's guide*. CRC Press, New York, 277 p.

- MCINTOSH, R.R., R. HOLMBERG et P. DANN, 2018. Looking without landing—Using remote piloted aircraft to monitor fur seal populations without disturbance. *Frontiers in Marine Science*, 5: 202. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00202>.
- MEEK, P. et P. FLEMING (édit.), 2014. Camera trapping—Wildlife management and research. CSIRO Publishing, Clayton South, Australie, 367 p.
- MICHEZ, A., H. PIÉGAY, J. LISEIN, H. CLAESSENS et P. LEJEUNE, 2016. Classification of riparian forest species and health condition using multi-temporal and hyperspatial imagery from unmanned aerial system. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188: 1-19. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4996-2>.
- MICHEZ, A., S. BROSET et P. LEJEUNE, 2021. Ears in the sky: Potential of drones for the bioacoustic monitoring of birds and bats. *Drones*, 5: 9. <https://doi.org/10.3390/drones5010009>.
- MILNE, S., J.G.A. MARTIN, G. REYNOLDS, C.S. VAIRAPPAN, E.M. SLADE, J.F. BRODIE, S.A. WICH, N. WILLIAMSON et D.F.R.P. BURSLEM, 2021. Drivers of Bornean orangutan distribution across a multiple-use tropical landscape. *Remote Sensing*, 13: 458. <https://doi.org/10.3390/rs13030458>.
- MOGSTAD, A.A., G. JOHNSEN et M. LUDVIGSEN, 2019. Shallow-water habitat mapping using underwater hyperspectral imaging from an unmanned surface vehicle: A pilot study. *Remote Sensing*, 11 (6): 685. <https://doi.org/10.3390/rs11060685>.
- MULERO-PÁZMÁNY, M., J.J. NEGRO et M. FERRER, 2014. A low-cost way for assessing bird risk hazards in power lines: Fixed-wing small unmanned aircraft systems. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 2: 5-15. <https://doi.org/10.1139/juvs-2013-0012>.
- MÜLLEROVÁ, J., J. BR NA, P. DVO ÁK, T. BARTALOŠ et M. VÍTKOVÁ, 2016. Does the data resolution/origin matter? Satellite, airborne and UAV imagery to tackle plant invasions. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 41: 903-908. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLI-B7-903-2016>.
- MÜLLEROVÁ, J., T. BARTALOŠ, J. BR NA, P. DVO ÁK et M. VÍTKOVÁ, 2017. Unmanned aircraft in nature conservation: An example from plant invasions. *International Journal of Remote Sensing*, 38: 2177-2198. <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1275059>.
- MURFITT, S.L., B.M. ALLAN, A. BELLGROVE, A. RATTRAY, M.A. YOUNG et D. IERODIACONOU, 2017. Applications of unmanned aerial vehicles in intertidal reef monitoring. *Scientific Reports*, 7: 10259. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-10818-9>.
- MUSTAFA, O., A. BARBOSA, D.J. KRAUSE, H.U. PETER, G. VIEIRA et M.C. RUMMLER, 2018. State of knowledge: Antarctic wildlife response to unmanned aerial systems. *Polar Biology*, 41 (11): 2387-2398. <https://doi.org/10.1007/s00300-018-2363-9>.
- [NOAA] NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, 2015. Studying killer whales with an unmanned aerial vehicle. Disponible en ligne à: <https://www.fisheries.noaa.gov/feature-story/studying-killer-whales-unmanned-aerial-vehicle>. [Visité le 2019-09-05].
- NIWA, H., 2021. Assessing the activity of deer and their influence on vegetation in a wetland using automatic cameras and low altitude remote sensing (LARS). *European Journal of Wildlife Research*, 67: 3. <https://doi.org/10.1007/s10344-020-01450-6>.
- NUHLÍČKOVÁ, S., J. SVETLÍK, M. ŠIBÍKOVÁ, I. JAROLÍMEK et T. ZUNA-KRATKY, 2021. Current distribution, microhabitat requirements and vulnerability of the Keeled Plump Bush-cricket (*Isohya costata*) at the north-western periphery of its range. *Journal of Insect Conservation*, 25: 65-76. <https://doi.org/10.1007/s10841-020-00280-w>.
- O'DONOGHUE, P. et C. RUTZ, 2016. Real-time anti-poaching tags could help prevent imminent species extinctions. *Journal of Applied Ecology*, 53: 5-10. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12452>.
- OLD, J.M., S.H. LIN et M.J.M. FRANKLIN, 2019. Mapping out bare-nosed wombat (*Vombatus ursinus*) burrows with the use of a drone. *BMC Ecology*, 19 (1): 39. <https://doi.org/10.1186/s12898-019-0257-5>.
- OLEKSYN, S., L. TOSETTO, V. RAOULT, K.E. JOYCE et J.E. WILLIAMSON, 2021. Going batty: The challenges and opportunities of using drones to monitor the behaviour and habitat use of rays. *Drones*, 5: 12. <https://doi.org/10.3390/drones5010012>.
- OLIVEIRA, J.S.F., G. GEORGIADIS, S. CAMPELLO, R.A. BRANDAO et S. CIUTI, 2017. Improving river dolphin monitoring using aerial surveys. *Ecosphere*, 8 (8): 1912. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1912>.
- OLSOY, P.J., L.A. SHIPLEY, J.L. RACHLOW, J.S. FORBEY, N.F. GLENN, M.A. BURGESS et D.H. THORNTON, 2018. Unmanned aerial systems measure structural habitat features for wildlife across multiple scales. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(3): 594-604. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12919>.
- ORE, J.P., S. ELBAUM, A. BURGIN et C. DETWEILER, 2015. Autonomous aerial water sampling. *Journal of Field Robotics*, 32: 1095-1113. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-07488-7\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-07488-7_10).
- ORTEGA-TEROL, D., M.A. MORENO, D. HERNANDEZ-LOPEZ et P. RODRIGUEZ-GONZALVEZ, 2014. Survey and classification of large woody debris (LWD) in streams using generated low-cost geomatic products. *Remote Sensing*, 6 (12): 11770-11790. <https://doi.org/10.3390/rs61211770>.
- PAGACZ, S. et J. WITCZUK, 2017. Wykorzystanie samolotów bezałogowych i termowizji do nocnej inwentaryzacji kopytnych [Using drones and thermal imaging for night ungulate surveys in forests]. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie*, 18 (49A/4): 50-57. Disponible en ligne à: <http://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-553ca404-259b-4288-837d-767a1a69262b?q=bwmeta1.element.agro-cefcb80f-c2a8-4f2b-a091-6e264af3d65e;11&qt=CHILDREN-STATELESS>.
- PANDE-CHHETRI, R., A. ABD-ELRAHMAN, T. LIU, J. MORTON et V.L. WILHELM, 2017. Object-based classification of wetland vegetation using very high-resolution unmanned air system imagery. *European Journal of Remote Sensing*, 50: 564-576. <https://doi.org/10.1080/22797254.2017.1373602>.
- PANEQUE-GÁLVEZ, J., M.K. MCCALL, B.M. NAPOLETANO, S.A. WICH et L.P. KOH, 2014. Small drones for community-based forest monitoring: An assessment of their feasibility and potential in tropical areas. *Forests*, 5: 1481-1507. <https://doi.org/10.3390/f5061481>.
- PARSONS, M., D. BRATANOV, K.J. GASTON et F. GONZALEZ, 2018. UAVs, hyperspectral remote sensing, and machine learning revolutionizing reef monitoring. *Sensors*, 18: 2026. <https://doi.org/10.3390/s18072026>.
- PERROY, R.L., T. SULLIVAN et N. STEPHENSON, 2017. Assessing the impacts of canopy openness and flight parameters on detecting a sub-canopy tropical invasive plant using a small unmanned aerial system. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 125: 174-183. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.01.018>.
- PIROTTA V., A. SMITH, M. OSTROWSKI, D. RUSSELL, I.D. JONSEN, A. GRECH et R. HARCOURT, 2017. An economical custom-built drone for assessing whale health. *Frontiers in Marine Sciences*, 4: 425. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00425>.
- POMEROY, P., L. O'CONNOR et P. DAVIES, 2015. Assessing use of and reaction to unmanned aerial systems in gray and harbor seals during breeding and molt in the UK. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 3: 102-113. <https://doi.org/10.1139/juvs-2015-0013>.
- POTVIN, F. et L. BRETON, 2005. Testing two aerial survey techniques on deer in fenced enclosures—Visual double counts and thermal infrared sensing. *Wildlife Society Bulletin*, 33: 317-325. Disponible en ligne à: <https://www.jstor.org/stable/3784871>.
- POYSA, H., J. KOTILAINEN, V.M. VAANANEN et M. KUNNASRANTA, 2018. Estimating production in ducks: A comparison between ground surveys and unmanned aircraft surveys. *European Journal of Wildlife Research*, 64 (6): 74. <https://doi.org/10.1007/s10344-018-1238-2>.
- PRESTON, T.M., M.L. WILDHABER, N.S. GREEN, J.L. ALBERS et G.P. DEBENEDETTO, 2021. Enumerating white-tailed deer using unmanned aerial vehicles. *Wildlife Society Bulletin*, 45(1): 97-108. <https://doi.org/10.1002/awb.1149>.

- PROENCA, B., F. FRAPPART, B. LUBAC, V. MARIEU, B. YGORRA, L. BOMBRUN, R. MICHALET et A. SOTTOLICCHIO, 2019. Potential of high-resolution Pleiades imagery to monitor salt marsh evolution after *Spartina* invasion. *Remote Sensing*, 11 (8): 968. <https://doi.org/10.3390/rs11080968>.
- PROVOST, E.J., P.A. BUTCHER, M.A. COLEMAN et B.P. KELAHER, 2020. Assessing the variability of small aerial drones to quantify recreational fishers. *Fisheries Management and Ecology*, 27(6): 615-621. <https://doi.org/10.1111/fme.12452>.
- RADIANSYAH, S., M.D. KUSRINI et L.B. PRASETYO, 2017. Quadcopter applications for wildlife monitoring. *Earth and Environmental Science*, 54: 012066. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/54/1/012066>.
- REINTSMA, K.M., P.C. MCGOWAN, C. CALLAHAN, T. COLLIER, D. GRAY, J.D. SULLIVAN et D.J. PROSSER, 2018. Preliminary evaluation of behavioral response of nesting waterbirds to small unmanned aircraft flight. *Waterbirds*, 41 (3): 326-331. <https://doi.org/10.1675/063.041.0314>.
- RIBENSTEIN, D.R. et J. ALCOCK. 2018. *Animal behavior: An evolutionary approach*. Oxford University Press, Oxford, 550 p.
- RISCH, D., T. NORRIS, M. CURNOCK et A. FRIEDLAENDER, 2019. Common and Antarctic minke whales: Conservation status and future research directions. *Frontiers in Marine Science*, 6: 247. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00247>.
- RIVAS, A., P. CHAMOSO, A. GONZÁLEZ-BRIONES et J.M. CORCHADO, 2018. Detection of cattle using drones and Convolutional Neural Networks. *Sensors*, 18: 2048. <https://dx.doi.org/10.3390%2Fs18072048>.
- RÜMMLER, M.-C., O. MUSTAFA, J. MAERCKER, H.-U. PETER et J. ESEFELD, 2015. Measuring the influence of unmanned aerial vehicles on Adélie penguins. *Polar Biology*, 39(7): 1-6. <https://doi.org/10.1007/s00300-015-1838-1>.
- RUSH, G.P., L.E. CLARKE, M. STONE et M.J. WOOD, 2018. Can drones count gulls? Minimal disturbance and semiautomated image processing with an unmanned aerial vehicle for colony-nesting seabirds. *Ecology and Evolution*, 8 (24): 12322-12334. <https://doi.org/10.1002/ece3.4495>.
- SAMIAPPAN, S., J.M.P. CZARNECKI, H. FOSTER, B.K. STRICKLAND, J.L. TEGT et R.J. MOORHEAD, 2018. Quantifying damage from wild pigs with small unmanned aerial systems. *Wildlife Society Bulletin*, 42 (2): 304-309. <https://www.jstor.org/stable/90022730>.
- SANDBROOK, C., 2015. The social implications of using drones for biodiversity conservation. *Ambio*, 44: 636-647. <https://doi.org/10.1007/s13280-015-0714-0>.
- SANTOS, M.J., M. DISNEY et J. CHAVE, 2018. Detecting human presence and influence on neotropical forests with remote sensing. *Remote Sensing*, 10 (10): 1593. <https://doi.org/10.3390/rs10101593>.
- SCARPA, L.J. et C.I. PINA, 2019. The use of drones for conservation: A methodological tool to survey caimans nests density. *Biological Conservation*, 238: 8235. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108235>.
- SCHIFFMAN, R., 2014. Wildlife conservation drones flying high as new tool for field biologists. *Science*, 344: 459. <https://doi.org/10.1126/science.344.6183.459>.
- SCHOFIELD, G., K.A. KATSELIDIS, M.K.S. LILLEY, R.D. REINA et G.C. HAYS, 2017. Detecting elusive aspects of wildlife ecology using drones: New insights on the mating dynamics and operational sex ratios of sea turtles. *Functional Ecology*, 31: 2310-2319. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12930>.
- SCHOFIELD, G., N. ESTEBAN, K.A. KATSELIDIS et G.C. HAYS, 2019. Drones for research on sea turtles and other marine vertebrates—A review. *Biological Conservation*, 238: 8214. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108214>.
- SCHOLTEN, C.N., A.J. KAMPHUIS, K.J. VREDEVOOGD, K.G. LEE-STRYDORST, J.L. ATMA, C.B. SHEA, O.N. LAMBERG et D.S. PROPPE, 2019. Real-time thermal imagery from an unmanned aerial vehicle can locate ground nests of a grassland songbird at rates similar to traditional methods. *Biological Conservation*, 233: 241-246. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.03.001>.
- SHAFFER, M.J. et J.A. BISHOP, 2016. Predicting and preventing elephant poaching incidents through statistical analysis, GIS-based risk analysis, and aerial surveillance flight path modeling. *Tropical Conservation Science*, 9: 525-548. <https://doi.org/10.1177%2F194008291600900127>.
- SHAHBAZI, M., J. THÉAU et P. MÉNARD, 2014. Recent applications of unmanned aerial imagery in natural resource management. *GIScience and Remote Sensing*, 51: 339-365. <https://doi.org/10.1080/15481603.2014.926650>.
- SMITH, C.E., S.T. SYKORA-BODIE, B. BLOODWORTH, S.M. PACK, T.R. SPRADLIN et R. LEBOEUF, 2016. Assessment of known impacts of unmanned aerial systems (UAS) on marine mammals: Data gaps and recommendations for researchers in the United States. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 4 (1): 31-44. <https://doi.org/10.1139/juvs-2015-0017>.
- SORRELL, K.J., R.H. CLARKE, R. HOLMBERG et R.R. MCINTOSH, 2019. Remotely piloted aircraft improve precision of capture-mark-resight population estimates of Australian fur seals. *Ecosphere*, 10 (8): 2812. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2812>.
- STANLEY, M.C., J.R. BEGGS, I.E. BASSETT, B.R. BURNS, K.N. DIRKS, D.N. JONES, W.L. LINKLATER, C. MACINNIS-NG, R. SIMCOCK et G. SOUTER-BROWN, 2015. Emerging threats in urban ecosystems: A horizon scanning exercise. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 13 (10): 553-560. <https://doi.org/10.1890/150229>.
- STEVENSON, B.C., D.L. BORCHERS et R.M. FEWSTER, 2018. Cluster capture-recapture to account for identification uncertainty on aerial surveys of animal populations. *Biometrics*, 75 (1): 326-36. <https://doi.org/10.1111/biom.12983>.
- STRYCKER, N., A. BOROWICZ, M. WETHINGTON, S. FORREST, V. SHAH, Y. LIU, H. SINGH et H.J. LYNCH, 2021. Fifty-year change in penguin abundance on Elephant Island, South Shetland Islands, Antarctica: Results of the 2019–20 census. *Polar Biology* 44: 45-56. <https://doi.org/10.1007/s00300-020-02774-4>.
- STRYCKER, N., M. WETHINGTON, A. BOROWICZ, S. FORREST, C. WITTHARANA, T. HART et H.J. LYNCH, 2020. A global population assessment of the chinstrap penguin (*Pygoscelis antarctica*). *Scientific Reports*, 10: 19474. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76479-3>.
- SU, X.K., S.K. DONG, S.L. LIU, A.P. CRACKNELL, Y. ZHANG, X.X. WANG et G.H. LIU, 2018. Using an unmanned aerial vehicle (UAV) to study wild yak in the highest desert in the world. *International Journal of Remote Sensing*, 39 (15-16): 5490-5503. <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1441570>.
- SUTHERLAND, W.J. (édit.), 2006. *Ecological census techniques—A handbook*. 2<sup>e</sup> édition. Cambridge University Press, 432 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511790508>.
- SYKORA-BODIE, S.T., V. BEZY, D.W. JOHNSTON, E. NEWTON et K.J. LOHMANN, 2017. Quantifying nearshore sea turtle densities: Applications of unmanned aerial systems for population assessments. *Scientific Reports*, 7: 17690. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17719-x>.
- TAMMINGA, A., C. HUGENHOLTZ, B. EATON et M. LAPOINTE, 2015. Hyperspatial remote sensing of channel reach morphology and hydraulic fish habitat using an unmanned aerial vehicle (UAV): A first assessment in the context of river research and management. *River Research and Applications*, 31: 379-391. <https://doi.org/10.1002/rra.2743>.
- TEMPLIN, T., D. POPIELARCZYK et R. KOSECKI, 2018. Application of low-cost fixed-wing UAV for inland lakes shoreline investigation. *Pure and Applied Geophysics*, 175 (9): 3263-3283. <https://doi.org/10.1007/s00024-017-1707-7>.
- THOMPSON, W.L. (édit.). 2004. *Sampling rare and elusive species—Concepts, design, and techniques for estimating population parameters*. Island Press, Washington, 429 p.
- TIMM, R.K., L. CALDWELL, A. NELSON, C. LONG, M.B. CHILIBECK, M. JOHNSON, K. ROSS, A. MÜLLER et J.M. BROWN, 2019. Drones, hydraulics, and climate change: Inferring barriers to steelhead spawning migrations. *Wiley Interdisciplinary Reviews-Water*, 6 (6): E1379. <https://doi.org/10.1002/wat2.1379>.



- TOONEN, H.M. et S.R. BUSH, 2018. The digital frontiers of fisheries governance: Fish attraction devices, drones and satellites. *Journal of Environmental Policy and Planning*, <https://doi.org/10.1080/1523908X.2018.1461084>.
- TORRES, L.G., S.L. NIEUKIRK, L. LEMOS et T.E. CHANDLER, 2018. Drone up! Quantifying whale behavior from a new perspective improves observational capacity. *Frontiers in Marine Science*, 5: 319. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00319>.
- TREMBLAY, J.A., A. DESROCHERS, Y. AUBRY, P. PACE et D.M. BIRD, 2017. A low-cost technique for radio-tracking wildlife using a small standard unmanned aerial vehicle. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 5: 102-108. <https://doi.org/10.1139/juvs-2016-0021>.
- URBANO, F., M. BASILLE et F. CAGNACCI, 2014. Data quality: Detection and management of outliers. Dans: URBANO, F. et F. CAGNACCI (édit.). *Spatial database for GPS wildlife tracking data. A practical guide to creating a data management system with PostgreSQL/PostGIS* and R. Springer, New York, p. 115-137. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-03743-1\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-03743-1_8).
- VARELA, M.R., A.R. PATRÍCIO, K. ANDERSON, A.C. BRODERICK, L. DEBELL, L.A. HAWKES, D. TILLEY, R.T.E. SNAPE, M.J. WESTOBY et B.J. GODLEY, 2018. Assessing climate change associated sea level rise impacts on sea turtle nesting beaches using drones, photogrammetry and a novel GPS system. *Global Change Biology*, 25: 753-762. <https://doi.org/10.1111/gcb.14526>.
- VENTURA, D., A. BONIFAZI, M.F. GRAVINA et G.D. ARDIZZONE, 2017. Unmanned aerial systems (UASs) for environmental monitoring: A review with applications in coastal habitats. Dans: LOPEZ MEJIA, O.D. et J. ESCOBAR (édit.). *Aerial robots—Aerodynamics, control and applications*. IntechOpen Limited, Londres, p. 166-184. <https://doi.org/10.5772/intechopen.69598>.
- VENTURA, D., A. BONIFAZI, M.F. GRAVINA, A. BELLUSCIO et G. ARDIZZONE, 2018. Mapping and classification of ecologically sensitive marine habitats using unmanned aerial vehicle (UAV) imagery and object-based image analysis (OBIA). *Remote Sensing*, 10 (9): 1331. <https://doi.org/10.3390/rs10091331>.
- VERFUSS, U.K., A.S. ANICETO, D.V. HARRIS, D. GILLESPIE, S. FIELDING, G. JIMENEZ, P. JOHNSTON, R.R. SINCLAIR, A. SIVERTSEN, S.A. SOLBØG, R. STORVOLD, M. BIJW, et R. WYATT, 2019. A review of unmanned vehicles for the detection and monitoring of marine fauna. *Marine Pollution Bulletin*, 140: 17-29. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.009>.
- VINCENT, J.B., L.K. WERDEN et M.A. DITMER, 2015. Barriers to adding UAVs to the ecologist's toolbox. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 13: 74-75. <https://doi.org/10.1890/15.WB.002>.
- WALLACE, P., 2016. Managing human disturbance of wildlife in coastal areas. *New Zealand Geographer*, 72 (2): 133-143. <https://doi.org/10.1111/nzg.12124>.
- WAN, H., Q. WANG, D. JIANG, J. FU, Y. YANG, et X. LIU, 2014. Monitoring the invasion of *Spartina alterniflora* using very high resolution unmanned aerial vehicles imagery in Beihai, Guangxi (China). *The Scientific World Journal*: Article ID 638296, 7 p. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/638296>.
- WANG, D., Q. SONG, X. LIAOH. YE, Q. SHAO et J. FAN, 2020. Integrating satellite and unmanned aircraft system (UAS) imagery to model livestock population dynamics in the Longbao Wetland National Nature Reserve, China. *Science of the Total Environment*, 746: 140327. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140327>.
- WATTS, A.C., V.G. AMBROSIA et E.A. HINKLEY, 2012. Unmanned aircraft systems in remote sensing and scientific research: Classification and considerations of use. *Remote Sensing*, 4: 1671-1692. <https://doi.org/10.3390/rs4061671>.
- WAWRZYŃIAK, V., H. PIEGAY, P. ALLEMAND, L. VAUDOR et P. GRANDJEAN, 2013. Prediction of water temperature heterogeneity of braided rivers using very high resolution thermal infrared (TIR) images. *International Journal of Remote Sensing*, 34: 4812-4831. <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.782113>.
- WEBER, S. et F. KNAUS, 2017. Using drones as a monitoring tool to detect evidence of winter sports activities in a protected mountain area. *Journal on Protected Mountain Areas Research and Management*, 9 (1): 30-34. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000128888>.
- WEIMERSKIRCH, H., A. PRUDOR et Q. SCHULL, 2018. Flights of drones over sub-Antarctic seabirds show species- and status-specific behavioural and physiological responses. *Polar Biology*, 41: 259-266. <https://doi.org/10.1007/s00300-017-2187-z>.
- WESTON, M.A., E.M. MCLEOD, D.T. BLUMSTEIN et P.-J. GUAY, 2012. A review of flight-initiation distances and their application to managing disturbance to Australian birds. *Emu-Austral Ornithology*, 112 (4): 269-286. <https://doi.org/10.1071/MU12026>.
- WICH, S.A. 2015. Drones and conservation. Dans: *Drones and aerial observation: New technologies for property rights, human rights, and global development—A primer*. New America, p. 63-71. Disponible en ligne à: [http://www.rhinosourcecenter.com/pdf\\_files/143/1438073140.pdf#page=63](http://www.rhinosourcecenter.com/pdf_files/143/1438073140.pdf#page=63).
- WILSON, A.M., J. BARR et M. ZAGORSKI, 2017. The feasibility of counting songbirds using unmanned aerial vehicles. *The Auk: Ornithological Advances*, 134: 350-362. <https://doi.org/10.1642/AUK-16-216.1>.
- WOLINSKI, H., 2017. Biology goes in the air. *EMBO Reports*, 18 (8): 1284-1289. <https://doi.org/10.15252/embr.201744740>.
- YANG, F., Q.Q. SHAO, X.J. GUO, Y.Z. TANG, Y.Z. LI, D.L. WANG, Y.C. WANG et J.W. FAN, 2018. Effect of large wild herbivore populations on the forage-livestock balance in the source region of the Yellow River. *Sustainability*, 10 (2): 340. <https://doi.org/10.3390/su10020340>.
- YOUNG, B.G., D.J. YURKOWSKI, J.B. DUNN et S.H. FERGUSON, 2019. Comparing infrared imagery to traditional methods for estimating ringed seal density. *Wildlife Society Bulletin*, 43 (1): 121-130. <https://doi.org/10.1002/wsb.958>.
- ZAMAN, B., A.M. JENSEN et M. MCKEE, 2011. Use of high-resolution multispectral imagery acquired with an autonomous unmanned aerial vehicle to quantify the spread of an invasive wetlands species. *Geoscience and Remote Sensing Symposium 2011 IEEE International*, 24-29 juillet 2011, Vancouver, Canada. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2011.6049252>.
- ZHOU, Z.M., Y.M. YANG et B.Q. CHEN, 2018. Estimating *Spartina alterniflora* fractional vegetation cover and aboveground biomass in a coastal wetland using Spot6 satellite and UAV data. *Aquatic Botany*, 144: 38-45. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2017.10.004>.
- ZONTEK, T.L., B.R. OGLE, R. HOOVER, J.T. JANKOVIC et S. HOLLENBECK, 2020. Tick dragging: Using a drone to reduce surveyor exposure. *Journal of Environmental Health*, 82 (7): 8-12.

# LA FAUNE, notre mission, notre passion !

Grâce à la générosité de nos donateurs et aux contributions des chasseurs, pêcheurs et piégeurs, **239 projets** de conservation de la faune ont été soutenus en 2020-2021 !

- Des initiatives réalisées par des organismes du milieu ;
- Sélectionnées avec rigueur par des experts ;
- Pour des impacts réels sur les milieux de vie de la faune.



Dominic Fontenay / Agence de la faune

› **Faites partie du mouvement faunique!**

Faites un don :  
[www.fondationdelafaune.qc.ca](http://www.fondationdelafaune.qc.ca)



Fondation  
de la faune  
du Québec



**Gervais Comeau**, Conseiller en placement

[gervais.comeau@iagestionprivee.ca](mailto:gervais.comeau@iagestionprivee.ca) • [gervaiscomeau.com](http://gervaiscomeau.com)

[iagestionprivee.ca](http://iagestionprivee.ca)



**Yvan Bedard**  
PHOTONATURE

Ph.D. Prof. émérite  
Neuveville, Qc  
Canada G0A 2R0  
1-418-561-7046

[yvan\\_bedard@hotmail.com](mailto:yvan_bedard@hotmail.com)

PHOTOS-LICENCES-COURS-CONSEILS

<http://yvanbedardphotonature.com>