



# Intérêt du suivi individuel pour la gestion du risque animalier : le cas de l'outarde canepetière sur la plateforme aéroportuaire de Marseille-Provence

© A. Villers/ONCFS

▲ À l'avant-plan, parade d'un mâle d'outarde canepetière.

*Suite à des collisions entre des outardes canepetières et des avions sur l'aéroport de Marseille-Provence, un suivi d'oiseaux équipés de balises GPS-GSM a été mis en place. L'objectif de ce suivi est d'apporter des éléments d'appréciation sur la manière dont les outardes exploitent la plateforme aéroportuaire, échangent avec les autres aérodromes de la région et font peser un risque pour la sécurité aérienne. Au printemps 2018, 6 oiseaux ont été équipés, dont 4 font encore l'objet d'un suivi. Cet article dresse un premier bilan des résultats obtenus au cours de l'année écoulée.*

**CYRIL ERAUD<sup>1</sup>, AXEL WOLFF<sup>2</sup>,  
CATHERINE MENARD<sup>3</sup>,  
BENOÎT MARS<sup>4</sup>,  
QUENTIN AUDOUIT<sup>5</sup>,  
ALEXANDRE VILLERS<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> ONCFS, Direction de la recherche et de l'expertise, Unité Avifaune migratrice – Chizé.

<sup>2</sup> Conservatoire d'espaces naturels de Provence-Alpes-Côte d'Azur – Aix-en-Provence.

<sup>3</sup> DREAL Nouvelle-Aquitaine, Département Biodiversité - Espèces et connaissances – Poitiers.

<sup>4</sup> DGAC/Service technique de l'Aviation civile, Subdivision prévention du risque animalier – Toulouse.

<sup>5</sup> DDTM 13, Service de la mer, de l'eau et de l'environnement – Marseille.

Contacts : [cyril.eraud@oncfs.gouv.fr](mailto:cyril.eraud@oncfs.gouv.fr) ;  
[alexandre.villers@oncfs.gouv.fr](mailto:alexandre.villers@oncfs.gouv.fr)

## Le risque animalier

Le risque de collision entre des oiseaux et des avions est une composante importante de la sécurité aérienne. Entre 1912 et 2010, ce type d'événements serait à l'origine de la perte de 95 avions civils, ayant entraîné de nombreuses victimes (Briot *et al.*, 2010). De telles issues tragiques demeurent toutefois extrêmement rares au regard du nombre de ces collisions : au niveau mondial, on en recense ainsi entre 36 000 et 50 000 chaque année (Mars, 2018). En France métropolitaine et d'outre-mer, ce chiffre est évalué à environ 900 collisions par an sur la période 2008-2017 (Mars, 2018). La très grande majorité de ces incidents n'a aucune répercussion sur le déroulé des vols ou l'intégrité des avions. Lorsqu'elles surviennent, les conséquences sont avant tout d'ordre économique, en raison des coûts de réparation liés aux dommages structurels occasionnés sur les avions et des retards engendrés dans leur exploitation. Ce coût annuel est évalué à 24 millions d'euros en

France (Mars, 2018) et à 1,3 milliard d'euros à l'échelle mondiale (Allan, 2006).

La grande majorité des collisions (environ 80 %) intervient à proximité immédiate ou dans l'emprise des aéroports (Allan, 2006), en particulier lors des phases de décollage et d'atterrissage (Briot & Gianonne, 2006 ; Briot *et al.*, 2010). La forte fréquentation de certains aéroports par les oiseaux est à l'origine de cette situation. De nombreuses espèces y trouvent en effet des conditions d'habitat favorables à la réalisation de tout ou partie de leur cycle biologique (nourrissage, reproduction, halte migratoire, dortoir...). Dans le contexte continu de changement d'usage et d'artificialisation des terres (Newbold *et al.*, 2015), les plateformes aéroportuaires peuvent se révéler des habitats de substitution pour certaines espèces à fort enjeu patrimonial. Selon le comportement, le nombre ou encore la taille des espèces concernées, cette contribution au maintien de la biodiversité peut parfois s'avérer difficilement conciliable avec les impératifs de sécurité aérienne.

## La gestion du risque

La gestion du risque animalier est une des prérogatives des autorités gestionnaires des plateformes aéroportuaires. Depuis 1989, la réglementation a confié le soin aux exploitants des aéroports d'intérêt national de se doter d'un service de prévention et de lutte contre le péril aviaire (arrêté ministériel du 24/07/1989). Ces services, dont le fonctionnement est financé par les taxes aéroportuaires, sont chargés de limiter la fréquentation du volume aéroportuaire par les oiseaux. À cette fin, deux grands volets d'actions sont déployés en règle générale : le premier vise à réduire l'attractivité des lieux pour certaines espèces, notamment à travers la suppression des conditions d'habitat qui leur sont favorables ; le second s'appuie sur l'utilisation de moyens de lutte active (effarouchement, régulation) destinés à réduire rapidement la fréquentation du site ou à en dissuader la fréquentation.

L'acquisition de connaissances sur l'écologie et le fonctionnement des populations des espèces d'oiseaux concernées est une des étapes fondamentales de ce processus de gestion du péril animalier. Déclinées à l'échelle des emprises aéroportuaires et de leur environnement proche, ces connaissances peuvent aider à comprendre les raisons de la présence des espèces jugées problématiques pour la sécurité aérienne, et à mieux apprécier le risque de collision ainsi que les leviers d'interventions susceptibles de l'atténuer efficacement (Mars & Briot, 2015).



▲ Femelle d'outarde canepetière avec jeune en zone agricole. Depuis sa confirmation en 2010, la reproduction de cette espèce a rapidement progressé sur l'aéroport.

### La colonisation de l'aéroport de Marseille-Provence par l'outarde canepetière

Le suivi de l'outarde canepetière (**encadré 1**) récemment mis en œuvre sur l'aéroport Marseille-Provence (ci-après AMP) s'inscrit dans ce processus de gestion du risque. Rarement mentionnée jusqu'en 2007, l'espèce y est observée lors des hivers 2008 et 2009 en groupes de 20-30 individus (Meffre & Wolff, 2011). L'installation d'une population reproductrice est confirmée à partir de 2010, avec un effectif de mâles chanteurs estimé à 10-15 individus (Meffre & Wolff, 2011). Par

la suite, l'espèce s'implante durablement sur la plateforme aéroportuaire. Ses effectifs reproducteurs y progressent rapidement (25 mâles en 2012, 49 en 2014), tandis que sa fréquentation s'intensifie à l'automne-hiver (jusqu'à 250 individus au cours de l'hiver 2013-2014 – Clément, 2016). Cette colonisation rapide du site s'est inscrite dans un contexte général de forte augmentation de la population à l'échelle régionale (Gendre *et al.*, 2018), en lien avec la déprise viticole et l'augmentation des surfaces en jachères. Parallèlement, les aérodromes civils et militaires de la région s'imposent comme des sites de reproduction et d'hivernage

#### ► Encadré 1 • L'outarde canepetière (*Tetrax tetrax*)

L'envergure de cette outarde est de 105-115 cm et sa masse oscille entre 0,7 et 1 kg. Aussi, malgré les normes de certification qui régissent la conception des aéronefs (Briot *et al.*, 2010), une collision ou l'ingestion simultanée de plusieurs individus dans un moteur peuvent avoir de graves conséquences.

Inféodée à la steppe, l'espèce se reproduit également dans les zones agricoles où elle affectionne les milieux prairiaux, les friches et les jachères. En hiver, elle utilise les chaumes, le colza et les prairies peu denses. L'espèce adopte un système d'appariement de type *lek* éclaté : les mâles parquent sur des places de chant agrégées dans l'espace. Les femelles visitent les mâles sur ces places uniquement pour copuler. À l'automne-hiver, les oiseaux forment des groupes de toutes classes d'âge et de sexe, pouvant compter jusqu'à plusieurs centaines d'individus.

La période de reproduction s'étale de mai à juillet. Le nid est composé de tiges herbacées disposées dans une cuvette creusée sur le sol. La ponte comprend de 2 à 5 œufs. L'incubation dure 21 jours. Les jeunes sont nidifuges. Seule la femelle leur prodigue des soins parentaux. En France, les individus qui se reproduisent sur la façade atlantique hivernent

► Outarde canepetière femelle.



en Espagne, tandis que les populations du sud sont sédentaires.

La population migratrice du nord-est et de l'ouest de la France s'est réduite de près de 90 % en 30 ans. À l'inverse, les populations sédentaires du sud de la France se sont renforcées. En 2016, la population française a été estimée à environ 2 500 mâles chanteurs, contre 7 500 en 1970. L'espèce est aujourd'hui classée *En Danger* (EN) en France et protégée au titre de l'arrêté ministériel du 9 juillet 1999.

privilegiés en dehors de la plaine de la Crau (Jolivet, 2009) ; et ils sont identifiés comme tels par le deuxième Plan national d'action en faveur de l'outarde canepetière. Ce phénomène est notamment à mettre au crédit de la gestion des milieux herbacés généralement conduite sur ces sites, créant d'importantes surfaces de pelouses, habitat de prédilection de l'espèce (**encadré 1**). Les résultats des recensements nationaux témoignent qu'en 2008, 20 % de la population de mâles chanteurs de la région PACA y étaient hébergés (Meffre & Wolff, 2011).



▲ Mise en place du système de capture : filet tendu avec un leurre (femelle naturalisée) pour attirer les mâles.

## Une source de collisions

Avec plus de 100 000 mouvements d'aéronefs par an pour un total de plus de 9,3 millions de passagers, la plateforme de l'AMP se classe au 6<sup>e</sup> rang des aéroports nationaux en matière de trafic aérien (chiffres 2018). Dans ce contexte, la présence d'outardes en nombre croissant aux abords immédiats des pistes s'est rapidement traduite par une augmentation significative du nombre de collisions avec des aéronefs, en particulier au cours du printemps. À cette époque de l'année, les oiseaux sont connus pour se pourchasser fréquemment au vol, les exposant davantage au risque de percuter un aéronef en mouvement.

Le pic du nombre de collisions est atteint en 2013 (**figure 1**). Cette même année, un premier incident grave survient avec un aéronef commercial. La régulation de la population qui fréquente l'aéroport est alors une des mesures d'urgence prises par le Préfet des Bouches-du-Rhône (**encadré 2**). En parallèle, l'évaluation des

risques de collision et la recherche des moyens d'atténuation alternatifs deviennent une préoccupation majeure des autorités en charge de la sécurité aérienne. Étant donné la forte valeur patrimoniale de l'espèce, c'est également en toute légitimité que les autorités administratives et les associations en charge de la protection de la nature s'interrogent des conséquences de ces opérations de régulation sur le fonctionnement des populations à une échelle géographique plus large. Compte tenu du caractère encore récent de la colonisation du site, l'évaluation fine de ces différents aspects se heurte à une absence de connaissances fondamentales sur : 1) le positionnement du site aéroportuaire dans le fonctionnement global des noyaux de populations environnants, 2) la fréquence et l'étendue géographique des déplacements journaliers et/ou saisonniers, et 3) la réponse des oiseaux aux mesures de gestion

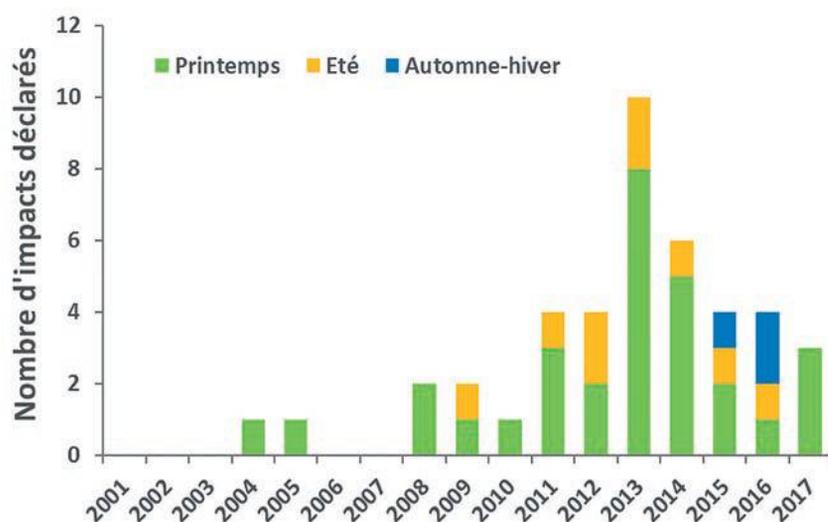
alternatives mises en œuvre. Afin de combler ces lacunes, un suivi d'outardes équipées de dispositifs de géolocalisation est initié en 2018, et ceci conformément aux prescriptions de l'arrêté ministériel de dérogation à la protection stricte des espèces du 09/05/2018.

## Des déplacements limités au pourtour de l'étang de Berre

Au printemps 2018, 6 oiseaux (5 mâles et 1 femelle) ont été capturés dans l'enceinte de la plateforme aéroportuaire (arrêté ministériel du 09/05/2018). Chaque oiseau a été équipé d'une balise de géolocalisation utilisant la technologie GPS (**encadré 3**). Quatre de ces oiseaux ont survécu jusqu'au printemps 2019, fournissant ainsi les premières informations sur leur mode d'occupation de la plateforme aéroportuaire et de ses environs.

Les premières analyses révèlent que trois sites concentrent les localisations des oiseaux équipés : l'AMP et ses dépendances, l'aérodrome de Berre-la-Fare et une zone agricole située au nord-ouest de la municipalité de Berre-l'Étang (**figure 2**). L'intensité de la fréquentation de ces différents sites témoigne toutefois d'un contraste très marqué selon les stades du cycle de vie des individus. En période de reproduction, les oiseaux équipés montrent un attachement quasi exclusif à la plateforme aéroportuaire. L'occurrence des premiers déplacements vers les autres sites n'intervient qu'à partir de fin juin/début juillet pour les mâles (**figure 3**). Cette époque de l'année coïncide avec une phase de réduction significative de l'activité reproductrice chez de nombreux mâles (qui ne participent pas aux soins parentaux), certains pouvant également débuter leur mue postnuptiale (**encadré 1**).

**Figure 1** Évolution du nombre d'impacts déclarés entre aéronefs et outardes canepetières lors des phases de décollage ou d'atterrissage sur la plateforme aéroportuaire de Marseille-Provence. (N.B. : les incidents pendant les phases de roulage des aéronefs ne sont pas illustrés – Source : aéroport Marseille-Provence.)



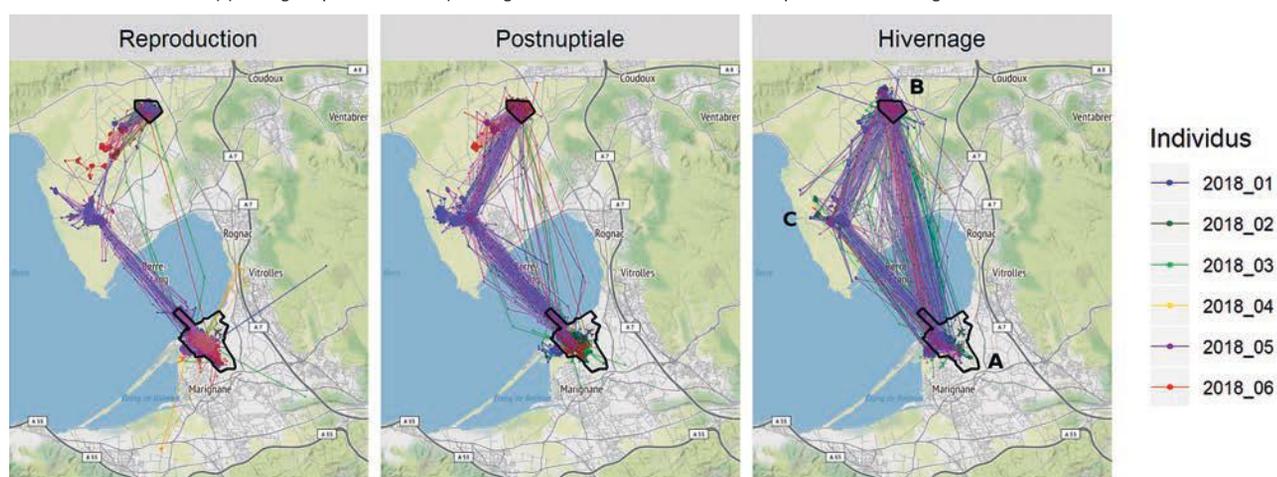
### ► Encadré 2 • La collision du 31 mai 2013

Le 31 mai 2013 à 19 h 29, l'ingestion de plusieurs outardes dans un moteur contraint un Airbus A320 à annuler en urgence sa procédure de décollage. Faute de disposer de la poussée suffisante, l'aéronef termine sa course à l'extrémité de la piste principale. L'ensemble des passagers est alors débarqué pour être réacheminé sur des vols suivants. L'exploitation de l'aéronef sera quant à elle interrompue pendant plusieurs jours jusqu'au remplacement de son moteur. Suite à cet incident, et compte tenu des effectifs importants recensés sur la plateforme aéroportuaire au printemps 2013 (i.e. 50-200 individus – Biotope, 2014), un arrêté préfectoral autorisant la régulation de l'espèce est délivré en urgence (AP n° 2013-164-0001 du 13/06/2013). Dans ce cadre, 38 oiseaux sont prélevés (16 mâles adultes). À partir de 2014 et conformément aux instructions définies chaque année par arrêté ministériel<sup>1</sup>, le déclenchement d'opérations de régulation à tir est adossé au niveau de *dangerosité le plus élevé*, apprécié d'après les effectifs présents sur la plateforme et le nombre de collisions enregistrées. Ce seuil sera

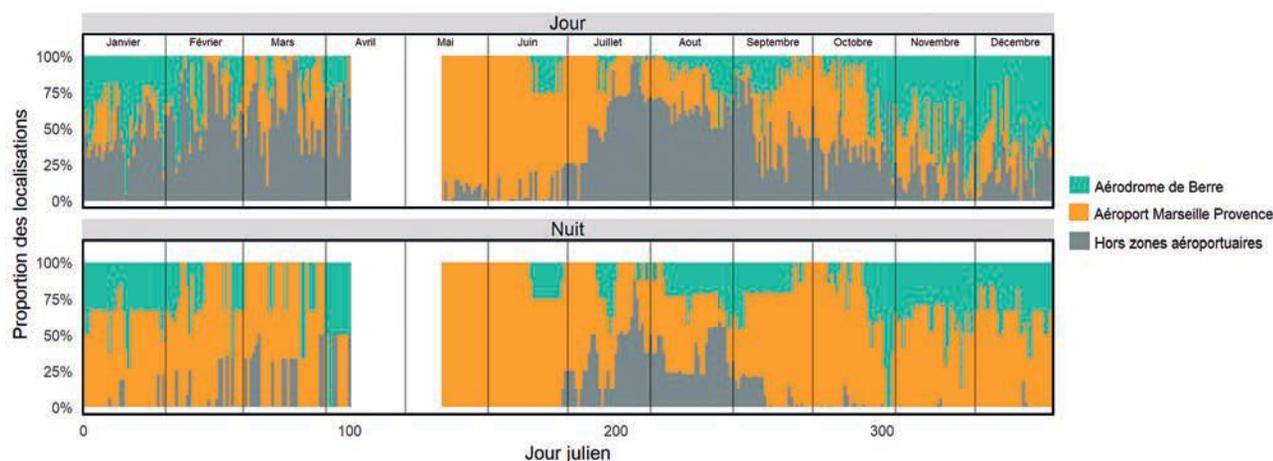
atteint à plusieurs reprises au cours de la période 2014-2016, entraînant la reconduction d'opérations de régulation pour un prélèvement total de 34 oiseaux supplémentaires. Compte tenu des enjeux en matière de sécurité aérienne, mais aussi de préservation d'une espèce à fort enjeu patrimonial, un comité de suivi est créé à l'automne 2013 à l'initiative de la préfecture des Bouches-du-Rhône (AP n° 2013-310-0008 du 06/11/2013). Ce comité regroupant les services de l'État, le gestionnaire de l'aéroport et les acteurs de la préservation de la biodiversité est notamment chargé de conduire des réflexions sur les mesures de gestion alternatives du risque pouvant être déployées sur l'aéroport. Depuis, de nombreuses solutions ont été mises en œuvre et/ou testées avec plus ou moins de succès (ex. : réduction des effectifs à l'aide d'opérations de capture, modification du couvert végétal). De nombreuses techniques d'effarouchement ont également été utilisées. Certaines d'entre elles (fauconnerie, utilisation de chiens) font l'objet de protocoles expérimentaux établis entre le gestionnaire de l'aéroport et la préfecture des Bouches-du-Rhône.

1. Arrêtés ministériels du 30/04/2014, 24/04/2015, 25/05/2016, 25/04/2017.

**Figure 2** Localisations et trajets empruntés par les oiseaux équipés de balises GPS entre mai 2018 et début avril 2019. Les résultats sont présentés selon les grandes périodes du cycle biologique de l'espèce (reproduction : avril-juillet, période postnuptiale : août-octobre, hivernage : novembre-mars). Une couleur différente est assignée à chaque individu. Le périmètre de la plateforme aéroportuaire de Marseille-Provence (A) et celui de l'aérodrome de Berre-la-Fare (B) sont figurés par un trait noir. C) Zone agricole située au nord-ouest de la municipalité de Berre-L'Étang.



**Figure 3** Évolution du degré de fréquentation des principaux sites par les oiseaux selon le jour de l'année et la période du cycle nycthéral (jour vs nuit). Pour chaque jour julien et chacune des périodes du cycle journalier, les localisations des oiseaux sont cumulées et les fréquences relatives calculées pour chacun des sites. Les jours juliens 135 à 365 couvrent la période mai à décembre 2018. Les valeurs 1 à 100 couvrent la période janvier à début avril 2019.



Entre la mi-juillet et la mi-septembre, les localisations diurnes indiquent que les oiseaux fréquentent en grande majorité des zones agricoles. À l'entrée de l'hiver, leur présence sur la plateforme aéroportuaire diminue au profit du terrain d'aviation de Berre-la-Fare. Son utilisation n'est toutefois pas abandonnée car, selon les jours, certains individus peuvent y retourner. À la fin de l'hiver, l'utilisation des zones agricoles (nord de l'étang de Berre, sud de l'AMP) et de l'emprise aéroportuaire augmente de nouveau en proportion significative (figure 3).

L'analyse des localisations nocturnes indique que les oiseaux fréquentent en très grande majorité les terrains d'aviation à cette période de la journée (figure 3). Au printemps, ces séjours sont quasi exclusivement réalisés sur la plateforme de l'AMP. Le reste de l'année et selon les jours, les oiseaux se répartissent entre ce

site et l'aérodrome de Berre-la-Fare. La fidélité à un site nocturne varie fortement selon les individus. L'analyse des données témoigne néanmoins que l'alternance entre différents sites de repos nocturne est une constante parmi les individus suivis. Le rythme de ces alternances se montre toutefois variable selon les individus. Dans le courant de l'été et jusqu'à l'entrée de l'automne, certains oiseaux séjournent également de nuit sur les zones agricoles utilisées pendant la journée (figure 3).

Ces différents modes d'utilisation de l'espace en dehors de la période de reproduction génèrent ainsi de larges couloirs de déplacements entre les différents sites. L'occurrence d'un tel couloir entre l'AMP et l'aérodrome de Berre-la-Fare est particulièrement marquée pendant la période d'hivernage (figure 2).



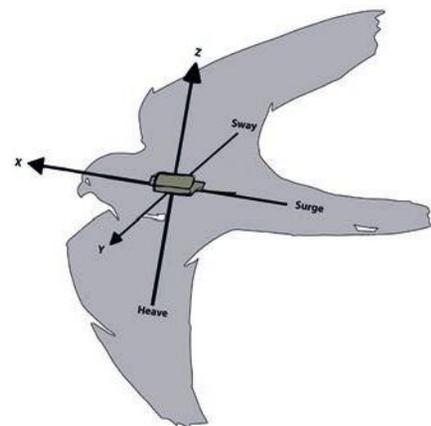
▲ Pose d'une balise GPS-GSM sur un mâle. La pose d'une coiffe en cuir permet à l'oiseau de rester calme pendant la manipulation.

### ► Encadré 3 • Spécifications des balises GPS-GSM

Les balises déployées dans le cadre de cette étude (18 g) sont alimentées par des panneaux solaires. Équipées d'une puce GPS, elles autorisent une localisation précise, et à fréquence régulière, des oiseaux. Par souci d'économie d'énergie, cette fréquence a été fixée à 1 localisation toutes les 5 minutes au printemps-été et toutes les 10 minutes les autres saisons. Les balises intègrent également un accéléromètre 3D qui permet de mesurer l'accélération linéaire de l'oiseau (en « g ») selon 3 axes (cf. schéma). Pour cette étude, des séquences de mesure d'accélérométrie ont été programmées à concurrence de 5 secondes d'enregistrement toutes les minutes et à une fréquence de 50 Hz (i.e. 50 points de mesure par seconde, soit 250 données/oiseau/minute).

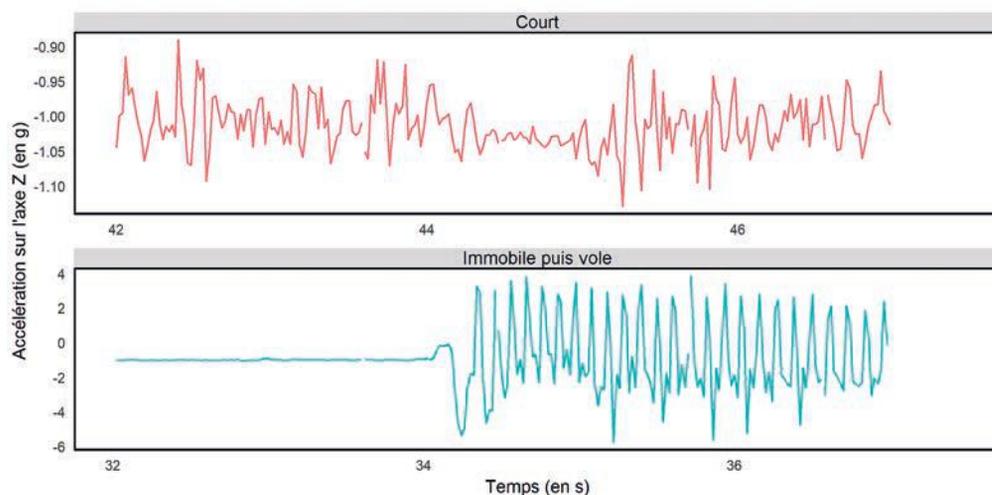
L'analyse des profils d'accélérométrie permet d'assigner chaque séquence à une classe de comportement (ex. : immobilité, course, vol...). L'extrait suivant illustre les variations de la force d'accélération sur l'axe z mesurées chez un mâle d'outarde. Le panneau supérieur témoigne d'un individu en train de courir. Le panneau inférieur caractérise une phase d'immobilité suivie d'un vol battu.

Chaque balise dispose également d'un capteur de pression atmosphérique. Les valeurs enregistrées peuvent alors être utilisées pour estimer l'altitude de vol des oiseaux. L'ensemble de ces données est téléchargeable à distance.



▲ Schéma illustrant les 3 axes sur lesquels l'accéléromètre enregistre les mouvements de l'oiseau (X = axe de roulis (surge) ; Y = axe de tangage (sway) ; Z = axe de lacet (Heave).

D'après Hernandez-Pilego et al. (2017)



## Une mobilité au sein de la plateforme...

La représentation du cumul des localisations diurnes à l'échelle uniquement de la plateforme aéroportuaire indique que, pendant la saison de reproduction, les oiseaux ne limitent pas leurs activités à un périmètre restreint mais évoluent sur une surface relativement étendue (figure 3). Cette large exploitation de la plateforme, variable selon les individus, se contracte très nettement par la suite. Ainsi, au cours des mois d'hiver, les oiseaux se cantonnent principalement sur la zone enherbée située au sud-ouest de la plateforme et exploitent également ses dépendances agricoles (figure 4, zone C). Notons que cette zone demeure toutefois très peu utilisée pour le stationnement nocturne, les oiseaux préférant alors regagner les enceintes aéroportuaires (figure 3).

## ... et des risques de collisions dépendants de la saison

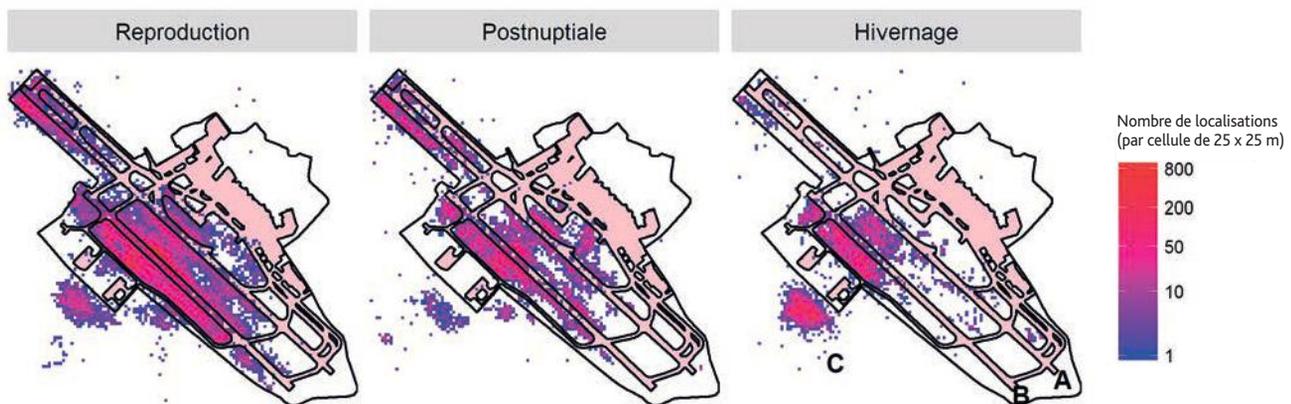
L'examen des trajets de vols occasionnant une traversée de l'emprise des pistes indique là encore une très forte variabilité inter-saisonnière (figure 5). L'occurrence de ces événements se révèle la plus élevée au printemps, ce qui coïncide également avec la forte fréquence des collisions mesurée à cette saison (figure 1). La piste la plus couramment traversée est alors la piste secondaire (notée B, figure 4), celle-ci étant la plus proche des sites originels de capture des oiseaux suivis. À l'inverse, la fréquence des vols au-dessus des pistes se montre la plus faible au cours des mois d'hiver. Pendant la période de reproduction et sur un cycle de 24 heures, la fréquence des traversées de pistes se caractérise par un pic très net aux premières heures du jour

(5 h 00-6 h 00), un déclin jusqu'en milieu de journée, suivi d'un regain jusqu'à la tombée de la nuit. Cette dernière phase coïncide avec une des deux grandes périodes de forte activité aéroportuaire sur le site (16 h 00-20 h 00).

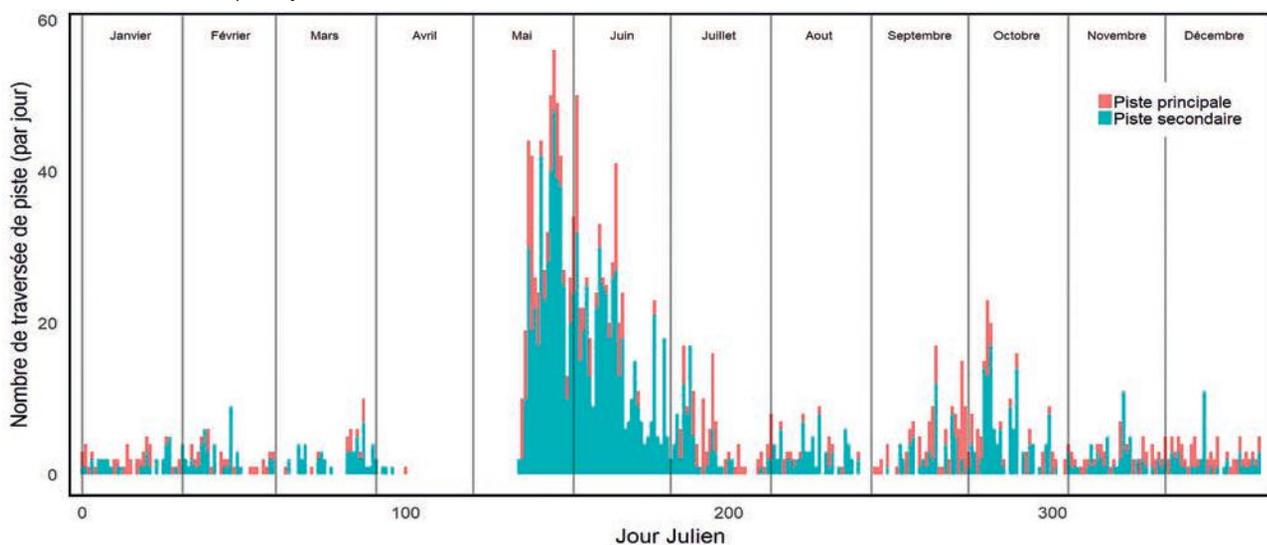
## Limites et perspectives

Il est important de reconnaître que la généralisation des résultats actuels à l'ensemble du noyau d'outardes qui fréquentent la plateforme aéroportuaire fait face à certaines limites. En premier lieu, nous avons ciblé en priorité le suivi des mâles, car ces derniers sont de manière présumée les oiseaux s'exposant le plus à un risque d'impact du fait de leur comportement de parade et de poursuite. Aussi, il est probable que les comportements et déplacement mesurés pendant

**Figure 4** Distribution des localisations des outardes équipées de balises GPS au sein de la plateforme aéroportuaire de Marseille-Provence. Les résultats sont présentés selon les grandes périodes du cycle biologique de l'espèce (reproduction : avril-juillet, période postnuptiale : août-octobre, hivernage : novembre-mars). Pour chaque période, le gradient de couleur figure le cumul du nombre de localisations (1 à 800) par maille 25 x 25 m. A) Piste principale, B) Piste secondaire, C) Dépendance (majoritairement agricole) de l'aéroport.



**Figure 5** Évolution du nombre quotidien de traversées de pistes réalisées de jour et au vol par les outardes équipées de balises GPS sur la plateforme aéroportuaire de Marseille-Provence entre mai 2018 et mars 2019. La piste principale est la piste majoritairement utilisée par les avions (voir figure 4). Les jours juliens 135 à 365 couvrent la période mai à décembre 2018. Les valeurs 1 à 100 couvrent la période janvier à mars 2019.



la phase de reproduction ne puissent être transposés aux femelles – ces dernières étant supposées être moins mobiles à cette époque de l'année. Notons également que les oiseaux suivis ont été capturés sur une zone éloignée de la piste principale. Ainsi, et malgré la très large exploitation de la plateforme par ces oiseaux au printemps, les fréquences de vols au-dessus de la piste principale (notée A, **figure 4**) sont sans doute très largement sous-estimées en comparaison des valeurs que nous aurions pu mesurer chez des oiseaux paradant sur la moitié nord du site. Enfin, les résultats ne reposent que sur un nombre restreint d'individus. Afin de pallier ce dernier point, 6 nouveaux mâles ont toutefois été équipés au début de mai 2019,

conformément à l'arrêté ministériel du 30/04/2019.

Malgré ces différentes limites, l'exploitation des premières données apporte un éclairage original et riche d'enseignements sur l'utilisation spatio-temporelle de la plateforme aéroportuaire de Marseille-Provence et de ses environs. À notre connaissance, le suivi d'individus équipés de dispositifs de géolocalisation au sein d'un site aéroportuaire est une approche rarement utilisée dans un contexte de gestion du péril animalier (e.g. Rutledge *et al.*, 2015). Les résultats présentés ici témoignent que cette approche est essentielle pour apprécier finement la manière avec laquelle les oiseaux exploitent un site aéroportuaire et ses environs tout au long d'un cycle annuel.

L'importante fréquence d'acquisition des localisations GPS permet également d'envisager une analyse extrêmement fine des réponses comportementales des oiseaux aux méthodes et stratégies d'effarouchement employées ou testées par les services de lutte contre le péril animalier, et aux mesures de gestion des couverts herbacés. Pour les seules outardes suivies entre mai 2018 et mars 2019, ce sont ainsi 200 000 localisations GPS qui ont été enregistrées et pour lesquelles la date et l'heure peuvent être mises en regard de celles des opérations d'effarouchement conduites sur l'AMP. D'autres types de données enregistrées par les balises peuvent également être mobilisées à cet effet. Il s'agit des données d'accélérométrie et d'altitude (**encadré 3**), lesquelles totalisent sur la période d'étude

respectivement 97 millions et 2 millions de mesures. La conduite d'analyses intégrées de l'ensemble de ces données constitue un développement logique des travaux en cours, lequel devrait permettre d'affiner l'évaluation du risque et d'optimiser les moyens de son atténuation.

## Remerciements

Cette étude a bénéficié du soutien financier de l'aéroport Marseille-Provence, du Ministère de la Transition écologique et solidaire dont le Service technique de l'Aviation civile, ainsi que de la DREAL Nouvelle-Aquitaine, coordinatrice du PNA Outarde canepetière. Nous adressons nos remerciements à Olivier Azemard, chef du Service sécurité de l'aéroport, Fabien Garnier, responsable de la coordination des opérations aéronautiques, Mathieu Cesbron, commandant du bataillon des marins-pompiers de Marseille, ainsi qu'à l'ensemble du personnel du contrôle aérien. Nous adressons également nos plus vifs remerciements aux personnels en charge de la lutte animalière, Jean-Louis Fochel et Nans Bruyère, pour leur aide décisive lors des opérations de capture. Enfin, merci à Julie Colomb (DDTM13), à Nicolas Gendre (LPO), à la Délégation interrégionale de l'ONCFS, ainsi qu'au chef (Jean-Yves Bichaton) et aux agents du Service départemental de l'ONCFS des Bouches-du-Rhône pour leur implication dans le suivi des différents dossiers en lien avec la problématique outarde. ●



© A. Villiers/ONCFS

▲ Le comportement de parade et de poursuite des mâles (photo) en période de reproduction pourrait les exposer le plus au risque de collision avec les aéronefs.

## Bibliographie

- ▶ Allan, J. 2006. À heuristic risk assessment technique for birdstrike management at airports. *Risk Analysis* 26: 723-729.
- ▶ Biotope, 2014. *Dossier préalable à une future demande de dérogation au titre de l'article L.411-2 du Code de l'environnement - Prélèvements d'Outardes canepetières - Aéroport de Marseille Provence*. 162 p.
- ▶ Briot, J.-L. & Gianonne, F. 2006. *Analyse du péril animalier. Rapport statistique 2001-2005*. Direction générale de l'Aviation civile – Service technique de l'Aviation civile, Toulouse. 76 p.
- ▶ Briot, J.-L., Besse, L. & Gianonne, F. 2010. *La lutte contre le péril animalier en France. Guide technique*. Service technique de l'Aviation civile, Toulouse. 44 p.
- ▶ Clément, D. 2016. *Gestion du risque lié à la présence d'outardes canepetières sur l'aéroport de Marseille-Provence. Rapport n° 009495-01*. CGEDD, Paris. 89 p.
- ▶ Gendre, N., Eraud, C., Bretagnolle, V. & Dalloyau, S. 2018. L'Outarde canepetière *Tetrax tetrax* en France en 2012 et 2016 : effectifs et répartition. *Ornithos* 25 : 290-302.
- ▶ Hernandez-Pliego, J., Rodriguez, C., Dell'Omo, G. & Bustamante, J. 2017. Combined use of tri-axial accelerometers and GPS reveals the flexible foraging strategy of a bird in relation to weather conditions *PLoS ONE* 12 (6): e0177892.
- ▶ Jolivet, C. 2009. Effectifs et répartition de l'Outarde canepetière *Tetrax tetrax* en France en 2008. *Ornithos* 16 : 214-219.
- ▶ Mars, B. 2018. *Note sur le coût des collisions animalières*. 18\_0063\_NOT\_STAC\_SPRA\_NOT\_birdstrike-cost\_mars2018. Direction générale de l'Aviation civile – Service technique de l'Aviation civile. 5 p.
- ▶ Mars, B. & Briot, J.-L. 2015. *Méthodologie d'évaluation du risque animalier sur les aérodromes. Guide technique*. Direction générale de l'Aviation civile – Service technique de l'Aviation civile, Toulouse. 54 p.
- ▶ Meffre, B. & Wolff, A. 2011. Diagnostic des populations d'outardes canepetières sur les terrains d'aviation en région PACA. Rapport du Conservatoire – Études des Écosystèmes de Provence. 85 p.
- ▶ Newbold, T. *et al.* 2015. Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature* 520: 45-50.
- ▶ Rutledge, M.E., Moorman, C.E., Washburn, B.E. & Deperno, C.S. 2015. Evaluation of resident Canada goose movements to reduce the risk of goose-aircraft collisions at suburban airports. *Journal of Wildlife Management* 79: 1185-1191.
- ▶ Sodhi, N.S. 2002. Competition in the air: birds versus aircraft. *The Auk* 119: 587-595.