

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/342151213>

Altitudes of flight and flows of migrating birds in relation to their stopover in a wetland of the Basque country. First results from radar and ringing

Article in *Alauda* · June 2020

CITATIONS

0

READS

71

3 authors, including:



Philippe Fontanilles

Olso and Pyrenees National Park

34 PUBLICATIONS 117 CITATIONS

SEE PROFILE

Alauda

Revue
internationale
d'Ornithologie
Volume 88 (2) 2020

- **CRAVE À BEC ROUGE :**
Zones de nourrissage
dans le Massif central
- **ALTITUDE DE VOL :**
Radar et baguage
- **MOINEAU DOMESTIQUE :**
Comportements de lek
- **SAINT-MARCOUF :**
Oiseaux nicheurs (bilan)



ALTITUDES DE VOL ET FLUX D'OISEAUX MIGRATEURS EN RELATION AVEC LEUR HALTE SUR UNE ZONE HUMIDE DU PAYS BASQUE. PREMIERS RÉSULTATS ACQUIS PAR RADAR ET BAGUAGE

Philippe FONTANILLES⁽¹⁾, François HUCHIN⁽²⁾ et Vincent DELCOURT⁽³⁾

Altitudes of flight and flows of migrating birds in relation to their stop-over in a wetland of the Basque country.

First results from radar and ringing. Ringing of migrating birds is a tool used to study their stop in a site where they rest and recover before a new flight. But what is the real flow of these birds migrating above this site? How does it vary during the night and the day? What kind of relations can be established between arrival and departure from the stopover? In order to give preliminary answers to these questions we used a radar equipment developed by Biotope company. We followed nocturnal and diurnal migrating activities of transsaharian songbirds in the course of a ringing programme in Barthes de la Nive (Bayonne, 64). We show that birds fly higher by night than day, in average 449m against 254m, and that the nocturnal flow is more intense than the diurnal one. The flow increases at the beginning of the night and, like

flight altitude, rapidly decreases at its end, every day during one hour. There is a daily peak of activity at the beginning of the night and a second one, though not systematic, at the end of the night. This is interpreted as departure and arrival of migrants on the halting site. The numbers of birds ringed in the morning are correlated with the mean flow of the preceding night, particularly with the flow during the second part of the night. Transsaharian migrants are particularly concerned: Reed, Sedge and Garden Warblers. The present study shows the important nocturnal activity of migrating songbirds above the Basque country where they must concentrate in the bottle-neck between The Atlantic Ocean and the Pyrenees. Radar appears as a useful tool for following and measuring the altitude, intensity and evolution of the flow of nocturnal migrating songbirds, and under certain conditions, ringing of newcomers on our site seems to reflect this.

Mots-clés : Passereaux transsahariens, MTR (Intensité migratoire horaire), Altitude de vol, Halte migratoire, Zone humide.

Keywords: Transsaharian migrant birds, MTR (Migration Traffic Rate), Flight altitude, Stopover, Ringing, Wetland.

⁽¹⁾ Observatoire d'Intérêt Scientifique Ornithologique (OISO), Cami deth Sailhetou, F-65400 Lau Balagnas (fontanilles.oiso@laposte.net. <http://observatoire-oiso.blogspot.fr>).

⁽²⁾ Biotope, Avenue de l'Europe, ZA Maie, F-62720 Rinxent.

⁽³⁾ Biotope, 22 boulevard Maréchal Foch, F-34140 Mèze (vdelcourt@biotope.fr).

INTRODUCTION

La migration des oiseaux est suivie sur les Barthes de la Nive par la mise en place d'un camp annuel de baguage, depuis 2008 (FONTANILLES *et al.*, 2009). Cette technique apporte de précieuses informations sur la halte migratoire des passereaux : leur phénologie de passage, leur

durée de stationnement, leur prise de poids, selon les espèces, leurs classes d'âge ou de sexe et l'habitat utilisé (FONTANILLES *et al.*, 2013, 2017, 2019; FOURCADE *et al.*, 2015, 2016). La majorité des espèces étudiées migrent de nuit et stationnent sur ce site. Cependant, il est certain que beaucoup d'individus volent au-dessus de cette zone sans s'y arrêter. Nous ne savons rien sur

l'importance locale de ces flux, leurs variations dans le temps, leurs altitudes et directions de vol. Une synthèse nationale sur 62 sites suivis par radar montre que les flux nocturnes représentent 71 % des mouvements d'oiseaux en période de migration postnuptiale (GOAVERE *et al.*, 2008).

Les radars sont en effet utilisés depuis maintenant plus de 70 ans pour étudier les déplacements et la migration des oiseaux (LACK & VARLEY, 1945; BRUDERER, 1997, 1999; NEWTON 2008). Ces suivis ont été mis en œuvre dans de nombreux sites, souvent dans des lieux de passages importants et stratégiques, par exemple au niveau des Alpes, en Méditerranée et au Sahara pour les migrateurs transsahariens (BRUDERER, 1999; BIEBACH *et al.*, 2000). Le radar offre de multiples avantages: détecter indifféremment des cibles de jour comme de nuit, pouvoir suivre les oiseaux à travers les couches nuageuses et le brouillard, quantifier leur flux, mesurer les hauteurs de vol, leurs directions et collecter automatiquement sur de longues périodes des données sur l'activité de vol.

À une large échelle comme le golfe de Gascogne, un réseau de radars météorologiques a mis en évidence l'effet tunnel de la migration pré-nuptiale du Pays basque, à l'Est des Cantabriques et l'Ouest des Pyrénées, par un passage au-dessus des terres et de la mer (WEISSHAUPT *et al.*, 2018). En migration postnuptiale, NILSSON *et al.* (2019) ont aussi montré une concentration de la migration des oiseaux au Sud-Ouest de la France à partir de données du réseau de radars météorologiques européens, avec le maximum d'intensité migratoire enregistrée au niveau du radar de Bordeaux. Mais qu'en est-il en précisément au niveau du site d'étude? Les suivis à fine échelle par radar ont été utilisés à plusieurs reprises en Aquitaine, notamment sur deux cols du Pays basque en automne 2013 (RUCHÉ, 2014) et à la pointe de Grave au printemps 2013 et 2014 (RUCHÉ, 2013; FILIPPI-CODACCIONI, 2014). Au préalable, nous l'avions employée en août 2010 lors d'une campagne de baguage (FONTANILLES *et al.*, 2011; HUCHIN, 2010). Nous aurions souhaité renouveler et poursuivre ce type d'opération afin d'acquérir un jeu de données plus important et établissant des analyses plus poussées. Faute d'avoir eu l'opportunité, nous en publions ici les premiers résultats.

Les principaux objectifs de l'étude sont de décrire la chronologie du passage au cours de la nuit, d'évaluer la distribution altitudinale des vols, d'estimer quantitativement le flux d'oiseaux survolant le site de nuit et de jour, et de vérifier si les effectifs bagués des nouveaux oiseaux arrivés sur le site sont bien corrélés au flux estimé par radar.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Site d'étude

L'étude a été conduite dans le Sud-Ouest de la France sur les communes de Bayonne et de Villefranque (64), dans une zone humide de 273 ha, appelée les Barthes de la Nive (43°27'N, 1°29'W, altitude un mètre au-dessus du niveau de la mer). Elle appartient à l'éco-complexe naturel et urbanisé de l'estuaire de l'Adour, situé sur l'axe de migration atlantique en amont du goulet d'étranglement du Pays basque, entre la chaîne des Pyrénées et l'océan Atlantique. Elle constitue une des dernières zones humides avant le passage des Pyrénées pour de nombreux oiseaux migrants se dirigeant vers des zones d'hivernage plus au Sud (FONTANILLES, 2011) et représente un intérêt majeur pour les fauvelles paludicoles, dont le Phragmite aquatique *Acrocephalus paludicola* (FONTANILLES *et al.*, 2014). Les Barthes de la Nive présentent une mosaïque d'habitats: roselières, prairies humides, boisements et ripisylves de saules ou d'aulnes, cultures de céréales et prairies de fauches, décrite dans FONTANILLES *et al.* (2014).

Données radar

Nous avons utilisé le radar de l'unité mobile *Aviscan II*, développée par Biotopie (GOAVERE *et al.*, 2005 et 2008). Elle a été positionnée au cœur des Barthes, à proximité immédiate du camp de baguage. Le radar est un *Furuno FR 2115 BB* (9,4 GHz $\pm$ 30 MHz, 12 kW), paramétré pour la détection des oiseaux. Le principe de fonctionnement du radar repose sur l'émission d'ondes électromagnétiques à haute fréquence, qui renvoient un signal identifié dans le temps et dans l'espace lorsqu'elles rencontrent un obstacle. Les puissances et longueurs d'onde émises ne modifient pas le comportement de l'avifaune (BRUDERER *et al.*, 1999; BEASON & SEMM, 2002). Le protocole et le contexte général d'utilisation du radar en lien avec

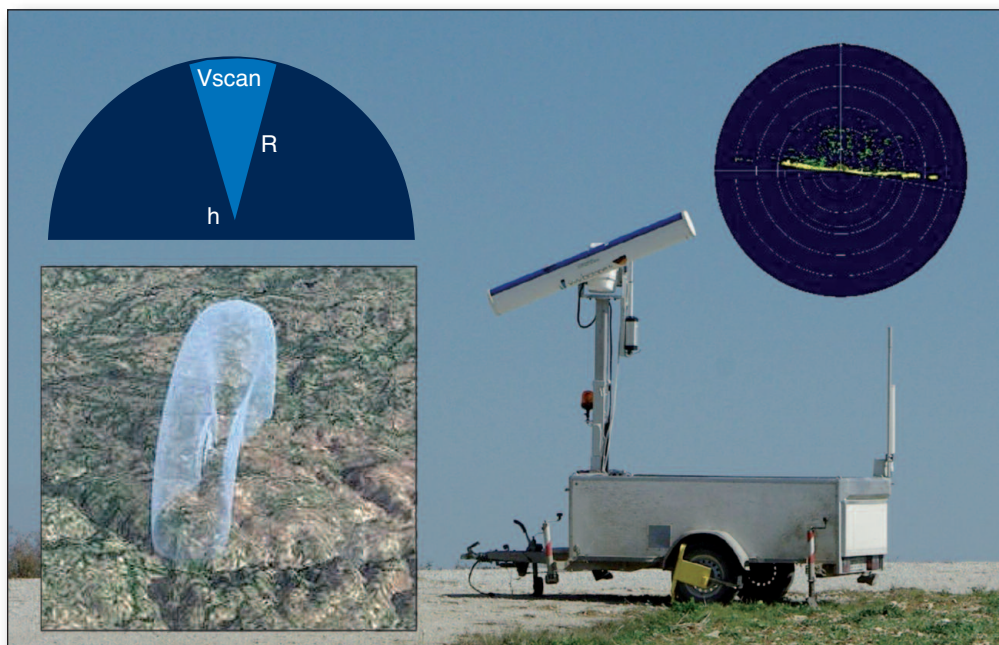


FIG. 1.— Principe de fonctionnement du radar. Le dispositif Aviscan2 en balayage vertical.
vScan = volume scanné, h = hauteur du radar (en mètres), R = rayon de détection.

Principle of operation of the radar. The Aviscan2 device in vertical scanning.

la détection des oiseaux ont été décrits dans un rapport spécifique (GOVAERE *et al.*, 2005).

Le radar est monté sur une unité mobile qui permet habituellement de varier les points d'expertise et d'alterner entre le suivi des trajectoires des oiseaux (fonctionnement en mode horizontal) et la quantification des flux et des hauteurs de vol (mode vertical). Compte tenu des objectifs de l'étude, le radar a été utilisé en mode vertical, mode le plus adapté à la caractérisation de la migration nocturne. Lors de ce fonctionnement, l'antenne tourne autour d'un axe horizontal et le radar balaye une portion de ciel localisée au-dessus et de part et d'autre du radar, à une échelle de trois kilomètres (volume bleu représenté dans la FIG. 1).

Afin de mesurer l'intensité du flux migratoire par tranche d'altitude, le nombre d'échos traversant une ligne horizontale fictive d'un kilomètre perpendiculaire au front principal de la migration est compté pour chaque heure de suivi (*Migration Traffic Rate* - MTR ou intensité migratoire horaire

= nombre d'échos / h / km). Cette unité est classiquement utilisée dans les études de suivi de la migration des oiseaux par radar (BLACK, 2000 a, b; COOPER, 1998; LIECHTI & BRUDERER, 1995; RIVIERA & BRUDERER, 1998; ZEHNDER *et al.*, 2002). Lors du suivi réalisé en 2010, les données étaient enregistrées toutes les minutes, et le nombre d'échos était analysé par la première version du logiciel *Aviscope*. Compte tenu de la fréquence d'acquisition des données, les valeurs de MTR calculées sont une estimation des flux réels d'oiseaux. Les valeurs de MTR sont données par créneau horaire et par classe de 100 m d'altitude, mesurée par rapport au radar (altitude un mètre).

L'étude a été menée du 9 août (19 h 00 TU) au 17 août 2010 (8 h 00 TU). Les données ont été séparées en fonction de la période de la journée correspondante. La période de jour en août a été définie entre 4 h 00 et 20 h 00 et celle de nuit entre 20 h 00 et 4 h 00 en Temps Universel (TU), soit 6 h 00-22 h 00 pour le jour et 22 h 00-6 h 00 pour la nuit en heure locale d'été.

Les conditions météorologiques ont été bonnes et n'ont pas gêné les opérations. De faibles précipitations ont eu lieu les 12 août et 15 août en seconde partie de nuit. Les vents ont été faibles à légers, leurs directions orientées vers le Sud, en moyenne le Sud-Ouest. Un résumé des conditions météorologiques est présenté en annexe.

Données de baguage

Un camp de baguage a été mené du 1^{er} août au 2 octobre 2010 en rive droite des Barthes de la Nive, à Quartier bas (Villefranque, 64; voir bilan FONTANILLES *et al.*, 2011). Il suit un protocole standardisé constant. Les oiseaux sont capturés par des unités de filets japonais (maille 16 mm, 2,5 m de hauteur) et de longueur: 108 m en roselière *Phragmites australis*, 72 m en roselière boisée (*Phragmites australis*, *Salix atrocinerea*, *Acer negundo*), 36 m en zone buissonnante (Saules, Ronciers). Chaque unité de capture est accompagnée d'une repasse (leurre acoustique composé d'un lecteur et de haut-parleurs) émettant le chant d'oiseaux de 1 h 30 avant l'heure légale du lever du jour à 12 h 00: en roselière, chant du Phragmite aquatique (programme *Acrola* du MNHN Muséum national d'Histoire naturelle, JIGUET *et al.*, 2012); en roselière boisée et buissons, chant du Phragmite aquatique pendant 2 h 00 puis celui des autres migrateurs en alternance (Gorgebleue, locustelles tachetée et luscinoïde, Rossignol philomèle, Rougegorge familier, Fauvettes à tête noire, des jardins et grisette, Pouillot fitis, Torcol fourmilier, Hypolaïs polyglotte, programme Halte du MNHN).

Nous analysons l'éventuelle corrélation du flux moyen nocturne (MTR) avec les données de baguage de la matinée suivante. Pour cela, nous ne considérons que les oiseaux capturés pour la première fois (supposé « nouveaux » bien que certains soient non capturés et déjà présents) sur le site et excluons donc les individus déjà bagués. Nous évaluons la corrélation avec les migrateurs nocturnes par comparaison avec les autres espèces, pour le flux nocturne moyen sur toute la nuit et par tranche d'horaire, afin d'apprécier si l'effectif capturé est mieux corrélé et correspond plus aux derniers flux de la nuit ou à celui de toute la nuit. Les tests statiques ont été réalisés sous R.

RÉSULTATS

Altitudes de vol

Les altitudes de vol sont représentées par tranche de 100 m jusqu'à 2000 m (FIG. 2). Au-delà, la détection et les flux sont très faibles et représentent moins de 0,1 % du flux total. L'altitude moyenne horaire nocturne des oiseaux est de 444 mètres, variant quotidiennement de 379 à 478 m (TAB. I). 50 % des échos observés se situent au-dessus de 440 mètres (altitude médiane). L'altitude moyenne horaire en journée des oiseaux est de 254 mètres et varie selon les jours de 193 à 344 m. 50 % des trajectoires observées se situent en dessous de 229 mètres (altitude médiane). Les altitudes de vol sont plus hautes de nuit que de jour (test WILCOXON, $W = 321,5$; $p < 0,0001$). Les altitudes de vol évoluent au cours de la journée et de la nuit. De nuit, elles augmentent classiquement avec l'accélération du flux associée au départ des oiseaux en migration et à leur prise progressive d'altitude, se stabilisent puis diminuent en fin de nuit avec la baisse du flux nocturne et la descente des oiseaux jusqu'à leurs lieux de halte migratoire (FIG. 3).

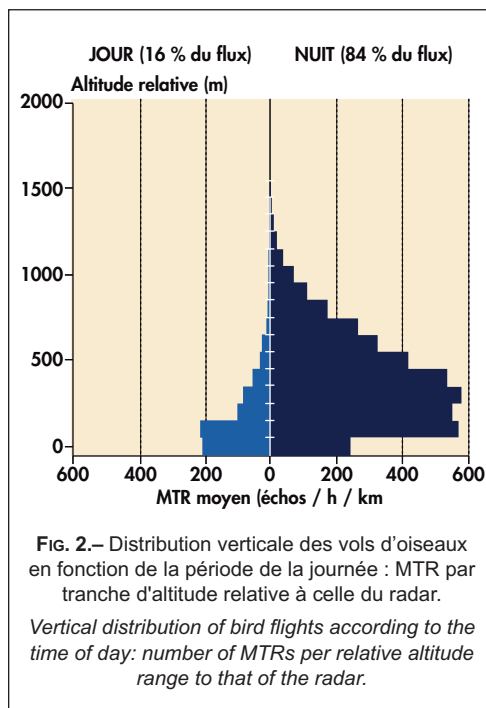


FIG. 2.— Distribution verticale des vols d'oiseaux en fonction de la période de la journée : MTR par tranche d'altitude relative à celle du radar.

Vertical distribution of bird flights according to the time of day: number of MTRs per relative altitude range to that of the radar.

TABLEAU I.— Altitudes moyenne (m) et médiane par date, jour (J) et nuit (N).
Average and median altitudes (m) by date, day (D) and night (N).

	10-août		11-août		12-août		13-août		14-août		15-août		16-août		17-août	
	J	N	J	N	J	N	J	N	J	N	J	N	J	N	J	N
Moyenne	478	241	471	217	238	343	466	312	469	199	453	193	421	242	379	255
Médiane	485	229	481	206	238	333	472	278	468	200	423	179	420	220	386	255

Altitudes de vol et flux MTR sont corrélés (ρ SPEARMAN = 0,59; $S = 219\,020,1$; $p < 0,0001$).

On note aussi que le plafond des nuages pourrait influencer la hauteur de vol : la valeur d'altitude la plus faible a été enregistrée la nuit du 11 au 12 août (moyenne = 440 m), nuit où le plafond nuageux était le plus bas de la période (300 m).

Évolution du flux migratoire

L'évolution du flux (MTR - Migration Traffic Rate, en nombre d'échos par heure et par kilomètre) sur le site de Villefranche montre une activité nocturne bien supérieure à celle de jour, ce qui est habituellement observé en période de migration (FIG. 3 et 6). 86 % du flux est enregis-

tré au cours de la nuit contre 14 % la journée. Le MTR de nuit moyen est de $4\,104 \pm 1\,621$ d'écart-type, 5,3 fois supérieur à celui de jour, 765 ± 629 ; médianes respectivement égales à 3 850 et 640 (test WILCOXON $W = 69$; $p < 0,0001$).

Le flux augmente très rapidement en début de nuit, dès le coucher du soleil. Le pic de migration est généralement observé lors du créneau horaire suivant le coucher de soleil (20 h 00 à 21 h 00 TU, soit 22 h 00 à 23 h 00 heure locale). Le flux reste important au cours de la nuit, traduisant une activité migratoire dense et continue au-dessus du point de suivi. Le flux de fin de nuit est variable et peut présenter un second pic selon les jours (observé quatre fois sur huit jours).

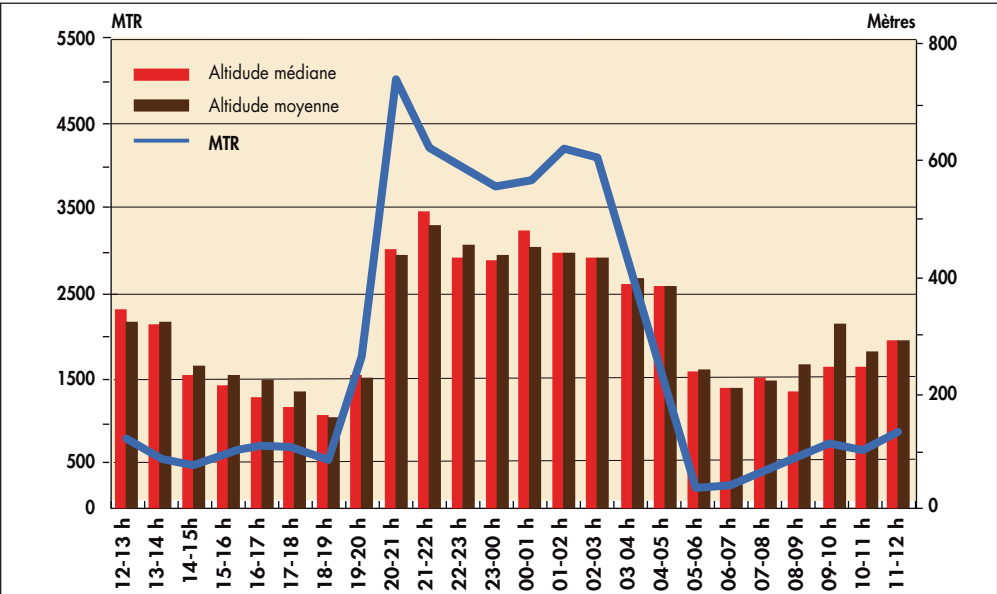


FIG. 3.— Évolution du flux moyen horaire (MTR) et des altitudes moyenne et médiane au cours de 24h00 sur le site de Villefranche.
Evolution of the average hourly flow (MTR) and of the mean and median altitudes during 24h00 on the Villefranche site.

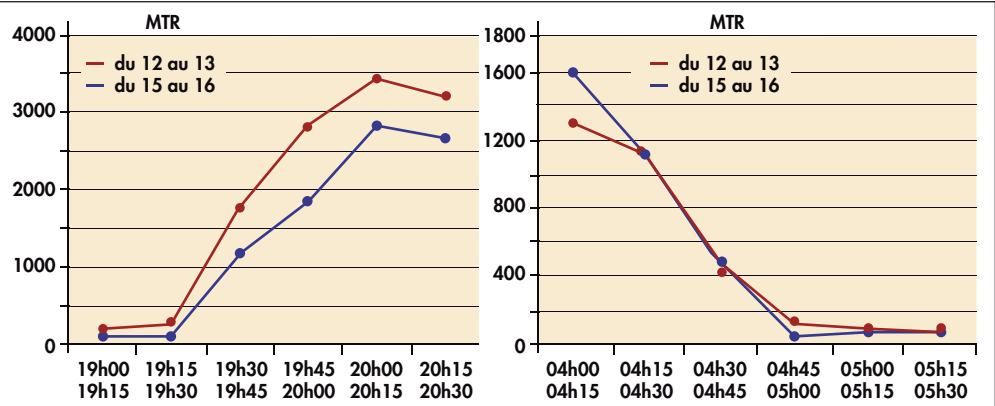


FIG. 4.— Zoom sur l'évolution du MTR moyen par tranche d'un quart d'heure (en Temps Universel) en début (à gauche) et fin (à droite) de nuit les 12-13 et 15-16 août.

Zoom on the evolution of the average MTR by quarter of an hour (in Universal Time) at the beginning (left) and end (right) of night on August 12-13 and 15-16.



FIG. 5.— Exemple de faible activité diurne (en haut) et de forte activité nocturne (en bas). Les cibles détectées à l'instant t sont représentées en jaune, et l'historique des positions sur 60 secondes est représentée vert : la ligne jaune horizontale en bas des images concerne les échos de sol, et les points jaune avec une traînée verte sont des oiseaux.

Example of low daytime activity (top) and high nighttime activity (bottom).

Nous avons effectué une analyse plus précise des flux de début et de fin de nuit, sur deux nuits particulièrement intéressantes et représentatives : nuit du 12 au 13 août et nuit du 15 au 16 août. Une analyse du flux par quart d'heure a été réalisée sur une durée d'1 h 30 en début et en fin de nuit où les variations les plus importantes sont observées (FIG. 4). Cette analyse montre que l'activité migratoire commence dès 19 h 30 TU (21 h 30 heure locale), soit entre 15 et 20 minutes après le coucher du soleil (coucher de soleil entre 21 h 14 et 21 h 08 heure locale les 12 et 15 août), et augmente très rapidement pour atteindre le pic entre 20 h 00 et 20 h 15 TU, soit moins d'une heure après le coucher du soleil. En fin de nuit, la diminution du flux est plus progressive et la migration se termine avant 4 h 45 TU (6 h 45 heure locale), soit 25 à 30 minutes avant le lever du soleil (lever de soleil entre 7 h 08 et 7 h 12 les 13 et 16 août). La migration nocturne a ainsi lieu entre 21 h 30 et 6 h 45 heures locales au niveau du site d'étude lors de la deuxième décade d'août. Les variations rapides des flux sont facilement observables au niveau des données fournies par le radar en temps réel, comme le montrent les images présentées en FIG. 5.

Flux et corrélation avec les effectifs capturés

Le flux moyen nocturne enregistré sur le site est très élevé, avec des pics horaires dépassant les 7 000 échos/h/km lors de certaines nuits. Ces valeurs sont supérieures aux valeurs moyennes enregistrées en France à la même période sur d'autres sites (données BIOTOPE). Ce sont ainsi plusieurs dizaines de milliers d'oiseaux par kilomètre qui migrent chaque nuit au-dessus du site d'étude.

Quand on compare ce flux nocturne (MTR moyen) aux données de captures réalisées le matin suivant, on observe une corrélation significative avec le nombre de captures de migrateurs nocturnes, (FIG. 7; corrélation de PEARSON $\rho = 0,84$; $t = 3,8433$; $p < 0,01$), contrairement aux autres espèces (ρ SPEARMAN = -0,53; $S = 128,3399$; $p = 0,18$; $\rho = -0,53$). À cette période, les principaux migrateurs nocturnes sont des espèces transsahariennes: Rousserolle effarvatte, Phragmite des joncs, Fauvette des jardins (TAB. II). Pour chacune d'elles prise séparément, la corrélation est significative (Rousserolle effarvatte $t = 3,0884$; $p < 0,05$; $\rho = 0,78$; Phragmite des joncs $t = 3,9855$; $p < 0,01$; $\rho = 0,85$; Fauvette des jardins $t = 2,6948$; $p < 0,05$; $\rho = 0,74$).

De plus on note que les captures du matin sont corrélées avec le flux de la seconde partie de nuit (0h00-4h00), pour tous les migrateurs nocturnes ($\rho = 0,95$; $t = 6,8411$; $p < 0,01$) et chez deux des espèces les plus capturées: Rousserolle effarvatte $t = 6,8946$; $p < 0,001$; $\rho = 0,95$; Phragmite des joncs $t = 8,6405$; $p < 0,001$; $\rho = 0,97$. Cela n'est pas le cas pour la première partie de nuit (20h00-24h00; $p > 0,05$). On remarque que les corrélations sont meilleures pour le Phragmite des joncs, migrateur strict du site alors que dans les populations de Rousserolle effarvatte et Fauvette des jardins se rajoutent aux migrateurs stricts, des individus locaux en dispersion post-nuptiale.

DISCUSSION

Altitudes de vol

Les altitudes de vol constituent un élément majeur pour caractériser la migration. Comme pour la synthèse nationale (GOAVERE *et al.*, 2008), les altitudes de vol sont supérieures la nuit et varient au cours de la journée selon ce schéma: augmentation en soirée qui correspond à la prise d'altitude

progressive des oiseaux démarrant leur migration, suivi d'une stagnation des altitudes de vol au cœur de la nuit, lorsque les oiseaux ont atteint leur altitude de croisière; puis une diminution des altitudes de vol en fin de nuit, liée aux migrateurs nocturnes qui descendent pour se poser.

Nos données d'altitudes moyennes nocturnes (444 m) sont légèrement supérieures à celles connues sur d'autres sites (moyenne de 424 m sur 10 sites; source BIOTOPE). La présence des

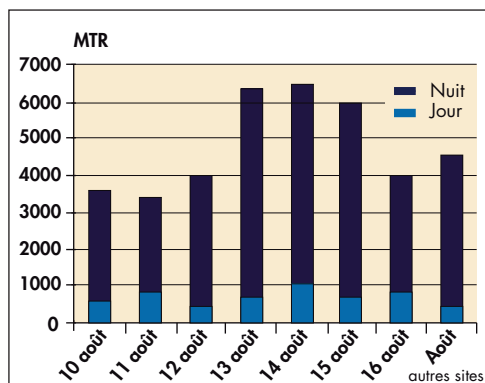


FIG. 6. – Evolution du MTR (Migration Traffic Rate, en nombre d'échos par heure) moyen par jour et par nuit précédant sur le site de Villefranche.

Evolution of MTR (Migration Traffic Rate, in number of echoes per hour) average per day, night before on the Villefranche site.

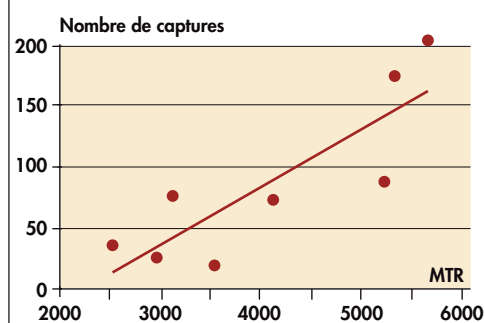


FIG. 7. – Corrélation entre le nombre de captures de migrateurs nocturnes et le MTR moyen de la nuit précédant les captures ($t = 3,8433$; $df = 6$, $p < 0,01$; $\rho = 0,84$).

Correlation between the number of catches of nocturnal migrants and the average MTR of the night before the catches ($t = 3.8433$; $df = 6$; $p < 0.01$; $\rho = 0.84$).

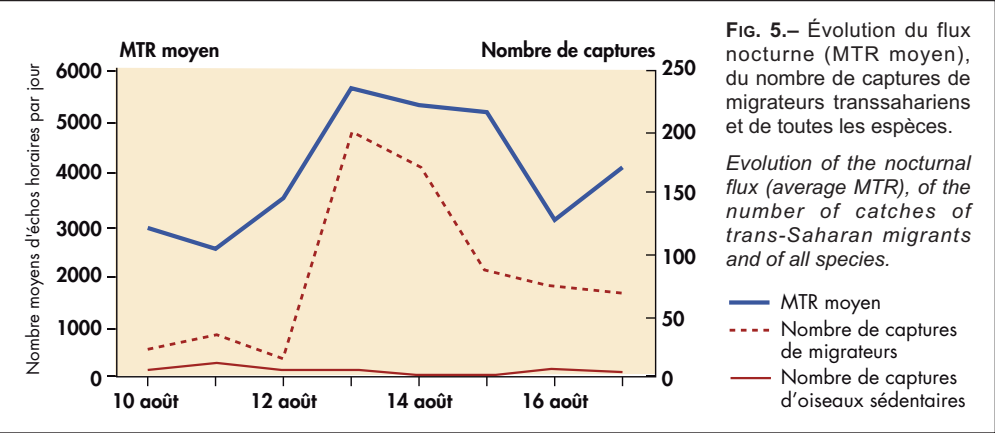


TABLEAU II.— Total (sans les recaptures) des individus capturés entre le 10 et 16 août 2010 des migrants nocturnes de cette période et des autres espèces. *Total (without recaptures) of individuals caught between 10 and 16 August 2010 of nocturnal migrants from this period and of other species.*

Espèces		Effectifs
Migrateurs nocturnes (transsahariens ou paludicoles)		
Rousserolle effarvatte	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	364
Phragmite des joncs	<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	198
Fauvette des jardins	<i>Sylvia borin</i>	95
Rossignol philomèle	<i>Luscinia megarhynchos</i>	24
Hypolaïs polyglotte	<i>Hippolaïs polyglotta</i>	19
Fauvette grisette	<i>Sylvia communis</i>	18
Pouillot fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>	13
Phragmite aquatique	<i>Acrocephalus paludicola</i>	11
Locustelle tachetée	<i>Locustella naevia</i>	8
Gobemouche noir	<i>Ficedula hypoleuca</i>	7
Gorgebleue à miroir	<i>Luscinia svecica</i>	4
Locustelle luscinioides	<i>Locustella luscinioides</i>	3
sous total		764
Autres espèces		
Cisticole des joncs	<i>Cisticola juncidis</i>	1
Martin-pêcheur	<i>Alcedo atthis</i>	1
Pic vert	<i>Picus viridis</i>	1
Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>	2
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>	3
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	3
Verdier d'Europe	<i>Carduelis chloris</i>	3
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	4
Mésange à longue queue	<i>Aegithalos caudatus</i>	5
Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	6
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	8
Bouscarle de Cetti	<i>Cettia cetti</i>	9
Mésange bleue	<i>Cyanistes caeruleus</i>	11
Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	17
sous total		74

basses montagnes basques situées à quelques kilomètres plus au sud peut expliquer cette différence, car les oiseaux sont connus pour augmenter leurs hauteurs de vol à l’approche d’obstacles et notamment de reliefs.

Nous n’avons pas déterminé les directions de vol car le radar n’a pas été utilisé en mode horizontal, ayant privilégié le mode vertical pour notre étude. Cependant, on peut penser que, au-dessus de 300 mètres d’altitude, les oiseaux ne rencontrent pas directement d’obstacle et prennent une orientation générale sud ou sud-ouest, comme observé par radar météorologique (NILSSON *et al.*, 2018) et comme nous avons pu l’observer de jour pour des migrants diurnes (rapaces, cigognes, alouettes...), pour ensuite probablement franchir les montagnes du Pays basque ou longer sa côte atlantique. Le phénomène de rétro-migration est parfois observé sur certains sites particuliers : franchissement d’obstacles (BRUDERER & LIECHTI, 1998; HÜPPOP *et al.*, 2006),

cols de passage ou traversée d'estuaires de jour comme de nuit (RUCHÉ, 2013, 2014; BIOTOPE 2008), mais la rétro-migration est rare en plaine et n'est probablement pas un phénomène lié à notre site.

Évolution du flux migratoire

Le flux nocturne élevé montre que notre site est bien sur un couloir de migration nocturne important. La migration diurne est beaucoup plus faible que la migration nocturne. C'est une observation courante faite en période de migration (ALERSTAM, 2009; NEWTON, 2007).

Le site d'étude bénéficie probablement d'un effet géographique de concentration régionale du passage des migrateurs dans le goulet Pyrénées ouest - Océan Atlantique qui ne s'observe pas sur d'autres sites. Des flux nocturnes importants ont aussi été notés sur le col pyrénéen de Lizarrieta (suivi du 26 octobre au 4 novembre en 2013). Ce col est situé plus bas et plus proche de la côte atlantique que le col de Lindus (suivi 19 au 28 septembre 2013) où le flux diurne est étonnamment plus important que le flux nocturne (RUCHÉ, 2013). Sur ces cols pyrénéens, le flux nocturne présente souvent un pic à la tombée de la nuit, puis diminue jusqu'à atteindre des niveaux faibles la seconde moitié de la nuit (RUCHÉ, 2013). C'est le constat général fait en période de migration postnuptiale en France, selon ce schéma: une augmentation du flux en soirée, jusqu'à 21 h 00 (TU); une diminution des flux au cours de la seconde partie de la nuit; des mouvements en milieu de journée moins marqués (GOAVERE *et al.*, 2008). À Falsterbo (Suède), ZEHNDER *et al.* (2001, 2002) ont aussi montré ce phénomène.

Les données enregistrées sur Villefranche montrent une migration nocturne plus homogène en moyenne, avec des flux en fin de nuit parfois importants. Ce phénomène a aussi été noté sur d'autres sites: en Bretagne à Treillères (WEISSHAUPT *et al.*, 2018), sur des îles méditerranéennes (SPEICH, 1999), sur la côte basque espagnole (WEISSHAUPT *et al.*, 2016). L'augmentation très rapide du flux sur le site dès le coucher du soleil indique le départ en migration d'oiseaux ayant séjourné sur le site ou à proximité immédiate. Le niveau élevé du flux en milieu de nuit

traduit l'importance du secteur pour la migration nocturne aux dates de suivi réalisées (deuxième décade d'août). Le flux diminue rapidement en fin de nuit, et s'accompagne d'une diminution des altitudes de vol. Le second pic, s'il a lieu, (cas du 13 au 16 août), correspond à des jours de forte affluence détectée par le radar. Le site étant un des rares milieux favorables du secteur aux passereaux paludicoles qui composent la grande majorité des effectifs capturés (77 % des migrateurs nocturnes du Tableau II), il attire probablement beaucoup de migrateurs en fin de nuit qui descendent s'y poser en halte migratoire. Ceci demeure une hypothèse qu'il serait souhaitable de vérifier sur un jeu de données radar plus complet, au regard des conditions météorologiques régionales et de la relation avec les effectifs réels arrivés sur le site de halte. ZEHNDER & KARLSON (2001) ont par exemple observé des pics en fin de nuit sur les données radar lors de journées de baguage massif d'oiseaux, dû à des conditions météorologiques (brouillard) obligeant les migrateurs à s'arrêter.

Flux et corrélation avec les effectifs capturés

Des écarts importants ont pu être observés sur des sites de migration entre des effectifs réels comptés par vision humaine et des données fournies par radar (ALERSTAM & ULFSTRAND, 1972; LIECHTI *et al.*, 1995). Cela s'explique par des différences de capacité de détection et de comportement des oiseaux (ALERSTAM & ULFSTRAND, 1972; LIECHTI *et al.*, 1995; RUCHÉ, 2013; 2014; FILIPPI-CODACCIONI, 2014). L'œil humain est en effet performant pour détecter de jour des cibles à courte distance dans un champ de vision réduit, et pour suivre les oiseaux volant à faible altitude (en migration rampante notamment), alors que le radar est très performant à longue distance et possède une capacité de détection constante sur des volumes importants de jour comme de nuit. D'après LIECHTI *et al.* (1995), moins de 50 % des oiseaux traversant le disque lunaire observé lors de suivis visuels de la migration nocturne sont détectés à une distance de 1,5 km. Les conditions météorologiques influent aussi sur les capacités de dénombrement. Par vent de face ou lors de plafonds nuageux bas, les oiseaux migrent à plus basse altitude et sont ainsi

mieux comptés visuellement que lorsqu'ils migrent à plus haute altitude. Le radar n'est pas affecté par ces conditions et détecte aussi bien les oiseaux quelles que soient les conditions de vent et de nébulosité, y compris à travers le brouillard (ALERSTAM & ULFSTRAND, 1972). Aussi toute corrélation avec les effectifs observés est difficile, notamment pour les espèces de petite taille.

Sur notre site, nous avons montré une corrélation significative entre les données radar et les effectifs capturés d'oiseaux migrant de nuit, et ce sur un jeu de donnée assez réduit. Les caractéristiques de notre site et les deux méthodes d'étude sont sans doute plus compatibles quand elles ne se rapportent qu'aux mêmes espèces d'oiseaux migrant de nuit et faisant halte le jour sur le site de capture. La période de suivi, en pleine migration des passereaux paludicoles, est ainsi favorable à l'étude de cette corrélation. De plus, la petitesse du site oblige les oiseaux à se concentrer dans la roselière étudiée, après avoir volé à une hauteur où ils sont détectés par le radar.

La corrélation entre oiseaux bagués et flux radar nocturne (mesuré par infrarouge) a été aussi montrée par ZEHNDER & KARLSON, 2001 en Suède, pour des passereaux migrateurs nocturnes non transsahariens et pour quelques transsahariens (Gobemouche noir *Ficedula hypoleuca*). L'hypothèse faite par ZEHNDER & KARLSON, 2001 qui estiment que les captures du matin sont représentatives du flux observé dans la seconde partie de nuit est vérifiée sur notre site. Nous le montrons pour la Rousserolle effarvatte et le Phragmite des joncs mais ne pouvons le faire pour d'autres espèces par manque de données. Notre site est ainsi concerné par le départ de migrateurs en tout début de nuit après y avoir fait halte, par le survol d'oiseaux en transit en milieu de nuit, et par l'arrivée de nouveaux oiseaux en fin de nuit.

En conclusion, l'outil radar nous paraît pertinent pour suivre et mesurer l'altitude, l'intensité et l'évolution du flux de passereaux migrateurs nocturnes et le baguage de nouveaux arrivants sur notre site semble en être le reflet sous certaines conditions. ●

ANNEXE.— Conditions météorologiques du 10 au 16 août sur Anglet par période de nuit et jour : hauteur cumulée de pluie, moyenne de la force et direction des vents, octave et hauteur de la couverture des deux premières couches nuageuses (Source MÉTÉO FRANCE, Aéroport Biarritz-Anglet).
Weather conditions from August 10-16 on Anglet by night and day period: cumulative height of rain, average wind strength and direction, octave and cover height of the first two cloud layers (Source MÉTÉO FRANCE, Aéroport Biarritz- Anglet).

DATE		H PLUIE	NÉBULOSITÉ COUCHE 1		NÉBULOSITÉ COUCHE 2		VENT	DIRECTION
		(mm)	Octave*	Hauteur (m)	Octave*	Hauteur (m)	Force (nœuds)	
10 août	Nuit	0	4,3	5310			1,7	235,0
	Jour	0,2	1,3	3375	3,2	7000	5,9	216,9
11 août	Nuit	0	5,5	4204			2,2	213,8
	Jour	0	2,3	584	2,9	1261	6,0	249,4
12 août	Nuit	7,9	2,9	300	5,8	570	3,6	227,5
	Jour	5,6	3,1	613	6,3	1073	6,4	241,3
13 août	Nuit	0	4,9	1406	6,0	1433	2,4	106,3
	Jour	0,2	2,8	1061	5,0	1923	6,3	212,5
14 août	Nuit	0	2,5	1091	4,6	1659	5,0	261,3
	Jour	1,6	3,3	871	5,2	1803	5,5	246,9
15 août	Nuit	7,9	2,8	983	5,0	1530	4,4	232,5
	Jour	10,7	2,6	711	4,3	1252	7,5	260,6
16 août	Nuit	0	1,7	1913	4,0	1200	3,3	216,3
	Jour	0	1,0	780	2,4	948	2,4	180,0

* Octave : part de ciel couvert divisé en huitième, allant de 0 ciel parfaitement dégagé à 8 ciel complètement couvert.

REMERCIEMENTS

Ils s'adressent tout d'abord à la société BIOTOPE qui a offert à l'association OISO la fourniture et la location du matériel radar en échange d'une formation au baguage et de la prise en charge des frais de son technicien radar et de l'analyse des données. Nous remercions aussi les membres de l'association OISO qui ont participé aux opérations de baguage : Bagueurs : B. CHANCHUS, M. BORIE, P. FONTANILLES. Aides : X. CHAUBY, C. CLUZET, B. COUILLENS, C. DENISE, F. HUCHIN et C. RECAPET, S. TILLO ainsi que J.-M. FOURCADE pour sa relecture. Cette étude a reçu les aides techniques et financières de nos partenaires : Conseil Départemental 64, Conseil Régional Aquitaine, municipalité de Villefranque, syndicats mixtes de la Nive maritime et le Muséum national d'Histoire naturelle (CRBPO) qui a délivré les autorisations de capture.

BIBLIOGRAPHIE

- ALERSTAM (T.) 2009.– Flight by night or day? Optimal daily timing of bird migration. *Journ. of Theoretical Biology*, 258: 530-536.
- AKESSON (S.), ALERSTAM, (T.) & HEDENSTROM (A.) 1996.– Flight initiation of nocturnal passerine migrants in relation to celestial orientation conditions at twilight. *Journ. Avian Biol.*, 27: 95/102.
- ALERSTAM (T.) & ULFSTRAND (S.) 1972.– Radar and Field Observations of Diurnal Bird Migration in South Sweden. *Ornis Scandinavica*, 3-2: 99-139.
- BEASON (R.) & SEMM (P.) 2002.– Responses of neurons to an amplitude modulated microwave stimulus. *Neuroscience Letters*, 333: 175-178.
- BIOTOPE 2008.– *Suivi par radar de la migration postnuptiale dans l'estuaire de la Loire*. Rapport Acrola et Biotope 54 p. http://www.acrola.fr/BIOTOPE_DONGES_radar_01.pdf
- BLACK (J.E.) 2000a.– Radar studies of the 1999 spring migration at Brock University: the Buffalo Weather Radar. *Physics Report* 2000-2. 16 pp.
- BLACK (J.E.) 2000b.– *Application of weather radar to monitoring numbers of birds in migration*. Rough outline of a presentation given at the AFO/Wilson/GCBO meeting symposium on weather data ornithology, Galveston, Texas. April 2000.
- BIEBACH (H.), BIEBACH (I.), FRIEDRICH (W.), HEINE (G.), PARTECKE (J.) & SCHMIDL (D.) 2000.– Strategies of passerine migration across the Mediterranean Sea and the Sahara Desert: a radar study. *Ibis*, 142: 623-634.
- BRUDERER (B.) 1999.– Three decades of tracking radar studies on bird migration in Europe and the Middle East. In LESHEM (Y.), MANDELIK (Y.) & SHAMOUN-BARANES (J.) (eds.) *Proc. Int. Seminar on Birds and Flight Safety in the Middle East*, 107-141. Tel Aviv University, Tel-Aviv.
- BRUDERER (B.) & LIECHTI (F.) 1998.– Flight behaviour of nocturnally migrating birds in coastal areas crossing or coasting. *Journal of Avian Biology*, 29: 499-507.
- BRUDERER (B.) 1997.– The study of bird migration by radar. Part 1: the technical basis. *Naturwissenschaften*, 84: 1-8.
- COOPER (B.A.) 1998.– *Use of Radar for Wind Power-Related Avian Research*. In PNAWPPM-II, p. 58-87.
- FILIPPI-CODACCIONI (O.) 2014.– *Étude de la migration pré-nuptiale Pointe-de-Grave 2014. Radar et observation visuelle*. Rapport LPO-Aquitaine. 24 p. https://cdnfiles2.biolovision.net/www.migration.net/pdffiles/news/Observatoire_regional_de_la_migration_des_oiseaux_2014_complet-4452.pdf
- FONTANILLES (P.), BAUWIN (J.), CHAUBY (X.) DEMONGIN (L.), FOURCADE (J.-M.), LAPIOS (J.-M.), THOUY (P.) & VIALLET (M.) 2013.– Bilan du baguage des passereaux migrateurs sur les barthes de la Nive (Pyrénées-Atlantiques). Saison postnuptiale 2012. *Le Casseur d'os*, 13: 72-76.
- FONTANILLES (P.), BORIE (M.), CHANCHUS (B.), FOURCADE (J.-M.), LAPIOS (J.-M.) & THOUY (P.) 2011.– Bilan du baguage des passereaux migrateurs sur les Barthes de la Nive (Pyrénées-Atlantiques) en 2010. *Le Casseur d'os*, 11: 67-69.
- FONTANILLES (P.), BRONGO (M.), DE LA HERA FERNANDEZ (I.), FOURCADE (J.-M.), KELLER (A.), LAPIOS (J.-M.) & SOURDRILLE (K.) 2017.– Les roselières inondées accueillent-elles plus de passereaux migrateurs que les roselières sèches? Structure de l'habitat et avifaune sont comparées. *Alauda*, 85: 161-178.
- FONTANILLES (P.), LAVAL (B.) & DIRIBARNE (M.) 2014.– Sélection des habitats et occupation spatiale du Phragmite aquatique *Acrocephalus paludicola* sur une halte migratoire du Sud-Ouest de la France, mise en place d'une gestion intégrée. *Alauda*, 82: 343-351.
- FONTANILLES (P.), MOURGAUD (G.), MÉZIER (J.) & ROUET (F.) 2019.– Bilan du baguage des passereaux migrateurs sur les Barthes de la Nive (Pyrénées-Atlantiques). Saison postnuptiale 2018. *Le Casseur d'os*, 19.
- FONTANILLES (P.), VAN ACKER (B.), LAPIOS (J.-M.) & BORIE (M.) 2009.– Bilan du baguage des passereaux migrateurs sur les barthes de la Nive (Pyrénées-Atlantiques) en 2008. *Le Casseur d'os*, 9: 84-94.

- FOURCADE (J.-M.), FONTANILLES (P.), BRONGO (M.) & SOURDRILLE (K.) 2016.– Bilan 2015 du camp de baguage des Barthes de la Nive (Pyrénées-Atlantiques). Barthes de l'Urdains, Bayonne. *Le Casseur d'os*, 16: 46-53.
- FOURCADE (J.-M.), FONTANILLES (P.) & DEMONGIN (L.) 2015.– Bilan du baguage des passereaux migrateurs sur les Barthes de la Nive (Pyrénées-Atlantiques). Saison postnuptiale 2013. Barthes de l'Urdains (Bayonne). *Le Casseur d'os*, 15: 63-66.
- GOVAERE (A.), DEVOS (S.), RAEVEL (P.), ELLEBOODE (C.) & CAPON (Y.) 2005.– *Étude des mouvements d'Oiseaux par radar. Application aux parcs éoliens*. ADEME, GREET Ingénierie, EED, Sophia Antipolis, 205 p.
- GOVAERE (A.), DEVOS (S.), ELLEBOODE (C.), ANDRE (Y.), DELCOURT (V.), LAGRANGE (H.) 2008.– Étude des mouvements d'oiseaux par radar en France - Analyse des données existantes - *Actes du 32^e Colloque Francophone d'Ornithologie*.
- HUCHIN (F.) 2010.– *Étude des mouvements d'oiseaux par radar sur le camp de baguage des Barthes de la Nive (64)*. Rapport Biotope et OISO. 22 p.
- HÜPPOP (O.), DIERSCHKE (J.), KLAUS-MICHAEL (E.), FREDREICH (E.) & HILL (R.) 1998.– Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines. *Ibis*, 148: 90-109.
- JIGUET (F.), DEHORTER (O.), GONIN (J.), LATRAUBE (F.), LE NÉVÉ (A.) & PROVOST (P.) 2012.– *Connaissance de la migration du Phragmite aquatique en France: méthodologie de suivi scientifique et réglementation; version de juillet 2012*. CRBPO, Bretagne Vivante, SEPNEB, LPO.
- LACK (D.) & VARLEY (G.C.) 1945.– Detection of birds by radar. *Nature*, 156: 446.
- LIECHTI (F.), BRUDERER (B.), LARDELLI & PETER (D.) 1995.– The Alps, a weather dependent obstacle for nocturnal autumn migration? *Avocetta*, 19: 68.
- LIECHTI (F.), BRUDERER (B.) & PAPROTH (H.) 1995.– Quantification of nocturnal bird migration by moon-watching: comparison with radar and infrared observations. *Journ. Field Ornithol.*, 66: 457-468.
- NEWTON (I.) 2008.– *The migration ecology of birds*. Academic Press, London. Peris S. J., Mendes.
- NILSSON (C.), DOKTER (A.M.), VERLINDEN (L.), SHAMOUN BARANES (J.), SCHMID (B.), DESMET (P.), BAUER (S.), CHAPMAN (J.), ALVES (J.A.), STEPANIAN (P.M.), SAPIR (N.), WAINWRIGHT (C.), BOOS (M.), GÓRSKA (A.), MENZ (M.H.M.), RODRIGUES (P.), LEUNSE (H.), ZEHTINDJIEV (P.), BRABANT (R.), HAASE (G.), WEISSHAUPT (N.), CIACH (M.) & LIECHTI (F.), 2019.– Revealing patterns of nocturnal migration using the European weather radar network. *Ecography*, 42: 876-886.
- RIVERA (C.) & BRUDERER (B.), 1998.– Étude des migrations transmédiaennées au moyen d'une caméra infrarouge. Directions de vol et topographie régionale. Actes du 36^e colloque interrégional d'ornithologie, Neuchâtel (Suisse), 1996. *Nos Oiseaux*, suppl. 2: 37-50.
- RUCHÉ (D.) 2013.– *Étude par radar de la migration postnuptiale 2013 à Lindus et Lizarrieta (Pyrénées Atlantiques)*. Rapport d'étude AZIMUT pour la LPO. 34 p. https://cdnfiles1.biolovision.net/www.faune-aquitaine.org/userfiles/Migration/Etude_radar2013POCTEFA.pdf
- RUCHÉ (D.) 2014.– *Étude par radar de l'activité de vol des oiseaux à la Pointe de Grave pendant la migration prénuptiale 2013*. Rapport d'étude AZIMUT pour la LPO. 36 p. <https://cdnfiles2.biolovision.net/www.migration.net/pdf/files/news/LPOaqui-rapportradarGRAVE2013-8891.pdf>
- SPEICH (S.) 1999.– *Temporal and spatial pattern of nocturnal bird migration across the western Mediterranean Sea studied by radar*. Diploma Thesis, University of Basel and Swiss Ornithological Institute. www.speich.net/about/diplomarbeit.pdf.
- WEISSHAUPT (N.), DOKTER (A.M.), ARIZAGA (J.) & MARURI (M.) 2018.– Effects of a sea barrier on large-scale migration patterns studied by a network of weather radars, *Bird Study*, 65: 232-240.
- WEISSHAUPT (N.), MARURI (M.) & ARIZAGA (J.) 2016.– Nocturnal bird migration at the southeastern Bay of Biscay as observed by thermal-imaging camera. *Bird Study*, 63: 533-542.
- ZEHNDER (S.), AKESSON (S.), LIECHTI (F.) & BRUDERER (B.) 2001.– Nocturnal autumn bird migration at Falsterbo, South Sweden. *Journal of Avian Biology*, 32: 239-248.
- ZEHNDER (S.) & KARLSON (L.) 2001.– Do ringing numbers reflect true activity of nocturnal migrants? *Journ. of Ornithology*: 142: 173-183.
- ZEHNDER (S.), AKESSON (S.), LIECHTI (F.) & BRUDERER (B.) 2002.– Observation of free-flying nocturnal migrants at Falsterbo: occurrence of reverse flight directions in autumn. *Avian Science*, 2: 103-113.