

Écologie et conservation du Balbuzard pêcheur *Pandion haliaetus* en Méditerranée

Flavio Monti¹, Jean-Marie Dominici², David Grémillet³ & Olivier Duriez³

Le Balbuzard pêcheur *Pandion haliaetus* est un rapace emblématique, inféodé aux écosystèmes aquatiques. Exclusivement piscivore, il a développé des caractéristiques physiques et comportementales particulières pour la capture du poisson (CRAMP & SIMMONS 1982, POOLE 2017). Il demeure néanmoins opportuniste, car son régime alimentaire peut inclure de nombreuses espèces de poissons d'eau douce ou marins vivant près de la surface de l'eau. En Amérique du Nord et en Europe septentrionale, le Balbuzard pêcheur niche au sommet des arbres dans des écosystèmes d'eau douce (à proximité de grands lacs ou de fleuves), mais dans d'autres régions du monde (Océanie, Moyen-Orient, Caraïbes), il est étroitement lié aux écosystèmes marins côtiers ; c'est également le cas en Méditerranée, où il niche sur les falaises surplombant la mer (THIBAUT *et al.* 2001).

Alors que l'espèce est relativement commune en Europe du Nord, ses populations méditerranéennes sont très menacées et isolées (MONTI 2012). Le balbuzard a cessé de nicher sur les côtes d'Italie continentale en 1930, sur celles de Tunisie en 1943, de Grèce et de Turquie en 1966, de Sicile et de Sardaigne en 1968, d'Andalousie en 1981 et du Portugal en 1997. Actuellement, il subsiste moins de 80 couples en Méditerranée, répartis en quatre populations nichant le long des côtes de Corse (30 couples), des Baléares (15 couples), du Maroc et d'Algérie (moins de 30 couples) ; hors de Méditerranée, il existe une petite population (inférieure à 20 couples) aux Canaries. Les actions de conservation en faveur de cette

population méditerranéenne ont, depuis les années 1970, surtout été menées aux Baléares et en Corse. Aux Baléares, les actions ont principalement concerné la protection ou l'enfouissement des lignes électriques près du littoral, qui étaient responsables de nombreuses électrocutions dans les années 1980-1990. En Corse, il ne restait plus que deux couples dans la région de Scandola au moment de la création de la réserve naturelle éponyme en 1974. Grâce à une protection légale des oiseaux et des nids, et à l'établissement d'un réseau d'aires artificielles, la population corse est progressivement remontée à 30 couples dans les années 2010. Fort de ce succès, et pour poursuivre le renforcement de cette population, un projet de réintroduction a été initié en 2006 en relâchant des poussins issus de Corse dans le Parc naturel de la Maremma en Toscane (Italie). Le but ultime de ce projet est de recréer des connections entre la Corse et l'Italie continentale via l'archipel toscan. Deux autres projets de réintroduction ont débuté dans la péninsule Ibérique : en 2003 en Andalousie et en 2011 au Portugal, à partir d'oiseaux d'origine nordique : Finlande, Écosse et Allemagne (MURIEL *et al.* 2010). Or la population corse décline à nouveau depuis 2010, notamment du fait d'un succès reproducteur très faible, alors que la population italienne prend son essor. Quant à l'état des populations d'Afrique du Nord, il demeure incertain car méconnu.

En vue d'améliorer l'état de conservation des balbuzards de Corse, et plus généralement de Méditerranée, il était donc nécessaire de dresser

¹ University of Siena, Department of Physical Sciences, Earth and Environment, Strada Laterina 8, 53100 Siena, Italie ² Réserve naturelle Scandola, Parc naturel régional de Corse, 20245 Galeria ³ Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (UMR 5175), CNRS-Université de Montpellier, 1919 Route de Mende, 34293 Montpellier cedex 5.



1. Balbuzard pêcheur *Pandion haliaetus*, dispute territoriale, Scandola, Haute-Corse, juin 2014 (Olivier Duriez). Osprey.

le bilan des actions de conservation et de combler les nombreuses lacunes de connaissance demeurant quant au comportement de l'espèce dans cette région. En effet, les mécanismes qui gouvernent la dispersion des jeunes oiseaux en Méditerranée étaient inconnus, de même que l'écologie et le comportement des balbuzards (jeunes et adultes) en dehors de la période de reproduction. Les comportements migratoires et les sites d'hivernage étaient également inconnus. Plus généralement, la connectivité de la population corse avec les autres populations méditerranéennes et celles qui sont établies ailleurs en Europe du Nord restait inconnue, bien que cette question soit fondamentale pour établir des actions de conservation adaptées.

Pour répondre au moins partiellement à ces questions, des recherches ont été menées dans le cadre d'une thèse de doctorat (MONTI 2015), dont cet article présente les principaux acquis. Le projet a été structuré selon trois échelles spatiales différentes (niveaux mondial, régional et local) et sur trois échelles de temps (temps de l'évolution, période historique et années récentes), afin d'essayer de répondre à plusieurs grandes questions. Quel est le statut taxonomique et phylogé-

nique des balbuzards nichant en Méditerranée? Pour répondre à cette question, il est nécessaire de comprendre le degré de divergence génétique entre les populations de balbuzard et quelle est l'histoire évolutive de l'espèce à l'échelle mondiale. Quelle est l'intensité des échanges entre les populations de balbuzards du bassin méditerranéen et les autres populations européennes? Existe-t-il différentes stratégies de migration pour les différentes populations de balbuzards dans le Paléarctique occidental? Quels sont les sites et habitats d'hivernages utilisés par les balbuzards nichant en Méditerranée? Les tendances démographiques observées dans les populations méditerranéennes sont-elles influencées par des contraintes environnementales naturelles ou d'origine anthropique? Comment les balbuzards utilisent-ils les aires marines protégées? Les réponses à ces questions devraient permettre de préciser le statut réel et la vulnérabilité de la population de balbuzards méditerranéens et d'élaborer des mesures de gestion et de conservation adaptées.

TAXONOMIE, PHYLOGÉOGRAPHIE ET ÉVOLUTION PROBABLE DU BALBUZARD PÊCHEUR DANS LE MONDE

Le Balbuzard pêcheur est le seul représentant actuel du genre *Pandion*, lui-même unique genre de la famille des *Pandionidae*, distincte des autres familles de rapaces diurnes (*Accipitridae*, *Cathartidae*, *Falconidae*; HACKETT *et al.* 2008). Avec une distribution mondiale, le balbuzard est reconnu comme l'une des six espèces d'oiseaux terrestres cosmopolites, au même titre que la Grande Aigrette *Ardea alba*, le Héron garde-bœufs *Bubulcus ibis*, l'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus*, l'Effraie des clochers *Tyto alba* et le Faucon pèlerin *Falco peregrinus* (NEWTON 2003). Les populations de Balbuzard pêcheur sont traditionnellement divisées en quatre sous-espèces, principalement sur la base de différences morphologiques :

- *haliaetus*, qui se reproduit dans tout le Paléarctique et migre en Afrique et en Asie du Sud;
- *carolinensis*, qui niche en Amérique du Nord et migre en Amérique centrale et du Sud;
- *ridgwayi*, sédentaire et confinée aux Caraïbes, au Yucatan et au Bélize;

• *cristatus*, présente en Australie et dans divers archipels du Pacifique Sud (dont la Nouvelle-Calédonie).

Dans ce contexte, il était nécessaire de comprendre le statut taxonomique du balbuzard nichant en Méditerranée. À partir de 200 échantillons de plumes et de sang, prélevés sur des balbuzards du monde entier (sur des spécimens vivants ou en musée), le séquençage de deux gènes de l'ADN mitochondrial a été effectué pour étudier la diversité génétique et la structure phylogéographique de l'espèce (MONTI *et al.* 2015). Les analyses montrent que l'espèce est structurée en quatre groupes génétiques distincts (clades ou lignées évolutives), répartis dans quatre régions du monde : Amérique ; Indonésie-Australasie ; Europe-Asie centrale-Afrique ; Asie de l'Est (fig. 1). Cette distinction est appuyée par une grande différence génétique entre les quatre lignées. L'une des grosses surprises a été de constater que les balbuzards d'Asie de l'Est (Japon et Sibérie) étaient aussi distants génétiquement des oiseaux européens que des oiseaux américains ou australiens. D'autre part, aucune différence génétique majeure n'a été constatée entre les sous-espèces *carolinensis* et *ridgwayi* (Amérique du Nord et Caraïbes), qui sont toutes regroupées dans le même clade. À l'intérieur de chaque lignée évolu-

tive, et bien que celles-ci couvrent de vastes zones géographiques, on remarque un relatif manque de variabilité génétique, qui traduirait un goulot d'étranglement (diminution de la population) pendant une ou plusieurs périodes de l'histoire évolutive de l'espèce.

Les datations moléculaires ont permis d'estimer que la séparation initiale entre les différentes lignées remonterait à environ 3,1 millions d'années, pendant le Pliocène. Nous proposons un scénario évolutif hypothétique pour expliquer comment ce rapace hautement spécialisé a été capable de coloniser le monde entier. Une analyse par modélisation indique que l'espèce serait probablement originaire du continent américain (de par la position basale des spécimens américains sur les arbres phylogénétiques) et qu'elle a colonisé l'Ancien Monde *via* l'Asie en traversant le détroit de Béring, et non en traversant l'Atlantique. Des périodes glaciaires défavorables auraient pu alors forcer l'espèce à se déplacer vers des zones tropicales au climat plus clément : en Asie du Sud-Est, puis en Indonésie et en Australie. Cette population serait restée isolée pendant les dernières périodes glaciaires avant de reprendre son expansion vers le nord pendant les périodes interglaciaires suivantes. Il semble qu'elle ait colonisé l'Asie de l'Est (Sibérie et Japon) et tout le



2. Balbuzard pêcheur *Pandion haliaetus*, couple au nid, Scandola, Haute-Corse, juin 2014 (Olivier Duriez). Osprey, pair at nest.

Paléarctique occidentale, à travers deux routes de colonisation distinctes, séparées par l'Himalaya. Les oiseaux des lignées asiatiques et européennes seraient en contact vers le centre de la Sibérie, mais l'étendue de cette zone de contact demande des recherches plus approfondies. Les populations du Paléarctique occidental représenteraient donc la dernière étape de cette histoire évolutive. Chaque lignée évolutive représente une

« Unité Évolutive Significative » et devrait donc être traitée et gérée séparément des autres populations provenant d'autres lignées (MORITZ 1994). La systématique de l'espèce devrait être réexaminée à la lumière de ces nouvelles informations. La structure génétique de la population d'Asie de l'Est mérite en particulier davantage de recherches, afin de préciser son statut taxonomique et son éventuelle désignation en une nouvelle sous-espèce.

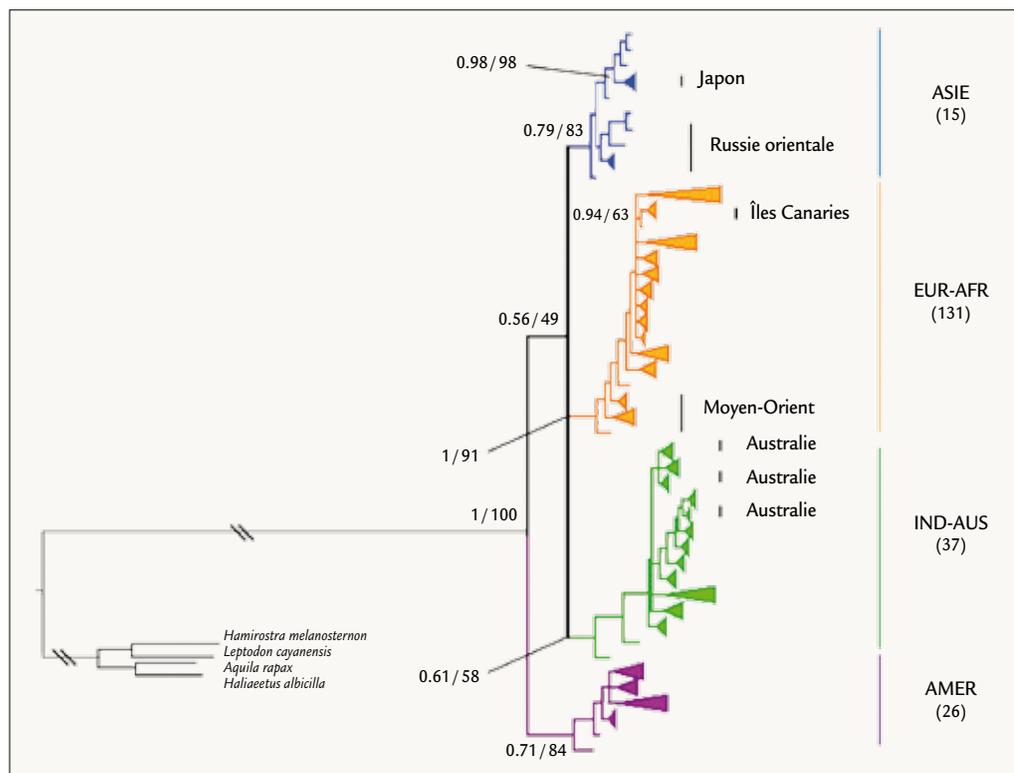


fig. 1. Arbre phylogénétique du Balbuzard pêcheur *Pandion haliaetus*, bâti sur une séquence d'ADN mitochondrial en 1103 nucléotides (cytochrome *b*), à partir de 209 échantillons prélevés sur des spécimens du monde entier. L'analyse révèle la présence de 4 lignées évolutives distinctes : une lignée américaine (AMER) comprenant les sous-espèces *carolinensis* et *ridgwayi*, une lignée indo-australienne et océanienne (IND-AUS, sous-espèce *cristatus*), une lignée euro-africaine (EUR-AFR, sous-espèce *haliaetus*) et une lignée d'Asie de l'Est (ASIE, sous-espèce *haliaetus*). L'arbre a été « raciné » avec des séquences équivalentes provenant de quatre espèces d'Accipitridés ; les chiffres à chaque nœud représentent les valeurs de « bootstrap », permettant d'estimer la « solidité statistique » de l'arbre (d'après MONTI *et al.* 2015). Bayesian phylogenetic tree of Osprey constructed from the cytochrome *b* (209 sequences, 1103 nucleotides) showing the four supported clades as well as the geographic origin of the samples. The analysis reveals the presence of four distinct evolutionary lines: an American lineage (AMER) comprising the subspecies *carolinensis* and *ridgwayi*, an Indo-Australian and Oceanian line (IND-AUS, subspecies *cristatus*), a Euro-African lineage (EUR-AFR, subspecies *haliaetus*) and a line from East Asia (ASIE, subspecies *haliaetus*). In the tree, four species belonging to the Accipitridae family were used as outgroups. Branch lengths are proportional to the number of substitutions per site and || means that branches leading to outgroups have been reduced. For supported clades, bayesian posterior probabilities and ML bootstrap are indicated at nodes, respectively (from MONTI *et al.* 2015).



3. Balbuzard pêcheur *Pandion haliaetus*, juvénile, Hyères, Var, août 2016 (Frank Dhermain). Juvenile Osprey.

CONNECTIVITÉ ENTRE LES DIFFÉRENTES POPULATIONS EUROPÉENNES

L'analyse à l'échelle mondiale a mis en évidence le fait que les populations de balbuzards de Méditerranée appartiennent toutes à la même lignée évolutive. Pour autant, peut-on affirmer qu'il existe des échanges entre les populations de Méditerranée et celles d'Europe continentale et du Nord ? Pour répondre à cette question, cruciale pour élaborer des mesures de gestion locales, nous avons eu recours à d'autres analyses. La structure et la variabilité génétique des populations de balbuzards ont été étudiées en utilisant des marqueurs génétiques de l'ADN nucléaire (microsatellites). Vingt loci microsatellites ont été analysés sur un total de 200 échantillons provenant du monde entier.

L'analyse a confirmé l'existence d'au moins trois des quatre lignées identifiées par l'analyse de l'ADN mitochondrial (V. paragraphe précédent). Les populations d'Amérique, d'Australie et du Paléarctique forment bien trois groupes isolés les uns des autres, non reliés par des flux de gènes. Au contraire, les populations de balbuzards du Paléarctique occidental, bien qu'étant éloignées de plusieurs centaines ou milliers de kilomètres,

sont en partie reliées par des flux de gènes. Cependant, ce groupe paléarctique présente une structuration nette en deux entités distinctes, Europe continentale vs région méditerranéenne. En dépit d'échanges occasionnels, cette forte structuration conduit à penser que les populations de Balbuzards pêcheurs vivant à des latitudes différentes ont développé une information génétique spécifique. Par conséquent, les populations du Paléarctique, bien qu'appartenant à la même lignée évolutive (au niveau de l'ADN mitochondrial), sont différentes au niveau de gènes nucléaires, et cette différenciation a dû se produire plus récemment. Dans le bassin méditerranéen, l'absence de structuration semble indiquer que les populations régionales sont encore reliées entre elles. En ce sens, les comportements tels que la dispersion, la migration et la philopatrie pourraient donc avoir agi simultanément pour façonner la structure génétique et la diversité des différentes populations. Une meilleure compréhension de ces comportements est donc nécessaire, car elle pourrait aider à reconstruire la dynamique des populations, fournissant des informations essentielles pour la gestion et la conservation de l'espèce, notamment en Méditerranée.

COMPORTEMENT MIGRATOIRE ET HIVERNAGE DES BALBUZARDS PÊCHEURS DE MÉDITERRANÉE

Suite aux différences constatées dans la structure génétique des balbuzards au sein du Paléarctique, nous avons voulu savoir si les stratégies de migration différaient entre le nord et le sud de l'Europe. Cinquante-quatre balbuzards des populations scandinave (Suède) et méditerranéenne (Corse, Baléares, Italie) ont été suivis à l'aide de la télémétrie par satellite (GPS). Nous avons analysé un total de 70 trajets migratoires qui ont mis en évidence un comportement différent entre les individus scandinaves et méditerranéens.

Ceux d'Europe du Nord ont un comportement migratoire relativement homogène, effectuant de longs trajets (environ 6 000 km) à travers l'Europe, passant par le détroit de Gibraltar et traversant le désert du Sahara, avant d'atteindre les sites d'hivernage sur la côte ouest de l'Afrique subsaharienne (THORUP *et al.* 2006).

Les balbuzards méditerranéens montrent un comportement plus diversifié et hétérogène, typique d'une population partiellement migratrice. En effet, 46% des oiseaux sont restés à proximité des sites de nidification toute l'année sans migrer (individus sédentaires), 15% ont réalisé des voyages migratoires courts (moins de 500 km) et les 39% restants ont migré sur de plus grandes distances ($1\,297 \pm 741$ km; fig. 2). Leurs sites d'hivernage sont toujours situés dans le bassin méditerranéen – Sardaigne, Sicile, Italie, Tunisie, Algérie, Maroc, Espagne. Seuls quatre oiseaux sont descendus au sud du Sahara. Les oiseaux méditerranéens ayant entrepris une migration ont effectué de longs vols ininterrompus (d'une durée maximale de 23 heures) au-dessus de la mer, alors que de telles traversées maritimes n'ont pas été observées chez les individus scandinaves. Pour la population méditerranéenne, la grande hétérogénéité dans le choix des routes migratoires, des dates de départ et des sites d'hivernage pourrait être due à la présence de conditions écologiques plus favorables tout au long de l'année en Méditerranée. Les balbuzards méditerranéens ont généralement effectué leur vol d'une seule traite, en moins de 5 jours, sans halte migratoire

notable. En revanche, les oiseaux nordiques effectuaient leur migration en plus d'un mois en effectuant 2-3 séjours prolongés de plusieurs jours.

Une fois la reproduction terminée, les oiseaux adultes nichant en Corse avaient souvent tendance à utiliser pendant quelques semaines un site distant de plusieurs dizaines de kilomètres de leur nid avant d'entamer leur migration. Leurs routes migratoires étaient remarquablement similaires d'une année à l'autre.

Les routes migratoires étant semées d'embûches, les deux tiers des jeunes oiseaux sont morts (destruction par tir, collision sur éolienne, électrocution, noyade dans un filet de protection de pisciculture, etc.) ou ont disparu... Ceux qui ont survécu à la première migration ont passé leur premier été, puis leur deuxième hiver sur leur site d'hivernage. Au printemps de leur troisième année, ils sont revenus sur leur site de naissance et ont entamé des déplacements, sans doute destinés à explorer la région, jusqu'à plusieurs centaines de kilomètres de distance (un jeune des Baléares s'est ainsi rendu jusqu'à Monaco, tandis qu'un jeune balbuzard italien a fait le tour des Alpes jusqu'à dans le Limousin avant de retourner en Italie). Toutefois, ces résultats doivent être considérés avec précaution, car ils ne reposent que sur quelques jeunes oiseaux ayant survécu plus de deux ans.

Afin de comprendre l'écologie hivernale des balbuzards nichant en Méditerranée, nous avons eu recours à une approche complémentaire, utilisant à la fois le suivi individuel, via la télémétrie par GPS, et l'analyse des isotopes stables à partir d'échantillons de plumes. Des plumes de 80 poussins de balbuzard issus de différentes populations ont ainsi été échantillonnées le long d'un large gradient latitudinal (de la Laponie à l'Afrique), afin d'y évaluer la variabilité des concentrations d'isotopes stables du carbone ($\delta^{13}\text{C}$), de l'azote ($\delta^{15}\text{N}$) et du soufre ($\delta^{34}\text{S}$). Cette analyse a permis de distinguer les « signatures isotopiques » des différents sites de reproduction et les différents types d'habitats utilisés par les populations du Paléarctique occidental. Les analyses isotopiques ont ensuite été répétées sur un échantillon expérimental de 18 balbuzards adultes nichant en

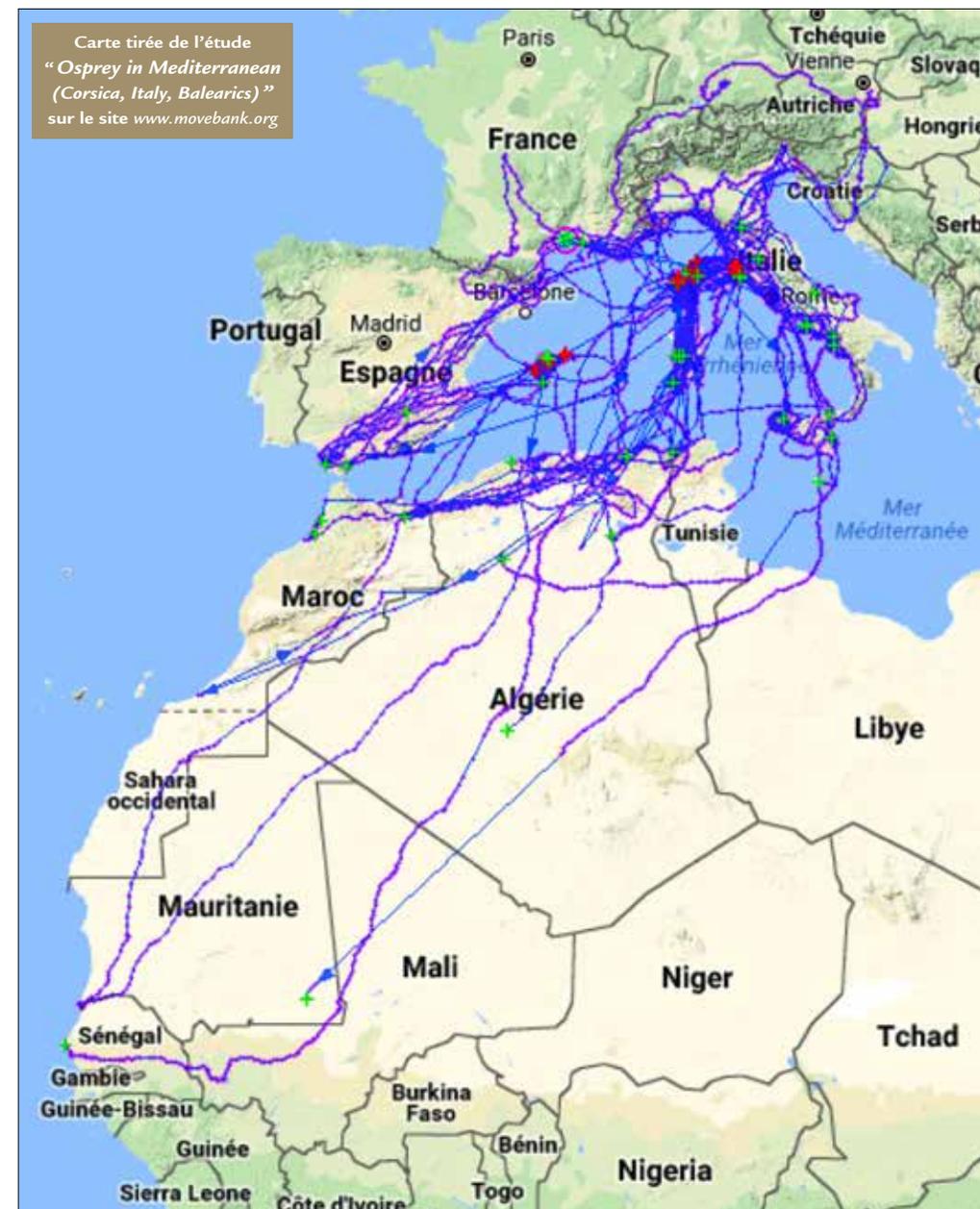


fig. 2. Synthèse des déplacements de 40 Balbuzards pêcheurs *Pandion haliaetus* (24 jeunes et 16 adultes), marqués et équipés de balise GPS autour des sites de nidification de Corse (n = 11), des Baléares (n = 11) et d'Italie (n = 18); une croix rouge marque le début des suivis, une croix verte la fin. Le détail des trajets peut être visualisé sur le site www.movebank.org dans l'étude « Osprey in Mediterranean (Corsica, Italy, Balearics) ». *Movements of 40 Ospreys (24 young and 16 adults), satellite-tagged around nesting sites in Corsica (n = 11), Balearic Islands (n = 11) and Italy (n = 18); a red cross indicates the beginning of the journey, a green cross its end. Detailed journeys can be viewed on the website www.movebank.org in the study « Osprey in Mediterranean (Corsica, Italy, Balearics) ».*

Corse, pour tenter d'estimer la latitude de leurs sites d'hivernage et le type d'habitat utilisé pendant l'hiver. En outre, 12 balbuzards adultes ont été équipés de balises GPS pour suivre leur migration et identifier les sites d'hivernage.

La combinaison des deux techniques confirme que la population de Méditerranée est bien partiellement migratrice, mêlant des individus sédentaires et d'autres migrateurs. Les balbuzards méditerranéens ont tous passé l'hiver sous des latitudes tempérées, se répartissant le long des côtes de plusieurs pays du bassin méditerranéen, plutôt que de se concentrer dans quelques zones. Ils ont ainsi montré une grande plasticité dans la sélection de l'habitat, utilisant aussi bien des baies marines que des lagunes côtières et des marais intérieurs. Au cours de la saison d'hiver, les mouvements quotidiens et les domaines vitaux ont été réduits à seulement quelques dizaines de kilomètres carrés.

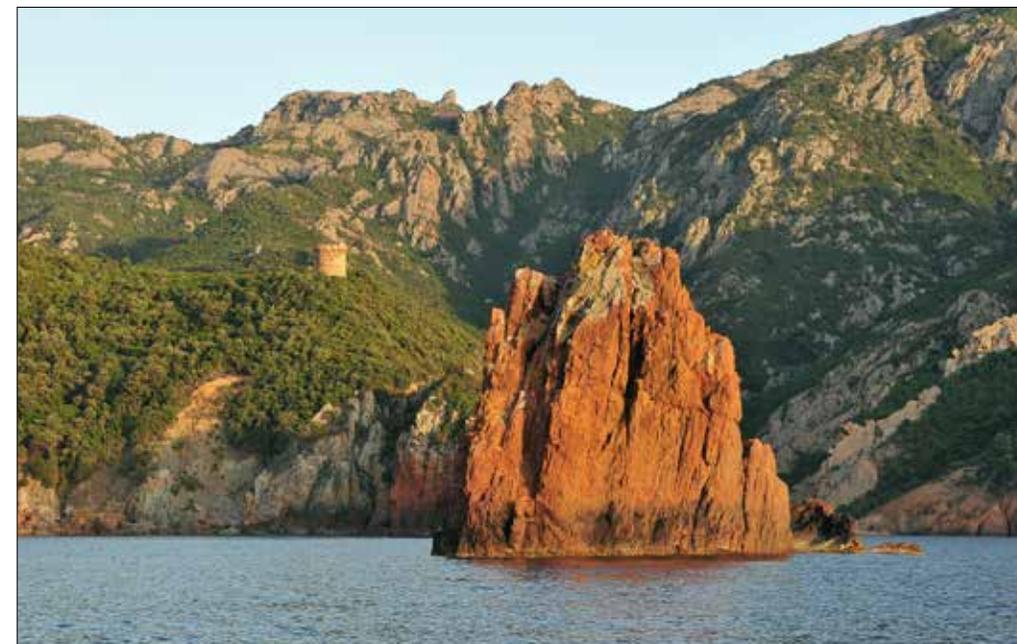
IMPACT DES ACTIVITÉS HUMAINES SUR LES BALBUZARDS EN MÉDITERRANÉE

L'impact négatif du tourisme en Corse

En Corse, le balbuzard occupait tout le littoral rocheux de la côte ouest et a progressivement disparu au XX^e siècle, jusqu'à la redécouverte de deux couples nichant dans la péninsule de Scandola en 1970. La présence de cette espèce a été l'un des arguments pour la création de la réserve naturelle de Scandola en 1974. Une fois l'espèce légalement protégée, les actions de conservation se sont focalisées sur la création d'aires artificielles, afin d'inciter les balbuzards à étendre à nouveau leur aire de reproduction (BRETAGNOLLE *et al.* 2008). Ainsi en 2010, 30 couples de Balbuzard pêcheur nichaient entre le cap Corse et Ajaccio. Pourtant les paramètres de reproduction ont progressivement diminué pour les couples nichant dans la zone de protection marine, par rapport à ceux du reste de la Corse, en dehors de la zone protégée. Bien que le nombre de couples ayant pondu et le succès d'éclosion demeurent stables à l'échelle de la Corse, le nombre de poussins à l'envol a chuté de façon dramatique : moins de 15 poussins par an depuis 2012, avec une majorité hors de la réserve (MONTI *et al.* 2017).

Une étude de la répartition de la ressource trophique (abondance de poissons de surface), au long de 98 transects effectués en kayak avec enregistrement vidéo sous-marin, nous a montré que ce paradoxe n'était certainement pas causé par un déficit alimentaire : la biomasse et la taille des poissons sont supérieures dans la réserve par rapport au reste du littoral. Dans le même temps, l'afflux de touristes (en termes de nombre de bateaux) a connu une croissance rapide, en particulier dans la réserve de Scandola. Une étude sur la circulation des bateaux, réalisée entre 2013 et 2014, a révélé que le nombre d'embarcations touristiques (vedettes de promenade en mer et plaisanciers) passant à moins de 250 m des nids de balbuzards était deux fois plus important dans la réserve de Scandola (jusqu'à 400 passages de bateaux par jour en juillet sous certains nids de balbuzards) que dans les zones témoins situées à l'extérieur. Ensuite, des observations comportementales menées sur des nids de balbuzard entre 2012 et 2014 ont montré que le trafic local des bateaux induit un changement significatif du budget-temps quotidien des nicheurs, avec une réduction du nombre de proies rapportées au nid par le mâle et une augmentation du temps passé par les femelles en alarme. Enfin, les plumes prélevées sur des poussins au moment de leur baguage ont montré des niveaux de corticostérone (qui est une hormone de stress) 2,5 fois plus élevés chez les poussins issus des zones à fort trafic de bateaux par rapport à des zones plus calmes en Corse ou ailleurs (Italie, Baléares).

Globalement, notre analyse combinant un bilan démographique, l'écologie des proies, les observations comportementales et les hormones de stress suggère un fort impact des activités liées au tourisme de masse sur la population locale de Balbuzard pêcheur (MONTI *et al.* 2017). L'impact négatif du tourisme motorisé sur le succès reproducteur et/ou le succès de recherche alimentaire a été démontré sur de nombreuses espèces de rapaces et d'oiseaux de mer (LARSON *et al.* 2016, VELANDO & MUNILLA 2011, MARTINEZ-ABRAIN *et al.* 2010). Cette étude souligne l'importance de la mise en œuvre de mesures strictes proposées en fin d'article (distance à respecter, comportement



4. Paysage de la réserve naturelle de Scandola, Haute-Corse, juin 2014 (Olivier Duriez). Un nid de Balbuzard pêcheur *Pandion haliaetus* est installé au sommet de l'îlot rocheux. Scandola Nature Reserve, Corsica. A nest of Osprey is installed at the top of the rocky islet.

5. Surfréquentation touristique sous un nid de Balbuzard pêcheur *Pandion haliaetus* (installé au sommet du piton rocheux le plus à droite), Scandola, Haute-Corse, juin 2014 (Olivier Duriez). Tourist crowding under a nest of Osprey (built at the top of the rocky peak on the far right), Scandola Nature Reserve, Corsica.



des bateaux), afin de mettre en place un écotourisme durable. Il n'est pas exclu que le changement climatique ait également un impact sur la reproduction du balbuzard en Corse, car depuis 2012, les printemps froids et venteux provoquent chaque année plusieurs échecs précoces de reproduction. Cependant le fait que la majorité des échecs se concentre sur la fin de période d'élevage des jeunes (de mi-juin à mi-juillet) plaide pour un impact majeur des dérangements par le tourisme de masse.

La population du Parc national d'Al Hoceima (Maroc) : statut et menaces

Une bonne part de l'aire de distribution historique du Balbuzard pêcheur en Méditerranée a été perdue et certaines populations locales se sont éteintes en raison de persécutions directes. L'un des derniers noyaux de reproduction est situé le long de la côte de l'Afrique du Nord, au Maroc et en Algérie. Trois missions de terrain, en 2012 et

2013, ont apporté de nouvelles informations sur la population du Parc national d'Al Hoceima, au Maroc (MONTI *et al.* 2013). Les données recueillies ont été comparées aux données historiques de la période 1983-1990, afin d'estimer l'évolution démographique récente de la population. Nous constatons une réduction du nombre de nids et de couples reproducteurs, ainsi qu'une diminution globale de la population de 36%. Les principales menaces pesant sur cette population de balbuzards sont les activités humaines, comme la pêche à la dynamite et/ou avec des substances toxiques (par exemple le sulfate de cuivre), la plongée de pêche sous-marine, la perturbation par les bateaux à moteur (jet-ski) et le chalutage le long de la côte. Dans ce contexte, nous soulignons la nécessité d'entreprendre un plan d'action pour la protection de cette population vulnérable, à la lumière d'une stratégie de conservation de l'espèce dans le bassin méditerranéen.

6. Paysage du Parc national Al Hoceima, Maroc, mai 2014 (Flavio Monti). *National Park of Al Hoceima, Morocco.*



7. Balbuzard pêcheur *Pandion haliaetus*, couple nicheur et jeunes au nid, Parc naturel régional de la Maremma, Italie, juin 2011 (Flavio Monti). *Breeding pair of Osprey at nest with its young.*

Réintroduction du balbuzard dans le centre de l'Italie : dispersion, survie et premières données de nidification

Le Balbuzard pêcheur a cessé de nicher en Italie continentale dans les années 1930, avec les derniers nids localisés en Toscane, puis en 1968 en Sicile et en Sardaigne. Dans le cadre d'un projet de réintroduction de l'espèce en Italie, 32 jeunes balbuzards prélevés dans des nids en Corse ont été relâchés par la technique du «taquet» (nid artificiel) entre 2006 et 2010. Grâce à un important travail de suivi sur le terrain, en utilisant la télémétrie VHF et les relectures de bagues, nous avons évalué les effets de l'âge sur la survie par une analyse de capture-marquage-recapture (MONTI *et al.* 2014).

La dispersion varie selon le sexe : la distance moyenne parcourue au cours des premiers mois a été plus importante chez les femelles (246 km) que chez les mâles (38 km). La probabilité de survie varie en fonction de l'âge : les valeurs étaient plus élevées pour les jeunes individus dans les trois premiers mois après la libération (0,87), chutaient lors du premier hiver (0,26), puis augmentaient les années suivantes (la survie apparente annuelle étant estimée à 0,69 pour

les immatures et 0,93 pour les adultes). L'étude des paramètres démographiques et les résultats de dispersion sont importants pour calibrer les mesures de gestion visant à créer une nouvelle population : malgré la faible probabilité de survie enregistrée au cours de la première année, les taux élevés de survie observés suggèrent la présence de conditions locales favorables pour cette nouvelle population. Les premiers cas de reproduction (2011-2014) signalent le retour de cette espèce sur le territoire italien après 40 ans d'absence. En 2017, on comptait trois couples reproducteurs et un quatrième couple en formation ; au total, 25 poussins ont été menés à l'envol depuis 2011.

CONCLUSION

Ces études rappellent qu'une approche fondée sur une analyse à plusieurs échelles peut aider efficacement à la définition de mesures de conservation, en combinant des techniques de terrain et de laboratoire à travers un large éventail de disciplines, de la biologie moléculaire à des considérations socio-économiques.

Dans l'ensemble, ce travail améliore la connaissance de la biogéographie du Balbuzard pêcheur. Ces nouvelles informations seront utiles pour

décider de mesures de gestion efficaces pour cette espèce emblématique. Sur la base des différences de comportement et de structure génétique, nous suggérons de considérer des mesures de gestion spécifiques pour les différentes populations. En particulier, le renforcement des petites populations de balbuzards, par la reconstitution des noyaux à travers des programmes de translocation, devrait s'effectuer prioritairement à partir d'individus provenant de la même lignée évolutive, ayant évolué sous des conditions environnementales similaires. En d'autres termes, des translocations en Europe ne devraient pas utiliser d'oiseaux originaires d'Amérique, d'Océanie et d'Asie de l'Est. Les populations migratrices à longue distance, caractérisées par une information génétique spécifique, ne devraient pas être utilisées pour reconstituer les populations de la région méditerranéenne et des îles de l'Atlantique, où les populations locales montrent une structure génétique et un comportement différents. Des choix inadéquats pourraient provoquer, dans ces populations, des modifications du « bagage génétique » mal adapté à l'environnement local. Une stratégie de conservation appropriée doit viser non seulement à assurer une augmentation rapide de la population, mais aussi de préserver

les caractéristiques des comportements de dispersion et de migration pour maintenir l'intégrité de la population indigène.

En Méditerranée, les aires d'hivernage du Balbuzard pêcheur ne semblent pas être concentrées dans des sites bien délimités, mais sont dispersées le long des côtes de la partie occidentale du bassin méditerranéen (Italie, Afrique du Nord, France et Espagne). Il serait dès lors nécessaire d'harmoniser les mesures de gestion et les protocoles de suivi du balbuzard dans ces différents pays. La gestion de cette espèce nécessite un effort conjoint entre les différents pays autour de la Méditerranée. Par conséquent, un réseau de spécialistes de l'espèce a été créé pour superviser et coordonner les actions locales dans les différents pays. Ces actions s'inscrivent dans le cadre du Plan d'Action International pour l'espèce, rédigé en 2016 sous l'égide du Conseil de l'Europe et qui concerne également les pays de la rive sud de la Méditerranée (DENNIS 2016).

De plus, les résultats résumés dans cet article peuvent être utilisés pour mettre en œuvre des stratégies de gestion et de conservation de l'espèce à l'échelle locale, avec notamment des recommandations précises concernant la gestion de la réserve de Scandola. Il serait nécessaire d'y

limiter le trafic quotidien des bateaux, en réglementant l'accès et le nombre de visites autorisées, afin de perturber le moins possible les balbuzards pendant la saison de reproduction. Il ne devrait ainsi pas être permis aux bateaux de s'approcher de la côte devant les nids occupés. Il serait en premier lieu souhaitable de s'appuyer sur l'autorité conférée aux gestionnaires de la Réserve naturelle nationale pour réglementer la circulation maritime en imposant une zone tampon (minimum de 300 m de rayon) afin d'éviter toute perturbation des balbuzards nicheurs sur le nid. De plus, les balbuzards ayant besoin de conditions de mer calme (sans remous ni vagues) pour pêcher efficacement, il faudrait instaurer des zones de quiétude sans bateau non loin des nids. En revanche, ces mesures pourraient être adaptées au cours de la saison, en permettant l'accès à des secteurs sans nids, ou après l'échec d'un couple. Nous sommes toutefois convaincus que des solutions pourront être trouvées et appliquées à court terme, car la bonne image de marque du balbuzard tant auprès des touristes que des habitants et des professionnels du tourisme constitue une incitation pour mieux respecter les règles de bonne conduite.

Au Maroc, la vulnérabilité de la population locale de balbuzards est restreinte à une bande étroite

de la côte qui est fortement exploitée et perturbée par les activités humaines parfois illégales (dont la pêche à la dynamite), nécessitant de toute urgence des mesures de contrôle et des normes appropriées, pour une meilleure conservation de ce noyau de reproduction.

Dans le projet de réintroduction italien, aucune autre action de translocation n'est envisagée dans un futur proche. Néanmoins les gestionnaires ont prévu l'installation de nouveaux nids artificiels dans les sites clés (p. ex. dans les îles de Montecristo et Elbe dans l'archipel toscan et en Sardaigne), afin d'encourager la recolonisation naturelle des zones adjacentes et de soutenir la population du bassin méditerranéen.

REMERCIEMENTS

Ce travail a bénéficié du soutien financier et logistique du Parc naturel régional de la Maremma, du Parc naturel régional de Corse, du Parc national Al Hoceïma, de la Fondation Prince Albert II de Monaco, du Conservatoire du Littoral (initiative PIM), de l'Université franco-italienne. Nous remercions vivement toutes les personnes ayant collaboré à ce projet : Claudine Montgelard, Véronique Arnal, Aloïs Robert, Florie Delfour, Manon Amiguet, Martin Delpuech, Charley Chancelier, Ilham Bentaieb, Rémi Choquet, Pierre-Christian Beaubrun (CEFE et Université de Montpellier) ; l'équipe de la réserve de Scandola et du PNR Corse (Joseph Albertini, Virgil Le



8. Installation d'une aire artificielle pour le Balbuzard pêcheur *Pandion haliaetus* sur la côte ouest de la Corse, mars 2012 (Flavio Monti).
Installation of an artificial nest for Osprey on the western coast of Corsica.



9. Balbuzard pêcheur *Pandion haliaetus*, juvénile équipé d'une bague darvic et d'une balise GPS, Scandola, Haute-Corse, juin 2014 (Olivier Duriez).
Juvenile Osprey colour-ringed and satellite-tagged, Corsica.



10. Balbuzard pêcheur *Pandion haliaetus*, adulte, Tam, août 2013, (Christian Aussaguel). *Adult Osprey*.

Normand, Julien Tavernier, Saveriu-Antone Rossi et François Paolini); Fabrice Bernard, Matthieu Thévenet et Sébastien Renou (Conservatoire du Littoral); Renaud Nadal et Yan Tariel (LPO Mission Rapaces); Leonida Fusani, Virginie Canoine, Andrea Ferretti, Isabel Fraccaroli (Université de Ferrare), Andrea Sforzi, Giampiero Sammuri (PNR Maremma et PN Archipel Toscan); Rafel Triay-Bagur et Antoni Muñoz Navarro (Baléares); Houssine Nibani, Abdelouahed Kaikai, Hamid Rguibi Idrissi, Abdennadi Abarckach et Mohamed Jabran (PN Al Hoceima et HCEFLCD); Thomas Alerstam, Raymond H.G. Klaassen (Université de Lünd).

BIBLIOGRAPHIE

• BRETAGNOLLE V., MOUGEOT F. & THIBAUT J.C. (2008). Density dependence in a recovering osprey population: demographic and behavioural processes. *Journal of Animal Ecology* 77: 998-1007. • CRAMP S. & SIMMONS K.E.L. (1982). *The Birds of the Western Palearctic*. Vol. 2. Oxford University Press, Oxford. • DENNIS R. (2016). *Plan for the recovery and conservation of Osprey in Europe and the Mediterranean region in particular*. Conseil de l'Europe, Strasbourg. • HACKETT S.J., KIMBALL R.T., REDDY S., BOWIE R.C.K., BRAUN E.L., BRAUN M.J., CHOJNOWSKI J.L., COX W.A., HAN K.-L., HARSHMAN J., HUDDLESTON C.J., MARKS B.D., MIGLIA K.J., MOORE W.S., SHELDON F.H., STEAD-

MAN D.W., WITT C.C. & YURI T. (2008). A Phylogenomic Study of Birds Reveals Their Evolutionary History. *Science* 320: 1763-1768. • LARSON C.L., REED S.E., MERENLENDER A.M. & CROOKS K.R. (2016). Effects of Recreation on Animals Revealed as Widespread through a Global Systematic Review. *PLOS One* 11: e0167259. • MARTINEZ-ABRAIN A., ORO D., JIMENEZ J., STEWART G. & PULLIN A. (2010). A systematic review of the effects of recreational activities on nesting birds of prey. *Basic and Applied Ecology* 11: 312-319. • MONTI F. (2012). The Osprey, *Pandion haliaetus*, state of knowledge and conservation of the breeding population of the Mediterranean basin. In YÉSOU P., BACCETTI N. & SULTANA J. (eds), *Ecology and conservation of Mediterranean seabirds and other bird species under the Barcelona Convention*. Proceedings of the 13th Medmaravis Pan-Mediterranean Symposium. Alghero, Initiative PIM: 195-201. • MONTI F. (2015). *Scale-dependent approaches in conservation biogeography of a cosmopolitan raptor: the Osprey*. Thèse de Doctorat, Université de Ferrara/Université de Montpellier. • MONTI F., DOMINICI J.-M., CHOQUET R., DURIEZ O., SAMMURI G. & SFORZI A. (2014). The Osprey reintroduction in Central Italy: dispersal, survival and first breeding data. *Bird Study* 61: 465-473. • MONTI F., DURIEZ O., ARNAL V., DOMINICI J.-M., SFORZI A., FUSANI L., GRÉMILLET D. & MONTGELARD C. (2015). Being cosmopolitan: evolutionary history and phylogeography of a specialized

raptor, the Osprey *Pandion haliaetus*. *BMC Evolutionary Biology* 15: 255. • MONTI F., DURIEZ O., DOMINICI J.-M., SFORZI A., ROBERT A., FUSANI L. & GRÉMILLET D. (2017). The price of success: integrative long-term study reveals ecotourism impacts on a flagship species at a UNESCO site. *Animal Conservation* (sous presse). • MONTI F., NIBANI H., DOMINICI J.-M., RGUIBI-IDRISSI H., THÉVENET, M., BEAUBRUN P.-C. & DURIEZ O. (2013). The vulnerable Osprey breeding population of the Al Hoceima National Park, Morocco: present status and threats. *Ostrich* 84: 199-204. • MORITZ C. (1994). Defining 'Evolutionarily Significant Units' for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 9(10): 373-375. • MURIEL R., FERRER M., CASADO E. & PÉREZ CALABUIG C. (2010). First successful breeding of reintroduced Ospreys *Pandion haliaetus* in mainland Spain. *Ardeola* 57(1): 175-180. • NEWTON I. (2003). *The speciation and biogeography of birds*. Academic Press, London. • POOLE A.F. (2017). Osprey. In DEL HOYO J., ELLIOTT A., SARGATAL J., CHRISTIE D.A. & DE JUANA E. (eds.), *Handbook of the Birds of the World Alive*. Lynx Edicions, Barcelona. • THIBAUT J.C., BRETAGNOLLE V. & DOMINICI J.-M. (2001). *Le Balbuzard pêcheur en Corse*. Parc naturel régional de Corse, Ajaccio. • THORUP K., ALERSTAM T., HAKE M. & KJELLEN N. (2006). Traveling or stopping of migrating birds in relation to wind: an illustration for the osprey. *Behavioral Ecology* 17(3): 497-502. • VELANOA A. & MUNILLA I. (2011). Disturbance to a foraging seabird by sea-based tourism: Implications for reserve management in marine protected areas. *Biological Conservation* 144: 1167-1174.

SUMMARY

Ecology and conservation of Osprey in the Mediterranean basin. *The peculiarities of ecology and behaviour of the vulnerable Osprey population in the Mediterranean basin was studied in order to propose sound conservation actions. A large scale phylogeographic analysis revealed the existence of four different lineages: one in America pooling the subspecies carolinensis and ridgwayi, one in Australasia (ssp cristatus), one in the Western Palearctic (ssp haliaetus) and one in East Asia (ssp to be confirmed), that should be treated as Evolutionary Significant Units (ESUs) and deserve specific management. Within the same evolutionary lineage in the Western Palearctic, we found a genetic structuration between populations in northern and central Europe and in the Mediterranean basin, revealing limited connectivity between these populations. GPS tracking of adult and juvenile Osprey from Corsica, Balearics and Italy proved that a third of the birds are resident and two thirds are short-distance migrants. The migration pattern was heterogenous in terms of distance and direction, generally achieved in less than 5 days. Most migrants wintered in wetlands in Spain or Maghreb. In the breeding grounds, Osprey suffered from intense disturbance due to recreational activities in Corsica and to illegal fishing in Morocco, that reduced breeding success. In Italy, the reintroduced population has slowly increased with 3 pairs rearing 25 young since 2011. Management actions should aim at limiting these causes of disturbance and promoting the expansion and reconnection of these populations by installing new artificial nests at key sites.*

Contacts: Flavio Monti (flaviomonti00@gmail.com)
Olivier Duriez (olivier.duriez@cefe.cnrs.fr)



11. Balbuzard pêcheur *Pandion haliaetus*, juvénile, Hyères, Var, août 2016, (Aurélien Audevard). *Juvenile Osprey*.