

# Impact de parcs éoliens sur un couple d'Aigle royal *Aquila chrysaetos* dans les Corbières



Collectif LPO Aude<sup>1</sup>

De nombreuses études ont eu pour objet l'examen de l'impact des éoliennes sur les communautés d'oiseaux, la majorité d'entre elles cherchant à évaluer le risque de collision dû à ces aménagements, en particulier pour les grands rapaces (ORLOFF & FLANNERY 1992, MARTÍ 1995, LEKUONA 2001). Le présent travail s'est surtout attaché à définir l'impact des aérogénérateurs sur le comportement d'un couple d'Aigle royal *Aquila chrysaetos*, notamment les modifications d'utilisation spatiale du territoire. La problématique qui a motivé la mise en place de cette étude a émergé suite à la construction imminente de plusieurs parcs éoliens sur le territoire d'un couple d'Aigle royal, avec comme interrogation principale « l'acceptabilité » de ces aménagements par ces oiseaux. De fait, les questions posées dans le cadre de ce travail étaient les suivantes : quelle pourrait être la réaction des oiseaux face à ces aménagements ? Jusqu'à quelle distance des éoliennes les aigles continueraient-ils de prospecter pour leur alimentation ? La construction d'éoliennes allait-elle engendrer une modification substantielle du domaine vital de ce couple ? Les aigles continueraient-ils à se reproduire sur le site ? La présence du couple d'Aigle royal concerné par le présent travail a été confirmée alors que venait d'être attribué le permis de construire du premier parc éolien, à moins d'un kilomètre du site de reproduction. Une étude visant à suivre la fréquentation du secteur par les aigles a été entreprise dès l'année suivante (2001) et reconduite pendant huit années. Des données cartographiques précises acquises durant la réalisation

de l'étude d'impact (1999-2000) permettent de bénéficier d'un état initial préalable à l'installation des éoliennes. Centrée à proximité du parc éolien dans un premier temps, la zone d'étude a progressivement été étendue en fonction des modifications intervenues dans la fréquentation du secteur par les aigles. D'autres facteurs ont rapidement dû être pris en compte : disponibilité d'autres sites de reproduction pour l'Aigle royal, interaction avec un couple d'Aigle de Bonelli *Aquila fasciata*, impacts d'autres activités industrielles. Ces aspects nous ont amenés à élargir la zone d'étude au fil des années et ont permis d'offrir une vision plus juste des différents facteurs pouvant influencer sur le déroulement de la reproduction, de même que les modifications de territoire vital de ce couple d'Aigle royal. Les résultats sont présentés principalement sous forme de cartographie des trajectoires d'oiseaux recueillies sur le terrain, tandis que les principaux paramètres de reproduction du couple sont indiqués. À la lumière des résultats obtenus, nous tenterons de préciser l'impact de différents facteurs anthropiques sur le comportement de ce couple d'Aigle royal.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Description du site

Le territoire étudié se situe dans les Corbières, à cheval sur les départements de l'Aude et des Pyrénées-Orientales. Comme de nombreux massifs calcaires méditerranéens, les Corbières, constituées d'une série de synclinaux orientés sud-ouest/nord-est, présentent un relief tourmenté où l'élément minéral est omniprésent : falaises, éboulis et combes rocheuses. Mais situées au sein de l'étage méso-méditerranéen supérieur,

en limite de l'étage thermo-méditerranéen, les Corbières orientales présentent plusieurs caractéristiques qui en font une zone très singulière en France, caractérisée par l'aridité du climat local, aggravée par le relief karstique. La pluviosité y est typiquement méditerranéenne avec des épisodes très irréguliers mais souvent violents, intervenant entre octobre et janvier, et un second pic de moindre ampleur au printemps. En toutes saisons, le vent dominant de nord-ouest (tramontane ou « cers ») souffle de façon soutenue (vent supérieur à 60 km/h pendant plus de 120 jours par an, CLANZIG 1989). Pendant l'été, la sécheresse de ce vent de terre accentue considérablement l'aridité et le stress hydrique.

L'autre caractéristique du paysage des Corbières est d'avoir été profondément modelé par près de 4000 ans de défrichements et d'élevage, auxquels a fait suite une déprise brutale au XX<sup>e</sup> siècle. Des quelque 300 000 ovins présents en 1870 (FRENAY 1985), il ne reste à l'heure actuelle que quelques centaines de brebis et de chèvres répartis sur ce vaste territoire d'environ 1 600 km<sup>2</sup>.

La végétation, bien que contrainte par les conditions édaphiques et climatologiques, a profité de cette déprise pour se développer et les pelouses

sèches méditerranéennes et les garrigues basses évoluent naturellement vers des formations plus arborées à dominante de Chêne vert *Quercus ilex* et de Pin d'Alep *Pinus halepensis*. Ainsi, au début du XXI<sup>e</sup> siècle, les garrigues des Corbières présentent des faciès très diversifiés, autant en hauteur et en recouvrement horizontal de la végétation qu'en composition floristique. Les garrigues basses à Romarin *Rosmarinus officinalis*, Chêne kermès *Quercus coccifera*, ponctuées de Genévriers oxycèdre *Juniperus oxycedrus* et de Phénicie *J. phoenicea*, de Buis *Buxus sempervirens* et de quelques Chênes verts sont dominantes, mais leur structure et la proportion de ces essences varient très largement.

### Le couple d'Aigle royal étudié et les couples voisins

Nicheur connu de longue date dans cette région, l'Aigle royal y atteint des densités assez importantes (jusqu'à un couple pour 175 km<sup>2</sup>). Cette population est suivie depuis de nombreuses années par les ornithologues locaux. Les sites de reproduction sont identifiés et les limites des territoires de chaque couple globalement bien cernées. Historiquement, ces milieux méditerranéens sont plutôt le domaine de l'Aigle de Bonelli, mais

1. Parc éolien dans les Corbières, Aude et Pyrénées-Orientales, juin 2007 (Mathieu Bourgeois). *Wind-farm in southern France.*



<sup>1</sup> LPO Aude, Écluse de Mandirac, 11100 Narbonne

ce dernier a connu depuis quelques décennies une lente érosion de sa population. À l'inverse, la dynamique de population de l'Aigle royal dans ce secteur semble plutôt favorable. Dans ce contexte, la découverte d'un nouveau couple sur un site inconnu auparavant est toujours possible, même si seuls des observations précises et le croisement de plusieurs données permettent de conclure à l'identification réelle d'un nouveau couple (et non au changement de site d'un couple déjà connu). L'Aigle royal et, plus encore, l'Aigle de Bonelli sont des espèces très sensibles au dérangement sur leur site de nidification. C'est pourquoi il ne sera fait aucune mention des localités ni des lieux-dits désignés ci-dessous par des codes.

Le couple d'Aigle royal observé sur le site A s'y était établi en 1998. Sa reproduction a été formellement prouvée l'année suivante, mais elle a été fortement suspectée dès 1998, comme en témoignent les nombreuses observations du couple, puis de deux juvéniles accompagnant les deux adultes au cours de l'été 1998, à 2 km du site A. En 1999, un jeune s'est envolé et la reproduction a de nouveau été couronnée de succès en 2000 (un jeune volant). Il faut noter ici que la livrée de la femelle observée sur le site en 1998 était celle d'un individu âgé apparemment de 3 ans. Cette reproduction réussie, avec deux jeunes à l'envol peut paraître surprenante pour un oiseau aussi jeune, mais a déjà été observée et documentée sur un autre site des Corbières (GOAR & MASSÉ 2006). L'élevage de deux jeunes pour une première nidification sur un site assez peu connu pourrait laisser supposer que ce couple avait déjà occupé cette zone auparavant mais avait échappé à l'attention des observateurs en tant que nicheur potentiel. Notons enfin qu'une bonne partie du territoire occupé par ce couple d'Aigle royal était précédemment fréquentée par un couple d'Aigle de Bonelli (fig. 1). L'ultime reproduction de ce dernier date de 1997 (GRIVE & GOR 1997). Le territoire, devenu vacant suite à destruction par tir (très probablement volontaire) des deux Aigles de Bonelli, a été occupé par un couple d'Aigle royal dès l'année suivante. Ceci atteste de la dynamique de population favorable de l'Aigle royal, confirmée par la présence d'une proportion d'individus

subadultes non nicheurs plus importante que chez l'Aigle de Bonelli.

Le domaine vital du couple d'Aigle royal étudié est limité à l'ouest, au nord-ouest et au nord par, respectivement, deux autres couples d'Aigle royal et un couple d'Aigle de Bonelli (fig. 1). Cette juxtaposition de territoires d'aigles semble liée au caractère très escarpé (nombreuses falaises) des Corbières maritimes, particulièrement favorable à ces grands rapaces.

### Les activités industrielles concernées

#### Parcs éoliens

Quatre parcs éoliens ont été construits au sein du territoire de ce nouveau couple d'Aigle royal. Le premier chantier a débuté en 2000 et le dernier s'est achevé en 2006.

**Parc EOL1.** Les premières éoliennes de ce parc sont situées à moins d'un kilomètre du site de reproduction A du couple d'Aigle royal. Le chantier de ce parc a débuté en août 2000 avec la construction de la première tranche de 6 éoliennes. Les pales défectueuses de cette première tranche sont remplacées entre le 27 mars et le 24 avril 2001. Les travaux de terrassement de la seconde tranche (10 éoliennes) ont débuté le 25 juin 2001 pour s'achever en juillet 2002. À partir de la fin de l'année 2002, seuls des travaux de maintenance ont eu lieu sur le site. L'ensemble du parc EOL1 se compose de 16 éoliennes disposées en 3 alignements d'est en ouest : 9 éoliennes sud-ouest/nord-est, 4 éoliennes sud/nord, 3 éoliennes sud/nord. Caractéristiques des machines : 1,5 MW ; hauteur de 80 m en bout de pale, rotor de 62 m de diamètre.

**Parc EOL2.** L'ensemble des travaux sur ce parc a eu lieu le dernier trimestre 2002 et la mise en service a été effective en décembre 2002. Le parc se compose de 6 éoliennes en un alignement sud-sud-ouest/nord-nord-est. Caractéristiques des machines : 1,75 MW ; hauteur de 93 m en bout de pale, rotor de 62 m de diamètre.

**Parc EOL3.** Les travaux de terrassement sont effectués dès le second semestre 2001. La mise en service du parc a lieu en juin 2002. Il se compose au départ de 7 éoliennes en 2 alignements d'est en ouest : 5 éoliennes sud-ouest/nord-est

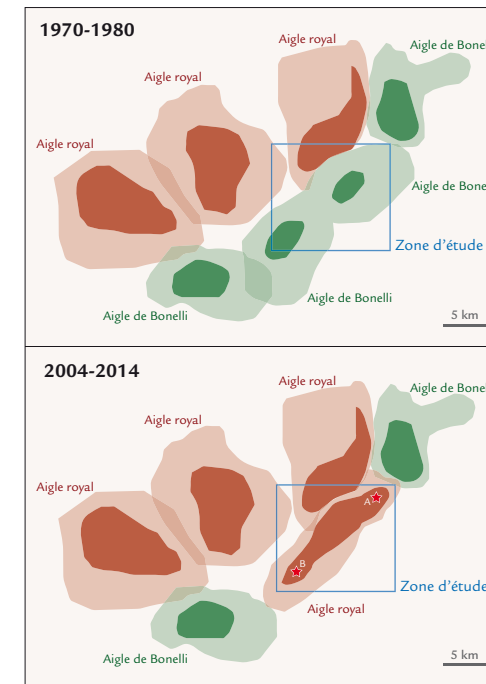


fig. 1. Répartition des territoires d'Aigle royal *Aquila chrysaetos* et d'Aigle de Bonelli *Aquila fasciata* sur le secteur d'étude de 1970 à 1980 (en haut) et récemment (en bas) ; il n'est pas certain que les deux territoires d'Aigle de Bonelli médians aient été occupés simultanément. Distribution of territories of Golden and Bonelli's Eagle in the study area, 1970-1980 (top) and recently (bottom) ; it is not certain whether the two Bonelli's Eagle territories in the centre were occupied simultaneously.

et 2 éoliennes sud-ouest/nord-est. Une huitième éolienne est ajoutée en février 2004. Caractéristiques des machines : 1,3 MW ; hauteur de 90 m en bout de pale, rotor de 60 m de diamètre.

**Parc EOL4.** Ce parc éolien est mis en service en mai 2006. Il compte initialement 8 éoliennes disposées en un alignement sud-sud-ouest/nord-nord-est. Une neuvième éolienne est ajoutée et mise en service en 2008. Caractéristiques des machines : 1,3 MW ; hauteur de 110 m en bout de pale, rotor de 60 m de diamètre.

#### Soudure à l'explosif

Cette entreprise existe depuis les années 1980 sur le territoire étudié. L'usine est construite dans une ancienne carrière et son activité est le placage de

métaux par explosion. Chaque jour, deux à quatre explosions se produisent, dont la puissance induit une détonation capable de provoquer la chute de pierres dans la falaise (A. Ravayrol, comm. pers.) et d'être entendue jusqu'à 30 km par vent portant ; elles sont très audibles sur le site A, principalement par vent de secteur sud.

### Méthodologie du suivi

L'observation visuelle a été privilégiée pour sa facilité de mise en œuvre et son coût peu élevé. Des points d'observations ont été préalablement définis en fonction de plusieurs critères : le champ de vision devait être le plus large possible et, dans la mesure du possible, orienté vers le nord (sens opposé à l'orbe du soleil), proche du site de reproduction et au cœur des territoires de chasse préférentiels ; ils ne sont pas répartis de façon homogène. Le changement de site de nidification du couple en 2004 a obligé à modifier leur répartition. La méthode de suivi a quelque peu évolué au cours de l'étude, avec deux périodes distinctes.

#### Suivi 1998-2000

Durant ces trois années, le suivi avait pour objet la quantification du succès reproducteur du couple récemment découvert, ainsi que l'identification des zones d'émancipation des jeunes. Rappelons qu'à cette époque aucune éolienne n'était construite. De façon globale, ce suivi était plus tardif (de mai à juillet) que celui mené à partir de 2001. Les points d'observation étaient localisés aux alentours immédiats du site de nidification. En moyenne, la pression d'observation a été de 20 jours par an, auxquels s'ajoute un certain nombre d'observations ponctuelles.

#### Suivi 2001-2007

Un suivi plus intense et plus précis des activités du couple a été mené durant cette période, soit en moyenne 44 jours par an entre 2001 et 2005 et 15-20 jours par an en 2006-2007, entre le 1<sup>er</sup> février et le 31 août. Des points d'observation ont été ajoutés à partir de 2001 afin d'observer le comportement du couple sur l'ensemble de son territoire de chasse.

### Collecte des données

Les données sont notées sur une fiche standard pour chaque journée d'observation. Sont ainsi précisés le sexe de l'oiseau, sa hauteur de vol, son type de vol, son comportement (chasse, parade, apport de matériaux sur l'aire), les conditions météorologiques, l'heure des différentes observations et, à partir de 2001, le « niveau » de fonctionnement du parc éolien (en nombre d'éoliennes en rotation). Enfin, la trajectoire de chaque oiseau est reportée sur une carte IGN au 1/25000<sup>e</sup>. Les trajectoires numérisées et associées aux données des observations correspondantes servent à tracer les limites du territoire et à mesurer l'activité spatiale des individus. Cette dernière est quantifiée en nombre de survols d'aigles sur chaque carré d'une grille composée de mailles de 250 mètres de côté. L'analyse cartographique permet de dégager les zones les plus fréquentées par ce couple d'Aigle royal pendant une saison de reproduction ou sur plusieurs années (fig. 1).

### RÉSULTATS

Malgré la difficulté qu'il y a de différencier l'impact des différentes activités industrielles, nous avons tenté de définir celles qui influent directement sur le territoire de chasse et le comportement reproducteur du couple d'Aigle royal étudié.

### Perte d'une partie du territoire de chasse

Comme le montre la figure 2, une perte de territoire de 1,5 à 2 km<sup>2</sup> au sein du domaine vital du couple d'Aigle royal a été constatée dès la fin de la construction du parc éolien EOL1, situé à moins d'un kilomètre du site de nidification (site A). La différence de fréquentation du territoire au niveau du site EOL1 est particulièrement visible en 2001 (année de construction du parc) et se confirme en 2002 (parc éolien en activité), lorsque les aigles ne fréquentent plus ce secteur, n'approchant pas les premières éoliennes à moins de 200 mètres (distance d'évitement au sens strict). Quelques survols à haute altitude du parc éolien ont été observés mais la majorité des réactions notées correspondaient à des contournements des éoliennes. Ce comportement d'évitement a également été observé sur un autre

site éolien de l'Aude, avec des contournements à grande distance, de l'ordre de 875 à 1 300 mètres (Bourgeois, comm. pers.), ou un survol à très haute altitude. Ces dernières données, concernant le comportement global de vol des oiseaux et non plus seulement l'évitement au sens strict, correspondent à la surface réellement perturbée. Il en est de même chez l'Aigle de Bonelli, avec une distance de l'ordre de 950 à 1 100 mètres autour des turbines avant que les oiseaux ne retrouvent un comportement normal (TOMÉ *et al.* 2010).

En parallèle, la comparaison sur la figure 2 de la situation quasi initiale de 2001 et celle de 2004, après implantation et en début de fonctionnement des éoliennes, révèle que celles-ci affectent sensiblement l'évolution de l'Aigle royal. Les surfaces parcourues diminuent de façon significative. En ne prenant en compte que les carrés des deux classes de présence les plus élevées (c'est-à-dire les carrés les plus foncés) sur la zone d'étude initialement prévue, qui correspond à la zone d'utilisation principale par le couple et ses jeunes, la portion minimale de territoire amputée est de 777 hectares. En prenant en compte également les carrés des deux classes de fréquentation plus faible (carrés les plus clairs), ce sont 431 hectares supplémentaires qui sont perdus, soit une surface totale perdue de l'ordre de 1 200 hectares sur la zone d'activité principale.

Cette perte de territoire concerne une zone de chasse qui était fortement exploitée avant la construction du parc et une zone de « navigation » des aigles sur le site A : prise d'ascendance et virage pour arriver à l'aire de nidification face au vent dominant de secteur nord-ouest.

Comparée à la superficie totale du territoire occupé par un couple d'Aigle royal, estimée à 60 km<sup>2</sup> en moyenne (GOAR 2003), cette perte de territoire peut paraître faible si l'on ne considère que les 150-200 hectares de zone totalement évitée. La perte devient importante – de l'ordre de 20% – si l'on considère la surface réellement touchée. Avec l'extension des implantations d'éoliennes, l'impact se fait également sentir au cœur du domaine vital du couple, donc près du nid et dans les zones de chasse privilégiées, également connues pour abriter l'émancipation du jeune.

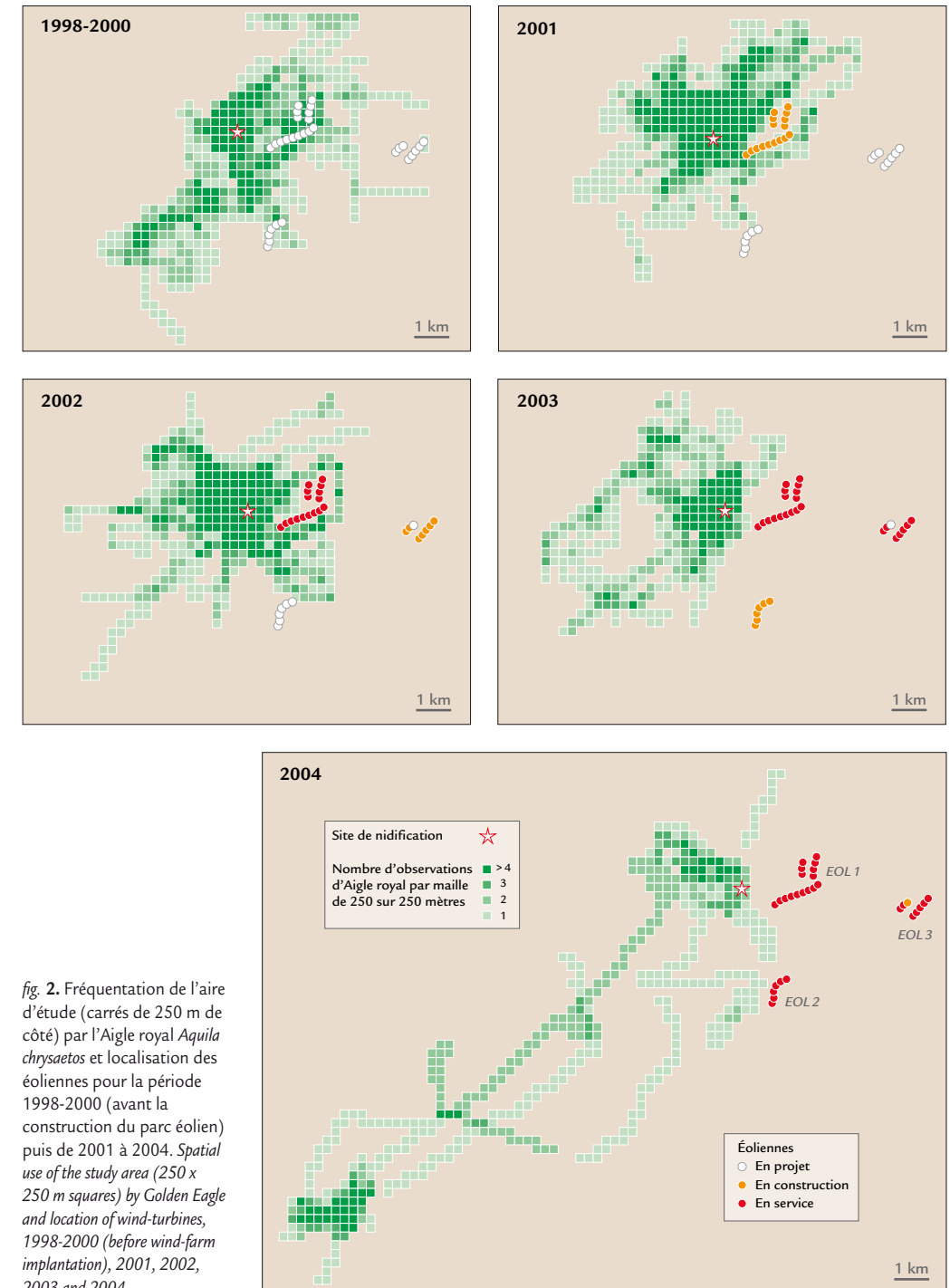


fig. 2. Fréquentation de l'aire d'étude (carrés de 250 m de côté) par l'Aigle royal *Aquila chrysaetos* et localisation des éoliennes pour la période 1998-2000 (avant la construction du parc éolien) puis de 2001 à 2004. Spatial use of the study area (250 x 250 m squares) by Golden Eagle and location of wind-turbines, 1998-2000 (before wind-farm implantation), 2001, 2002, 2003 and 2004.

## Diminution de la fréquentation d'une partie du territoire de chasse

La partie du territoire de chasse située à l'est des parcs éoliens semble moins fréquentée par les aigles royaux. Ces collines sèches semblaient surtout constituer une zone de chasse pour le couple en période hivernale de 1999 à 2003 (Gonin, comm. pers. ; base de données de la LPO Aude). Ce couple était aussi observé à cette même saison jusqu'en bordure du littoral (LPO Aude, non publié). Or, depuis 2001, aucune observation d'Aigle royal n'a plus été faite sur cette zone désormais émaillée d'implantations éoliennes : ceci traduit une perte importante de territoires de chasse. La construction cumulée de parcs éoliens sur les crêtes à l'est du site de nidification produit un effet de « barrière ». Cette zone est se trouve aujourd'hui délaissée, au profit de l'ouest et du sud du territoire étudié. Le changement de site de nidification pour un emplacement situé 15 kilo-

mètres plus au sud accentue encore la baisse de fréquentation de la zone de chasse étudiée. Hélas, aucune étude spécifique n'a été menée en hiver et les données, trop fragmentaires, ne permettent pas de quantifier l'impact des parcs éoliens en-dehors de la saison de reproduction.

## Diminution du succès de reproduction et de la productivité

Après trois succès de reproduction consécutifs de 1998 à 2000 (4 jeunes à l'envol), la productivité devient nulle dès 2001 et jusqu'en 2007. En 2008, la naissance d'un aiglon de ce couple, sur le site B, après sept années d'échecs successifs, constitue donc un événement.

La productivité moyenne des sites A et B est de 0,35 jeune par couple et par an sur l'ensemble de la période 1998 à 2014 (n = 17 années de reproduction) ; elle était de 1,33 sur le site A avant 2001 (n = 3), c'est-à-dire avant les travaux, de 0,66 sur

2. Aigle royal *Aquila chrysaetos*, adulte, Lozère, avril 2011 (Bruno Berthémy). Adult Golden Eagle.



	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Site A	2	1	1	0	0	0	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Site B	-	-	-	-	-	-	0	0	-	0	1	0	1	0	0	0	0
EOL 1			✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂
EOL 2					✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂
EOL 3				✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂
EOL 4								✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂
EXPL	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂	✂

tab. 1. Succès de reproduction du couple d'Aigle royal *Aquila chrysaetos* suivi dans les Corbières de 1998 à 2014. Les symboles correspondent à l'activité industrielle en cours (EOL = parc éolien ; EXPL = soudure à l'explosif), les chiffres indiquent le nombre de jeunes à l'envol (0 correspond à un échec de la reproduction : absence de ponte, échec durant l'incubation, mort du poussin...). *Breeding success of a pair of Golden Eagles monitored in the Corbières, southern France, 1998-2014 (symbols correspond to industrial activity; EOL = wind farm; EXPL = explosion welding; the figures indicate the number of fledglings, 0 meaning a reproductive failure: no clutch, failure during incubation, death of chick...)*

le site A avant son abandon en 2003 (n = 6) et de 0,18 sur le site B de 2004 à 2014 (n = 11). Pour comparaison, la productivité moyenne de l'espèce dans les Corbières est de 0,69 jeune par couple et de 0,53 jeune par couple sur l'ensemble des Pyrénées (GOAR 2003). La productivité moyenne de ce couple est donc relativement faible sur l'ensemble de la période étudiée et très faible depuis 2001. Rappelons que la productivité au sein d'une même population peut varier de façon importante d'un couple à l'autre, même pour des couples voisins (GOAR *op. cit.*). Mais la chute de productivité observée chez ce couple, avec comme année charnière 2001, reste anormale et semble liée à plusieurs facteurs : tranquillité du site de nidification, qualité reproductrice des individus et biomasse en proies disponible.

## Tranquillité du site de nidification

Afin d'analyser cette forte baisse de productivité, nous portons notre attention sur les années 2001 à 2003, lorsque la femelle occupait sans succès le site A. Il est important de remarquer que, chaque année, les parades et l'activité de « rechargement » du nid semblaient se dérouler normalement. La ponte avait lieu chaque année dans la dernière décade de mars. Au cours de ces trois années, les observations sont devenues rares pendant la période d'incubation, le mâle semblant peu ravitailler la femelle. Aux alentours de la date théorique d'éclosion (21-25 mars), aucun

comportement ne laissait supposer la naissance du ou des aiglons. L'incubation semblait en effet se poursuivre parfois jusqu'à 20 jours au-delà des 42 à 44 jours normalement observés chez l'Aigle royal (GOAR 2003, WATSON 2010). Par la suite, le couple était nettement moins souvent observé aux alentours de l'aire, allant chasser sur les secteurs ouest et sud du territoire étudié (fig. 2).

Il est délicat d'interpréter ces trois échecs successifs, qui ont tous eu lieu de la même façon : ponte déposée mais non éclosion des œufs en dépit d'une incubation apparemment normale. Force est de constater que ce défaut de productivité intervient le printemps suivant la mise en fonctionnement du premier parc EOL1, situé à moins d'un kilomètre du site A. Et si aucune visibilité directe n'existe entre l'aire de ce site de nidification et les parcs éoliens, il est clair que dès que les aigles sortent de leur combe, les éoliennes les plus proches sont immédiatement visibles.

Il est à noter que, postérieurement au recrutement sur le site B d'un nouveau mâle en juin 2005, le couple revient en 2006 sur le site A, où il tente de se reproduire, de nouveau sans succès, bien qu'une ponte ait été déposée, exactement comme en 2001, 2002 et 2003. Ensuite, seul le site B sera occupé.

Un état de stress de la femelle peut agir sur la fécondité des œufs (WATSON 2010) et peut engendrer une attention moins grande à l'incubation. Ce stress pourrait être engendré par des émissions

sonores (infrasons) produites par les éoliennes, car les oiseaux sont particulièrement réceptifs à ces derniers (ce qui explique des déplacements de grande amplitude juste avant la manifestation de cataclysmes tels qu'ouragans, tsunamis et séismes). Mais il est délicat de supposer que ce facteur soit la seule cause de dérangement. Pour la saison de reproduction 2001, les travaux de mise en place de la fibre optique, avec creusement d'une tranchée dans la route départementale à moins de 500 mètres de l'aire de nidification, peuvent avoir été une source de dérangement plus importante. Mais ce dernier facteur n'explique pas un stress récurrent les années suivantes. Aucune augmentation de la fréquentation humaine de la combe n'a été identifiée lors du suivi et le seul sentier de chasse qui la traverse n'est plus utilisé après la fin janvier, date de fermeture de la chasse. Bien évidemment, le passage à basse altitude d'aéronefs militaires ou d'autres sources de dérangements ponctuels a pu également participer à un stress des Aigles royaux. Après le changement de site de reproduction, cette productivité reste particulièrement faible, bien que l'aire B soit située à 15 kilomètres du premier aérogénérateur. Mais sur ce site également il existe d'autres sources de perturbation ayant pu conduire à une baisse de fécondité, comme les explosions intenses et quotidiennes de l'usine de soudure à l'explosif. Lors de l'installation du couple sur le site B en 2004, plusieurs envols de la femelle ont été provoqués par ces explosions. Toutefois, les oiseaux se sont manifestement accoutumés, au moins partiellement, à cette nuisance sonore, de même qu'à celle des dynamitage effectués pour l'exploitation des carrières environnantes : la réussite de la reproduction à deux reprises par la suite laisse à penser que ce facteur n'est pas déterminant et qu'il en existe d'autres (cf. disparition d'un des adultes du couple en 2011 puis en 2013).

### Qualité reproductrice des individus

La femelle du couple étudié est la même depuis 1998 et a produit des jeunes de 1998 à 2000. Le mâle est le même de 1988 à 2005, date à laquelle il disparaît avant d'être remplacé par un mâle

subadulte. Il n'y a donc pas eu de changement apparent au sein de ce couple entre 1998 et 2005. Mais ceci n'exclut pas qu'une baisse de fertilité soit intervenue chez l'un des partenaires.

### Biomasse en proies disponible

On a vu précédemment que ces aigles évitaient le survol des parcs éoliens en place et semblaient nettement moins fréquenter une partie du territoire de chasse historique située à l'est des différents parcs éoliens, partie qu'ils ont fini par abandonner totalement à partir de 2003 (à l'exception de 2006). Ces faits entraînent une diminution de l'accès à leurs ressources alimentaires, sans compter que la création de nouvelles pistes, la phase de travaux et la présence d'aérogénérateurs peuvent aussi influencer de manière négative directement sur les populations de proies. Les créations de nouvelles carrières empiètent aussi directement sur les zones de chasse de ces aigles. Ajoutées au contexte actuel de fermeture des milieux entraînant une diminution des populations d'espèces-proies (FERNANDEZ 1993), ces perturbations localisées peuvent influencer à moyen ou long terme sur la qualité trophique du territoire de chasse. Cette baisse naturelle de la disponibilité alimentaire peut être un facteur aggravant, mais n'explique pas la diminution brutale de productivité du couple. La productivité des autres couples d'aigles des Corbières aurait montré la même tendance, or ce n'est pas le cas. De plus, la productivité importante du couple d'Aigle de Bonelli (1,3 jeune par an de 1988 à 1996, GRIVE & GOR 1997) anciennement nicheur sur le site B indique que la biomasse disponible ne peut être ici l'unique facteur limitant.

### Conclusion sur la diminution de productivité

La diminution subite de productivité en 2001 après au moins trois années consécutives de succès de la reproduction n'est peut-être pas imputable à un seul facteur. Toutefois, la concordance de date entre la construction du premier parc éolien sur le territoire et cette diminution de productivité laisse très fortement envisager que l'activité éolienne a constitué un facteur de premier ordre dans les échecs constatés sur la reproduc-

tion de ce couple : il constitue d'ailleurs le seul facteur perturbant pérenne intervenu jusqu'au décanonnement.

### Changement de site de reproduction

Rappelons qu'une seule aire de nidification (site A) était connue pour ce couple installé en 1998. Mais, dès 1999 et suite à la disparition du couple d'Aigle de Bonelli du site B, quelques observations d'Aigles royaux en parade sont effectuées près de l'aire de ce dernier. Dès 2001, ces observations sont plus régulières. En 2004, le couple quitte le site A pour venir s'installer et se reproduire, sans succès, sur le site B. Ce changement de site de reproduction est classique chez l'Aigle royal, qui change régulièrement d'aire pour limiter la charge parasitaire des nids (WATSON 2010). Toutefois, ce changement de site de reproduction intervient après trois échecs successifs de la nidification et correspond à un déplacement de 15 kilomètres, ce qui est réellement inhabituel pour cette espèce. Il est donc très probable que ce changement de site soit lié à une perte de productivité en A. Ce dernier est sans doute devenu défavorable, principalement en termes d'accès aux ressources trophiques, suite à la privation de la principale zone de chasse et à la considérable augmentation des déplacements des adultes. Il est possible que ce changement ait aussi été influencé, pour partie, par des éléments dérangeant directement les individus. Une partie du parc EOL1 est implantée sur une zone connue pour être utilisée par les aigles comme une zone de « manœuvres de navigation », notamment par fort vent latéral, afin de virer dans la combe où se trouve l'aire. La suppression des deux éoliennes les plus proches du site A testerait cette hypothèse et permettrait, s'il elle se vérifiait, une reconquête du site A. D'autre part, l'intensité des explosions provoquées par l'usine de placage perturbe aussi les aigles nichant sur le site B. Le dérangement se caractérise majoritairement par un envol des individus perchés sur le site lors des explosions. Si avant 1998 le couple d'Aigle de Bonelli se reproduisant sur le site semblait s'en être accommodé, il n'en fut pas de même dans les premiers temps

pour le couple d'Aigle royal ayant colonisé le site en 2004, profitant de la disparition du Bonelli. Néanmoins, une accommodation relative semble s'être produite, puisque après une première reproduction non réussie sur le site B, suivie de la disparition du mâle (année sans ponte, recrutement d'un nouveau mâle), puis de deux échecs, le couple y a élevé un jeune en 2008 puis en 2010. Pour conclure, le couple d'Aigle royal étudié a dû « choisir » entre deux sites de reproduction perturbés, mettant en œuvre une stratégie « du moindre mal ». Selon cette hypothèse, le dérangement provoqué par les explosions de cette industrie sur le site B serait moindre que celui dû à un faisceau de facteurs sur le site A, dont l'activité éolienne apparaît prépondérante.

### PERSPECTIVES POUR LA CONSERVATION

Le site étudié étant en partie intégré au réseau Natura 2000, la conservation de ce couple d'Aigle royal doit être une priorité. Les impacts cumulés de diverses activités industrielles ont très vraisemblablement conduit à une baisse globale de sa productivité, y compris en le forçant à chercher une nouvelle localisation de son site de nid. Plusieurs actions mériteraient d'être engagées afin de tenter d'améliorer cette situation. En premier lieu, il semble primordial de restaurer l'attractivité du site de nidification A. En effet, cet emplacement – productif de 1998 à 2000 – est le site historique de l'espèce. L'hypothèse d'un stress, influant sur la femelle lors de la couvaison, ou d'une perturbation de l'accès à l'aire due aux éoliennes les plus proches, pourrait être testée en démontant deux ou trois éoliennes les plus proches afin d'augmenter le rayon de « sécurité » autour de l'aire. Bien évidemment, ce démantèlement devra être réalisé hors de la saison de nidification (février-juillet). Selon la recolonisation ou non, on pourra en déduire l'impact de ces éoliennes supprimées. Quant au site B, il semble que l'entreprise de placage à l'explosif envisage de se munir d'une « chambre de tir » limitant les émissions sonores et les vibrations engendrées par les explosions. Cet équipement n'a pas été réalisé à ce jour. Aussi, un transfert d'activité prévu début 2015 entre ce site

et l'autre site (allemand) de l'entreprise devrait-il assurer une forte réduction des nuisances sonores liées à l'activité pyrotechnique.

Dans une optique de conservation, il serait préférable de voir le site A recolonisé par l'Aigle royal, libérant ainsi le site B pour l'Aigle de Bonelli. Cette recolonisation est impossible actuellement du fait de la présence de l'Aigle royal, concurrent naturel pour les sites de reproduction et les disponibilités alimentaires.

La « cascade » d'impacts sur le couple d'Aigle royal étudié ayant probablement conduit au changement de site de reproduction a donc également des conséquences sur la possibilité de reconquête du site B par l'Aigle de Bonelli et donc, indirectement, sur la problématique de la conservation de cette dernière espèce, toujours très menacée en France.

Ce genre d'erreur ne doit donc pas être répété et de telles infrastructures sont à éviter systématiquement à proximité des sites occupés par des aigles.

## CONCLUSION

L'étude des grands rapaces doit être menée sur de grandes surfaces du fait de l'étendue de leurs territoires de chasse et nécessite de travailler sur le long terme. Des changements paraissant infimes peuvent avoir des conséquences importantes sur l'utilisation de l'espace des différents couples d'aigles et sur leur productivité. Dans le cas présent, on a observé un échec de la reproduction à compter de la construction du premier parc éolien ainsi qu'une modification de la fréquentation du territoire, suivie du changement de site de reproduction les années suivantes. Alors que de nombreux facteurs peuvent intervenir et provoquer ces modifications, la date charnière des modifications intervenues coïncide avec la construction du premier parc éolien et suffit à expliquer les changements de comportement observés.

Les sites de reproduction favorables aux aigles sont peu nombreux, en termes de configuration mais surtout de « sécurisation », entraînant une compétition entre les couples pour le choix des meilleurs emplacements. Dès lors, toute perturbation anthropique près du site de nidification agit d'autant plus vite et intensément sur les para-

mètres de la reproduction de chaque couple. Ces observations ne peuvent probablement pas être généralisées, chaque couple ou individu pouvant présenter une plus ou moins grande tolérance vis à vis des perturbations (Ravayrol et Goar, comm. pers.). Les configurations respectives tant du parc éolien que du site de reproduction peuvent aussi jouer un rôle important. En plus de l'action « d'urgence » et expérimentale de démontage d'éoliennes, il nous semble indispensable de stopper l'installation de nouveaux aménagements industriels (principalement éoliens mais aussi photovoltaïques) dans ce secteur des Corbières orientales si l'on veut pouvoir conserver durablement la population d'aigles qui y vit, sans compter les autres espèces hautement patrimoniales.

L'Aigle royal a bénéficié d'une dynamique positive pendant les années 1990, tandis que l'Aigle de Bonelli accusait une sévère régression. L'Aigle royal a remplacé le Bonelli sur les sites d'où ce dernier a disparu. Cependant, moins bien adapté que le Bonelli aux territoires de piémont anthropisés, l'Aigle royal y affiche une productivité très basse, moitié moindre que celle des couples voisins des hautes Corbières ou des Pyrénées jusqu'avant 2010. Ceci n'est plus exact depuis, en raison hélas de la chute de productivité mesurée récemment dans ces deux secteurs géographiques. Malgré cela, sa présence rend très délicat, voire impossible, le retour de l'Aigle de Bonelli sur ses anciens sites, ce qui complique la problématique de conservation de cette dernière espèce, classée « en danger » sur la dernière liste de l'UICN France.

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier pour leur collaboration la société EOLERES et le Groupe Ornithologique du Roussillon (GOR), tout spécialement Y. Aleman et J.-P. Pompidor, mais aussi J.-L. Goar, H. Picq et A. Ravayrol pour leurs conseils, ainsi que la DREAL Languedoc-Roussillon pour son soutien.

## BIBLIOGRAPHIE

• CLANZIG S. (1989). Pressions environnementales s'exerçant sur l'étang de Salses-Leucate: état des lieux. *Documents du C.I.E.L.* n°3. • FERNANDEZ C. (1993). Effect of the viral haemorrhagic pneumonia of the wild rabbit on the diet and breeding success of the Golden Eagle *Aquila chrysaetos*. *Rev. Écol. (Terre et Vie)* 48: 323-329.



3. Aigle royal *Aquila chrysaetos*, adulte, Hautes-Pyrénées, avril 2010 (Patrick Harlé). *Adult Golden Eagle*.

• FRENAY E. (1985). *Agriculture et subsistance en Roussillon au XVIII<sup>e</sup> siècle*. Archives départementales des Pyrénées-Orientales. • GOAR J.-L. (2003). *L'Aigle royal dans l'Aude*. 36 p. • GOAR J.-L. & MASSÉ P. (2006). Reproduction à moins de trois ans d'une femelle d'Aigle royal *Aquila chrysaetos*. *Alauda* 74(4): 455-457. • GRIVE & GOR (1997). *Étude de l'impact des activités humaines sur le comportement du couple d'Aigle de Bonelli de Tautavel/Vingrau lors de sa période de reproduction 1997*. • LEKUONA J.M. (2001). *Uso del espacio por la avifauna y control de la mortalidad en los parques eólicos de Navarra durante un año anual*. Departamento de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda. • MARTÍ R. (1995). *Bird/Wind Turbine Investigations in Southern Spain*. Proceedings of National Avian-Wind Power Planning Meeting, Lakewood, Colorado, 20-21 July 1994: 48-52. • ORLOFF S. & FLANNERY A. (1992). *Wind Turbine Effects on Avian Activity, Habitat Use, and Mortality in Altamont Pass and Solano County Wind Resource Areas*. Prepared by BioSystems Analysis, Inc., Tiburon, California, for the California Energy Commission, Sacramento. • TOMÉ R., DO ROSÁRIO I.T., LEITÃO A., CARDOSO P., TOMÉ J.A. & PALMA L. (2010). *Response of Bonelli's Eagle *Aquila fasciata* to wind farm presence: first*

*results from field observations and GPS/PTT data*. Colloque International sur l'Aigle de Bonelli, Montpellier, 28 et 29 janvier 2010: 123-129. • WATSON J. (2010). *The Golden Eagle*. Second edition. T. & A.D. Poyser, London.

## SUMMARY

**A pair of Golden Eagles disturbed by a wind-farm.** *This paper presents the results of a study (1998-2007) trying to evaluate the impact of wind turbines on the behaviour, including breeding success and spatial use, of a pair of Golden Eagles in the Corbières, a semi-mountainous region of Mediterranean France. The development of the wind-farm reduced the hunting territory of the pair of Golden Eagles and had a very negative impact on its breeding success (4 young reared from 1998 to 2000, but none following the implantation of the first wind-turbines in 2001), finally leading the eagles to move in 2004 to another nest site located 15 km away from the wind-turbines, where its breeding success still remained quite low (only 2 young reared from 2004 to 2014).*

Contact : Christian Riols, LPO-Aude  
(christian.riols-loyrette@orange.fr)