



Activité de l'Aigle royal, *Aquila chrysaetos*,
en période de reproduction et son interprétation

Pyrénées, France.

Texte et Photographies de Jacques BOUILLERCE-MIRASSOU

2017

Résumé

Le suivi des Aigles royaux est un sujet d'étude qui implique un investissement important de la part des observateurs. Il nous a semblé judicieux de mieux comprendre certains processus qui concernent la biologie de la reproduction influant sur l'activité des oiseaux observés. Au travers de l'analyse de compte-rendus de suivis, mais aussi par la lecture de diverses études menées par des chercheurs, nous proposerons quelques interprétations comportementales pouvant améliorer la qualité de nos observations.

Resumen

El seguimiento de las águilas reales es un tema de estudio que supone una inversión importante por parte de los observadores. Nos ha parecido coherente entender mejor algunos procesos acerca de la reproducción biológica que tienen influencia sobre la actividad de las aves observadas. A través del análisis de los informes de seguimiento y, a través de la lectura de varios estudios realizados por parte de investigadores, vamos a proponer algunas interpretaciones de comportamiento que podrán mejorar la calidad de nuestras observaciones.

Summary

Golden eagle fieldwork and their study requires a big time investment on behalf of the observers. We thought it interesting to get a better understanding of some aspects of their breeding biology that may influence the behaviour of the observed individual. By analysing field observations, alongside a review of the scientific literature on the subject, we will suggest some behavioural interpretations which may help the quality of field observations rendering them more relevant.

INTRODUCTION

Les Aigles royaux, *Aquila chysaetos*, sont aujourd'hui l'objet de suivis satellitaires qui facilitent grandement la compréhension de leur rythme de vie. Néanmoins, leur positionnement exact et les mouvements précis qu'ils effectuent au cours de la journée demeurent mal connus. Les activités associées le sont aussi.

Il nous est apparu important de mettre en évidence quelques comportements qui se sont avérés prévisibles et qui permettraient, en les interprétant au mieux, de simplifier le suivi par les observateurs sur le terrain et le recueil de données fort intéressantes pour la connaissance de l'espèce.

En tout état de cause les déplacements des aigles seront liés principalement à la recherche de nourriture, à l'occupation du territoire et à sa défense, aux parades nuptiales. Ils seront favorisés par l'établissement de courants ascendants et se feront à partir (ou vers) des perchoirs facilitant les activités mentionnés précédemment (chasse, défense de territoire ou reproduction).

Si les déplacements principaux (95% environ d'après les résultats de la pose de balises, C. ITTY, 2015) sont effectués à l'intérieur du domaine vital et correspondront, probablement, aux besoins préalablement cités, il en demeure quelques uns, en particulier extra territoriaux, qui demeurent, actuellement, sans explications.

Le point de départ de cette étude est lié à la recherche des Aigles bottés, *Hieraaetus pennatus*, dans le piémont pyrénéen car, après quelques journées d'observations, nous avons constaté l'envol des oiseaux, depuis le bois où ils nichaient, à des heures quasiment fixes. Que ce soit le matin ou l'après midi, les couples suivis manifestaient leur présence en respectant des heures d'envol que nous étions capables de retrouver sur nos sites habituels, pour peu que les conditions météorologiques soient comparables. Un jour que nous propositions à un de nos partenaires de sortie, une prospection sur un site plus éloigné, nous lui avons suggéré de nous y présenter à une heure peu avancée de la matinée, malgré ses doutes nous observâmes les oiseaux quasiment à l'heure prévue, quittant leur zone de nidification. Beaucoup d'observateurs ont du faire la même observation et malgré cela la chronologie des activités des rapaces ne semble pas très avancée.

Les Élanions blancs, *Elanus caeruleus*, en dehors de la période de nidification, quittent leur secteur de chasse tous les soirs à la tombée de la nuit pour rejoindre des dortoirs où ils peuvent se retrouver par dizaines. Les Milans royaux, *Milvus milvus*, sur leurs sites d'hivernage font de même avant de se regrouper pour la nuit. Nous en profitons souvent pour localiser ces dortoirs et effectuer des comptages comme cela peut-être fait annuellement pour les oiseaux d'eau.

Quelles observations de ce type peuvent nous permettre d'anticiper les déplacements des Aigles royaux afin de les chercher, là où ils se trouvent, de les observer quand ils se déplacent et d'interpréter leurs mouvements pour une meilleure connaissance de leur population?

OBSERVATIONS

L'hiver et la période prénuptiale

Il nous est arrivé fréquemment de rechercher, dans les Pyrénées, les aigles royaux en période hivernale et de ne les observer actifs qu'au cours de l'après-midi, même au cours d'une journée ensoleillée; il nous est donc apparu utile d'aller à leur rencontre sur des secteurs où ils pourraient se réchauffer en allant chercher les faibles rayons du soleil matinal. Cette démarche nous était habituelle alors que nous nous intéressions au Gypaète Barbu, *Gypaetus barbatus*, qui aime attendre l'installation des premières brises en profitant des premiers rayons sur des pelouses bien exposées aux premières heures de la matinée. A la différence de ces derniers ce sera plutôt sur des arêtes rocheuses, et en particulier des pitons, que nous retrouverons les Aigles royaux. Mâle et femelle, seront souvent à proximité mais sur des éperons différents et feront une longue toilette qui pourra se prolonger jusqu'en début d'après-midi si la température est négative. Dès lors que l'un d'entre eux prend son envol, avec l'installation des premières ascendances, il sera rapidement suivi par le second, et pour peu que la femelle décide de quitter le site, le mâle prendra son sillage non sans fréquemment effectuer des festons.

Si elle décide de se reposer sur un perchoir bien exposé, le mâle viendra l'y rejoindre sans pour autant que l'accouplement soit de rigueur.

RICAU (2009) , dans le Massif central, décrit "un comportement particulier, fréquent chez certaines femelles, dans les deux ou trois semaines qui précèdent le déclenchement de la ponte. Celles-ci séjournent longuement aux abords du site de reproduction, immobiles sur un perchoir, le plumage ébouriffé, dans une attitude d'indolence peu habituelle chez cet oiseau." Il ne précise malheureusement pas si ces comportements correspondent à une plage horaire précise. D. BUHOT (comm. pers.) nous rapporte avoir lui même " observé les longues stations un peu prostrées de la femelle avant la ponte que décrit RICAU. Dès janvier, l'utilisation régulière, par la femelle, d'un nombre limité de perchoirs bien situés a visiblement pour but de réunir les conditions de l'accouplement".

La couvaison ou incubation

L'incubation, indispensable à un bon développement de l'embryon contenu dans l'œuf, a pour but de maintenir une température voisine de 39°C pendant 43 à 45 jours. Elle débute dès la ponte du premier œuf , malgré un intervalle de 3 à 4 jours entre les œufs de taille 76,7 x 59,4mm (HARRISON, 1977).

Il est classiquement décrit que la femelle assure l'essentiel de cette activité, ne cédant la place au mâle que pour se dégourdir. Peu d'informations existent sur la périodicité de ces relèves si

ce n'est par RICAU (2009) qui écrit que " le relais des deux partenaires se produit en moyenne deux fois par jour" (confirmant les observations de COLLOPY (1984) de $2,1 \pm 0,1$).

Tout contribue donc à penser que lorsque l'on verra les deux oiseaux en vol, ensemble, dans le courant du mois d'avril, il s'agira d'un couple qui ne se sera pas reproduit ou dont le processus d'incubation aura échoué.

Pourtant nos observations vont à l'encontre de cette théorie et nous avons eu l'occasion de voir, chez plusieurs couples en cours de reproduction, le nid délaissé par les parents pendant de plus ou moins longs moments (le 07/04 absence de 60mn) alors que par la suite la reproduction a été menée à son terme. La température de l'œuf n'a donc pas baissé suffisamment pour avoir des conséquences fatales (David H. ELLIS, Joel R. VARNEY, 1973). Ces longues absences correspondent alors, à une plage horaire bien précise sur chaque site, dans des conditions identiques.

B. RICAU (2009) rapporte l'abandon provoqué par des promeneurs qui se sont installés pour pique-niquer à proximité d'un nid dans les Cévennes. Pendant deux heures l'œuf est resté seul sans protection, et pourtant l'Aiglon s'est envolé quelques mois plus tard. Si cet envol du couveur n'était pas prévu, il n'aura, néanmoins pas eu de conséquences fatales, les conditions météorologiques étant favorables.

L'élevage du poussin

Le poussin ne sera en mesure d'assurer sa régulation thermique que vers l'âge de 40 jours. Là encore, c'est la femelle qui est mise à contribution la plupart du temps pour nourrir ou réchauffer le poussin alors que le mâle assure le ravitaillement et ne la remplace que pendant de brefs instants (RUDEEN, POWERS, 1978). La fréquence et les horaires de passage semblent totalement aléatoires même s'il est fréquent en début de journée d'observer le mâle sur un arbre ou un perchoir à proximité du nid, attendant probablement l'installation de légers thermiques.

Il a été constaté que, pendant la nuit, seules les femelles couvaient (COLLOPY, 1984) RICAU (2009) décrit le fait que les poussins "sont protégés par la présence constante de la femelle dans leur premier stade de duvet néoptile de couleur crème, puis de second duvet blanc pur".

Cette protection s'étend bien sûr aux rayons solaires lorsque le nid est exposé.

Les observations de NEBEL, DUQUESNE et JUIN sont celles-ci: "L'activité de couvaion et réchauffement du poussin dans ses premiers jours est essentiellement concentrée entre le 16 avril (début du suivi) et le 14 mai. La femelle assure 85% de cette activité.

Les séquences de couvaion et réchauffement du jeune varient entre 20 minutes et 5 heures, avec une moyenne de 64 minutes (n=57). Du 22 mai au 7 juin, nous avons observé quatre autres périodes de réchauffement des jeunes de 30 minutes en moyenne, puis plus rien jusqu'à l'envol."

Néanmoins nous avons observé sur des nids différents, dans le massif pyrénéen, le fait que pendant la première semaine suivant l'éclosion, les poussins pouvaient être laissés seuls au nid (05/05/2014, absence de 15mn sur un site, de 30mn sur un autre); le 07/05/2015 avec une température de 24°C, l'aiglon reste seul au nid 130mn sur 4 heures d'observation, les séquences de couvaion varient entre 10 et 48mn, avec une durée moyenne de 25mn.

Par la suite, mais cela est plus admis nous observerons des absences beaucoup plus longues (18/05 absence de 180 mn).



DISCUSSION

Les perchoirs hivernaux

GEROUDET (2006) situe l'Aigle royal, pendant l'hiver, passant la nuit sur une corniche abritée, RICAU (2009) les positionne "sur des perchoirs, en vue du secteur des nids, permettant aux aigles de contrôler, au cours de ces longues périodes d'inaction, la tranquillité du cœur de leur domaine"

Les conclusions de BERGO (1987), sur ses suivis norvégiens, situent les aigles sur des perchoirs en automne et hiver pendant 92,0% du temps d'observation pour les mâles et 81.3% pour les femelles; un couple passait 11,8% posé avec son partenaire, un autre 26,7%.

En Californie, HOOVER (2002) constate que les Aigles royaux passent un plus de temps perchés qu'en vol, en automne et en hiver, jusqu'à deux fois plus en été, au contraire du printemps où ils sont trois fois plus observés en vol. Il ne note aucune différence dans le "perching" selon l'heure du jour au cours des quatre saisons, par contre les journées, sans vent, sont celles où il observe la plus grand nombre d'oiseaux posés.

Pour JL.GOAR (comm. pers.): "Les habitudes survivent aux oiseaux eux-mêmes, les remplaçants occupent, par exemple, les mêmes perchoirs. Hors reproduction, les aigles peuvent obéir à des régularités réelles : perchoirs, vols (les deux sont liés), le perchoir à une fonction territoriale.... Un autre facteur à ne pas sous-estimer, les zones de chasse; d'où l'importance des perchoirs pour l'observation, la chasse à l'affût" (com. perso.).

Ce pourra être aussi, sur ces perchoirs qu'auront lieu les accouplements, peu de temps avant la ponte.

Les parades nuptiales

Selon nos observations, ce comportement observé pendant la période précédant la ponte peut donner une excellente indication de l'emplacement du nid. En effet, si HARMATA (1982) défend l'hypothèse d'une activité principalement destinée à la manifestation de la défense du territoire qui peut se produire en particulier sur ses frontières, RICAU (2009) écrit, concernant la période de la seconde moitié de février, que "les couples territoriaux semblent pris d'une frénésie de figures à haute altitude", souvent simultanément, "les oiseaux étant en général, positionnés au dessus de leur sites de reproduction..", il conclut: " Cette période d'intenses manifestations territoriales est mise à profit par les ornithologues intéressés par l'espèce pour localiser les couples et connaître leur composition".

Pour WATSON (2010) ces vols ondulatoires, à proximité de la zone de nidification, effectués par les deux membres du couple simultanément, pourraient bien correspondre à des parades nuptiales.

Absences de longue durée et exposition du site de nidification

Dans tous les cas observés, les comportements d'absence de longue durée de la femelle sont directement liés à l'exposition du site et à l'ensoleillement.

Les durées d'absences, de l'oiseau couveur, les plus longues ont été notées lors de journées hivernales particulièrement chaudes en raison d'un fort vent de sud (température au soleil 24°C à 1200m).

Ces circonstances peuvent être réunies le matin ou le soir, dans le cas de nids se trouvant sous des surplombs qui les protègent non seulement des intempéries mais aussi des périodes les plus chaudes de la journée

Les sites, selon qu'ils sont exposés à l'est ou à l'ouest, vont recevoir le soleil pendant une durée de temps relativement faible en début de reproduction et les femelles dès les premiers rayons sur le nid vont se lever et profiter de cet apport de chaleur extérieur pour aller faire un vol de quelques minutes ou dizaines de minutes.

Ce phénomène a été observé à de nombreuses reprises, aussi souvent que le beau temps était de la partie, et dans le cas où la femelle prolongeait son vol au delà de la période d'ensoleillement du nid, elle le rejoignait dans la minute qui suivait l'arrivée de l'ombre sur le fond de l'aire.

Plus on s'élève, plus l'air se raréfie et moins il retient les radiations solaires. L'importance du rayonnement en montagne accentue donc en altitude les effets de l'exposition, surtout aux latitudes moyennes

Pendant cette période d'absence, les parents peuvent voler ensemble, parfois à haute altitude, mais, jamais sans que l'un d'eux ne soit plus en vue directe sur la falaise où se situe l'aire. Il leur est arrivé de se poser sur le sommet dominant le vallon. La femelle peut aussi orber toute seule à la verticale du nid et y revenir dans un piqué vertigineux qui ne s'interrompt que par une arrivée quasi directe au nid.

Dans le cas où un intrus se perdrait à proximité du nid, les réactions sont, parfois, rapides et violentes. A deux reprises nous avons vu un Vautour fauve, *Gyps fulvus*, avoir le malheur de

survoler, pourtant de loin et de haut, le nid, et recevoir immédiatement une sévère admonestation par un ou les deux parents qui l'ont entraîné dans une fuite salutaire, mais sans gloire, loin du secteur défendu.

Il est à noter que nous avons observé la même attitude chez l'Aigle botté qui, si la femelle a dû passer une très chaude journée à couvrir, est capable de quitter le nid en fin d'après-midi pour prendre beaucoup de hauteur, quitte à effectuer un piqué extrêmement rapide pour chasser un visiteur indésirable à l'aplomb de son aire.



Les relèves

D. BUHOT (comm. pers.), nous apporte son témoignage: "je suis tout à fait d'accord pour tordre le cou du mythe des absences de courte durée des adultes en période d'incubation. Et de celui de l'indice fourni par deux adultes ensemble en période d'incubation. Au point que mes observations personnelles n'ont, ponctuellement, absolument rien à voir avec ce qui est couramment admis... Je vous ai raconté une absence véritablement hors normes sur des poussins, mais j'ai pu voir des absences de plus de 2h30, sans dommage, sur des œufs"; il complète, par ailleurs, en ces termes: " par contre, un séjour des adultes ensemble sur l'aire, même plutôt petite, n'a, à ma connaissance, rien de si exceptionnel que ça, surtout s'agissant de couples expérimentés. Plusieurs minutes, parfois, et parfois même l'oiseau qui couve est un peu forcé à se lever par l'oiseau venu prendre la relève".

Alors que nous n'avions pas prêté attention à cette étape particulière, il nous est apparu au cours de la saison de reproduction 2017 que l'on pouvait différencier deux types de comportement chez un couple d'Aigles royaux que nous suivions. Nous avons, par conséquent, focalisé notre attention sur cette particularité pour d'autres couples situés dans la chaîne des Pyrénées et constaté la permanence de ce phénomène.

Lorsque la femelle se trouve en position de couveuse et qu'elle décide de libérer le nid, elle prend son envol et nous nous sommes aperçus que le mâle ne rejoignait le nid qu'après un laps de temps plus ou moins long, variant de quelques dizaines de secondes à plus de 10mn. Pendant ce temps, le couple peut voler ensemble, le mâle se livrer à quelques acrobaties puis décider de rentrer au nid dans lequel il se positionne rapidement.

A contrario, le mâle couveur ne quitte sa place que lorsque la femelle a elle-même rejoint le nid et s'est avancée à l'intérieur, cela peut prendre parfois quelques minutes. Il se lève alors et d'un seul élan se jette hors du nid. La femelle prend alors sa place en ayant souvent soin d'organiser longuement la coupe avant de disparaître au fond du nid.

Nous avons observé que ce comportement perdurait même après l'éclosion et ce n'est qu'à la lecture du guide de D. WALKER (2017) que nous avons pris connaissance de la description de cette différence d'attitude observée, aussi, chez les Aigles royaux écossais. La nécessité de deux observateurs capables d'identifier les oiseaux et dont l'un d'entre eux ne quitta pas de yeux le nid, fût une condition incontournable à la validation de cette observation.

Les fausses relèves

Nous avons aussi observé de simples va et vient de la femelle qui laisse le nid quelques minutes avant de revenir se replacer en position de couveur. Elle se sera contentée de voler à proximité du nid, sans se poser, prenant un peu de hauteur peut-être dans l'espoir d'apercevoir son partenaire ou de se signaler à lui.

Néanmoins, dans ces cas, le retour s'effectue rapidement pouvant induire en erreur un observateur sur la nature du mouvement qui s'est effectué sous ses yeux.

Il est important de différencier ces comportements de ceux décrits par ailleurs, en particulier lorsque la femelle qui avait quitté le nid avec l'arrivée du soleil, revient reprendre la place qu'elle avait laissée plusieurs dizaines de minutes plus tôt.

LA NOTION DE COMPORTEMENT PREVISIBLE CHEZ L'AIGLE ROYAL

Dérangement

Afin de pouvoir observer ces divers comportements, il est primordial de ne créer aucun dérangement (M. RUDDOCK & D.P. WHITFIELD, 2007). Pour eux, après enquête auprès d'autres ornithologues, les perturbations surviennent avec une limite supérieure de 750 à 1000m.

Nos observations ont été effectuées dans la plupart des cas à des distances de cet ordre à l'exception d'un couple dont le nid surplombe une route forestière et qui par conséquent fait preuve d'une tolérance au dérangement supérieure à bien d'autres. De même, notre positionnement est à une altitude inférieure à celle du nid, l'objectif n'étant pas d'en connaître le contenu, mais seulement l'activité dont il est le centre.

Conditions environnementales

le rayonnement solaire

Comme cela apparaît clairement, les comportements d'"abandon" du nid, ne sont remarquables que lorsque les conditions météorologiques sont quasi identiques, c'est à dire par beau temps ensoleillé.

Il ne s'agit manifestement pas d'une forme de rythme biologique, seulement ordonné par une horloge interne, puisque nous ne retrouvons pas cet "abandon" du nid pendant des périodes non ensoleillées.

Néanmoins des facteurs externes tels que la lumière ou la température semblent pouvoir jouer le rôle de "synchroniseurs" et orienter l'activité journalière. La période (intervalle de temps entre deux phénomènes identiques) est totalement tributaire de ces facteurs. L'amplitude du phénomène (sa durée) semble liée à la température extérieure et à la durée d'ensoleillement de l'aire. Le début et la fin de cette phase sont liés à l'heure d'arrivée et de départ des rayons solaires, cette heure varie quotidiennement et d'un site à l'autre.

La chronobiologie définit un synchroniseur comme un facteur environnemental, périodique, susceptible de modifier la période ou la phase d'un cycle biologique.

Si les oiseaux migrateurs sont susceptibles de sécréter une hormone entraînant la constitution de réserves leur permettant leur migration, c'est en réponse à la diminution de la photopériode (durée du jour par rapport à celle de la nuit) qui intervient en fin d'été. De la même façon le taux des hormones sexuelles varie avec la photopériode (BLANCO et al. 2006) chez les oiseaux même si pour les rapaces ce phénomène n'a été exploité que pour favoriser la reproduction des oiseaux en captivité (BIRD, WEIL, LAGUE, 1980; REHDER, LAGUE & BIRD, 1984).

En quelque sorte la femelle (température corporelle voisine de 41°C) estime que le rayonnement solaire compensera son absence et jouera le même rôle qu'aurait pu assurer le mâle s'il avait effectué un retour au nid suivi d'une relève ayant pour but de maintenir la température de l'œuf ou de l'aiglon (environ 39°C) au dessus du minimum vital.

Elle assurera, néanmoins, à distance, son rôle protecteur.

les échanges thermiques

La femelle couve l'œuf (ou les œufs), l'aiglon, dans une zone particulière du nid, la coupe de ponte, dont la composition est à base de rameaux feuillus, d'aiguilles de conifères, etc. (FERNANDEZ & LEOZ, 1986). Ce secteur bien tassé, et constamment maintenu à une température voisine du corps de la femelle, sera aussi une zone d'échange de chaleur dans la partie inférieure de l'œuf

A ce niveau les échanges de chaleur se feront par conduction, puisque de solide à solide, sur une faible partie de la surface totale de l'œuf.

La convection naturelle (mouvements des fluides à l'intérieur de l'œuf au contact d'une paroi plus froide) provoque, en l'absence du couveur, une élévation de température de l'air situé à proximité de l'œuf.

Le rayonnement qui est une transmission d'énergie à distance (transformation d'énergie thermique d'un émetteur en énergie électromagnétique, propagation, transformation partielle en énergie thermique sur un corps récepteur) va se traduire par un échange d'énergie à distance entre le soleil et l'œuf. A ce sujet, WESTMORELAND et al. (2007) écartent toute théorie de variation d'absorption des rayonnements en fonction de la coloration des œufs.

Le bilan des échanges est fonction du poids de l'œuf, de sa surface et du temps d'exposition. L'œuf sera aussi sensible à la température de l'air qu'aux échanges par rayonnement et le bilan thermique de l'absence de la couveuse devra garantir l'absence de conséquences sur le développement de l'embryon.

NEWTON (1979) note l'importance d'un fréquent retournement des œufs ayant pour but de répartir au mieux la chaleur et souligne aussi que le contrôle de celle-ci oblige les oiseaux à adapter leur comportement à la température ambiante

les variations de température

Des manipulations thermiques, pendant l'embryogénèse des poulets de chair (COLLIN A. et al. 2005), ont montré les conséquences d'élévations ou de baisses de température, plus ou moins longues, sur le développement des poussins.

La thermo-tolérance des embryons a été étudiée chez le Goéland d'Audubon, *Larus occidentalis*, (BENNETT et al., 1981) avec une température moyenne des œufs entre 33,4 et 34,2°C. Exposés à des températures variant entre 6 et 50°C, les embryons ont maintenu leur rythme cardiaque entre 11 et 46°C (il augmente néanmoins avec l'élévation de température et diminue avec la baisse). Les œufs soumis aux rayons solaires s'échauffaient doucement (environ 5°C/heure).

L'exposition des œufs n'avait pas de conséquences sur la survie dans la mesure où les parents ne s'absentaient pas plusieurs heures.

Sur le Vanneau Couronné, *Vanellus coronatus*, en Afrique du Sud, BROWN et DOWNS (2002) étudient les températures de l'œuf et de l'abdomen pendant le jour et les comparent à celles de la nuit. Ils concluent que les différences observées entre et au sein des espèces ne seraient pas le résultat de différences phylogénétiques mais le résultat d'adaptation sur le court terme en réponse à des changements de température ambiante.

FEAST et al. (1998) montrent que la tolérance au froid est limitée et que la mortalité augmente avec la durée d'exposition au froid (corrélation avec la périodicité et l'amplitude de l'exposition, l'âge de l'embryon). Pour les embryons de poulet qui ont survécu à la baisse de température, le froid n'a pas d'effets secondaires sur la croissance embryonnaire, une fois les conditions optimales retrouvées. L'énergie nécessaire à la survie, et à la croissance, est issue de l'oxydation des lipides issus du jaune, dans le cas où la température ambiante diminue, les auteurs suggèrent qu'a lieu un arrêt complet de l'utilisation de l'énergie métabolisée en vue de développement embryonnaire, de telle façon que l'intégralité de l'énergie fournie soit utilisée pour la survie de l'embryon. Ils citent DRENT pour lequel, pendant la première semaine d'incubation, les œufs de Goéland argenté, *Larus argentatus*, peuvent être laissés sans surveillance pendant plus de 3,5 heures, alors que les parents recherchent de la nourriture.

LONDONO (2007) montre l'importance à la fois de la disponibilité de nourriture et de la température ambiante dans la réussite de l'incubation. Pour OLSON (2006) c'est la température ambiante qui primerait et expliquerait les variations de périodes d'incubation.

Nos observations de terrain semblent être en contradiction avec le rôle habituellement attribué à la femelle qui serait de protéger le poussin des rayons du soleil. C'est effectivement son rôle quand il s'agit d'éviter une trop grande élévation de température, mais dans les conditions décrites, le soleil permettrait d'éviter une baisse de température de l'œuf pendant son absence.

Tout au long de la période préalable à la ponte, la femelle a séjourné pendant la nuit, sur un piton choisi pour son isolement, et aussi son exposition plus ou moins grande aux aléas climatiques. Pas trop en altitude pour éviter la baisse de température extérieure (en moyenne 0,6°C tous les 100 m), pas trop bas, pour recevoir rapidement les bienfaits des rayons du soleil et profiter de l'établissement des thermiques. Son envol matinal, correspondant alors à un savant équilibre dont les valeurs nous échappent, aura-t-il laissé dans sa mémoire l'association de l'arrivée du soleil et de l'envol?

le temps de présence au nid

COLLOPY (1984), dans l'Idaho USA, observait sur 10 sites d'Aigles royaux(avec réussite à l'éclosion), que la femelle couvait pendant $82,6 \pm 1,6\%$ de la journée, le mâle $13,8 \pm 1,8\%$ et les œufs restaient exposés seulement $3,7 \pm 0,4\%$. Pour le seul couple qui échoua au cours de la troisième semaine d'incubation, le mâle ne releva que très peu la femelle, ne lui apportant pas de nourriture, en conséquence elle laissa les œufs longtemps sans protection pour aller se nourrir.

Au cours de l'élevage des jeunes la présence des mâles au nid ne représentait plus que $0,6 \pm 0,2\%$ du temps d'observation, leur activité principale étant de rapporter la nourriture distribuée par la femelle. Celle-ci va protéger le poussin jusqu'à 42 jours au maximum pendant la journée et de nuit en moyenne 29 jours (écart de 17-42).

Toujours concernant l'Aigle royal, MENATORY (1976) écrit " Il arrive que les œufs restent sans surveillance, mais c'est pour peu de temps. L'oiseau qui couve peut avoir tout à coup envie de se dégourdir les ailes, avant que son conjoint ne soit venu le relayer."

NEBEL, DUQUESNE et JUIN (1996) notent: "Les adultes ne sont pratiquement jamais ensemble sur le nid, ils se succèdent et se trouvent réunis au nid qu'à de très rares occasions qui ne durent que quelques secondes en général. En fin de période de couvaison du 16 avril au 3 mai, les œufs sont restés seuls au nid 8 fois durant 1 à 15 minutes maximum, moyenne 11 minutes. Après l'éclosion des deux œufs, qui a eu lieu le 3 mai, et jusqu'à l'envol du juvénile, les poussins sont restés 46% du temps seuls au nid."

Etudiant, pendant l'incubation, la capacité d'adaptation des Canards carolin, *Aix sponsa*, à maintenir un environnement thermique optimal pour les embryons en développement, Mc CLINTOCK et al. (2014) démontrent la sensibilité, des femelles, aux variations de températures de la couvée et de l'environnement. Elle constate qu'elles modifient leur temps de présence au nid tout en garantissant le développement des œufs comme dans un environnement thermique optimal.

Si la température ambiante baisse, les femelles diminuent leurs durée d'absence pour se nourrir et passent plus de temps à incuber, alors que si la température augmente, elles passent moins de temps à couvrir.

Pour WEBB, les espèces diffèrent dans la température optimale et la fourchette des écarts de températures ayant des conséquences nocives, établir un zéro physiologique applicable à toutes les espèces n'est pas envisageable mais il établit que l'hyperthermie est plus dangereuse que l'hypothermie pour le développement de l'embryon. La capacité de résistance au froid serait un caractère génétique.

Chen-Xi JIA, Yue-Hua SUN, et Jon E. SWENSON, en 2010, décrivent le comportement insolite de couvaison et la tolérance embryonnaire de l'hypothermie de l'Ithagine ensanglantée, *Ithaginis cruentus*, un oiseau monoparental des forêts en haute altitude (3000 m)." Les

femelles quittaient leur nid à l'approche de l'aube (à 06:52, en moyenne) et y retournaient à la mi-journée, à 13:25. Au total, elles sont demeurées sur le nid (i.e. soins du nid) pendant $72,0 \pm 1,4$ % de la journée. La prédation des œufs n'était pas associée aux mouvements des femelles hors du nid. La température des œufs a chuté rapidement une fois que les femelles eurent quitté le nid et les œufs ont souvent passé 3,5 h sous les 10°C lors des pauses quotidiennes."

les propriétés thermiques du nid

HEENAN (2013) et HILTON et al. (2014) se sont attachés à l'étude de la structure et de la nature des éléments composants les nids de plusieurs espèces. Selon eux, l'isolation et la protection au vent vont générer une dépense énergétique plus ou moins importante de la part de la couveuse et influencer sur les succès reproducteur. De même l'humidité des matériaux entrainera un refroidissement plus rapide, d'où l'importance de la situation du nid, afin d'éviter la pluie, et de sa construction pour accélérer le processus de séchage et d'évaporation.

Pour une grande partie des territoires pyrénéens l'altitude sera supérieure à 1200m (à l'exception des secteurs de l'Aude, à l'est, ou du Pays Basque à l'ouest) et la pluie ou la neige viendront de l'ouest ou du nord ouest (sauf dans les Pyrénées orientales ou l'Aude).

Les nids peuvent se résumer à quelques branches sur une plateforme rocheuse mais sont plus souvent d'un diamètre avoisinant 2 mètres et d'une profondeur de 1m50 (BROWN, 1976)

Pour Watson (2010), l'accumulation de neige peut entrainer l'abandon de la couvée et un excès de pluie la mort des poussins, un ensoleillement trop important pouvant avoir les mêmes conséquences. A haute altitude un nid au nord sera néanmoins exposé à recevoir et à conserver une quantité importante de neige.

MOSHER et WHITE (1976) observent que les nids des Aigles royaux peuvent être orientés dans n'importe quelle direction, mais que l'exposition des nids variait géographiquement.

Dans les latitudes nord, les nids étaient plus fréquemment exposés au sud, alors que dans les latitudes sud, les nids étaient plus souvent orientés au nord.

En Navarre (FERNANDEZ & LEOZ, 1986), pour une altitude moyenne de nid à 845m, 70% des aires évitent les secteurs nord ouest, (vents dominants humides) nord et nord-est.

Nous constatons que beaucoup de couples exploitent des corniches (ou des cavités) situées sous des surplombs les abritant à la fois des perturbations et du soleil, quelle que soit l'orientation.

la température extérieure

RITCHIE et CURATOLO (1982), après avoir étudié l'exposition (70% est, sud-est, sud) des aires d'Aigles, reprennent l'hypothèse de température-dépendance (émise par MOSHER et WHITE, 1976), après étude des nids en Alaska), dans la sélection des sites en falaise.

WATSON et DENNIS (1992) suggèrent que pour les sites de haute altitude, où l'air est plus froid, le choix des sites pourraient être en relation avec la recherche d'un meilleur ensoleillement

DELONG (2004) remarque que la période critique de la thermorégulation des aiglons (3 à 6 semaines) intervient au moment où les températures sont relativement "neutres" sur chaque site.

Dans le Parc National des Pyrénées, P. CAENS (com. perso.) observe sur un nid, exposé à l'est, le même phénomène qu'au cours de nos propres observations, à plusieurs reprises.

Le 15 Avril 20.. :..."A 10h44 l'oiseau quitte l'aire et revient au bout de 30s. A 11h36 l'oiseau s'envole à nouveau, il reviendra au bout de 30mn. De nouveau il s'envole et revient 20mn après. A 13h10mn relève couvaion. La température du jour est très élevée pour la saison".
Le 5 Mai avec un jeune à l'aire:"A 10h45 l'oiseau quitte l'aire et revient au bout de 15min. A 11h22 il quitte l'aire et revient au bout de 2 min. A 11h30 et 11h50, il quitte l'aire et reviendra au bout de 15min. De 13h40 à 13h45, les deux adultes ce sont posés ensemble sur les crêtes. De 12h08 à notre départ l'aire est restée vide".
Dans ce cas, aussi, la reproduction se conclura par l'envol d'un jeune.



En relisant des notes, remises par D. NEBEL, sur des observations datant de 1999 dans les Pyrénées, à partir d'un affût très proche du nid, nous constatons que la femelle va se décider à laisser le jeune, seul au nid, pendant la nuit, en profitant d'une élévation de la température ambiante minimale atteignant 18°C. Cela se passe le 26/05 avec un envol le 02/07 sans que nous puissions dater l'âge exact de l'aiglon. Néanmoins quelques jours plus tard (08, 09 et 10/06), avec une baisse passagère des températures elle reviendra passer quelques nuits avec lui avant de le laisser définitivement seul.

La femelle est parfois emmenée à abandonner son nid en raison du manque nourriture apporté par son partenaire au nid ou à proximité pendant la couvaion. Néanmoins K. STEENHOFF et al. après avoir prouvé que la météo et l'abondance de proies, pendant l'hiver précédant le cycle reproduction, influaient sur le taux de ponte, avancent qu'à la fois, le froid et la chaleur, en période de reproduction, affectent le succès reproducteur des Aigles royaux, dans l'Idaho, indépendamment de leurs influences sur l'abondance de proie principale.

ELLIS et VARNEY, en 1972, ont fabriqué et utilisé un œuf destiné à enregistrer la température d'incubation et les périodes de présence de l'Aigle royal au nid. Au centre de l'œuf, les températures variaient entre 11 et 38°C, à la périphérie entre 11 et 40°C; la plus longue durée

d'absence du couveur (enregistrée au 18ème jour d'incubation) a été de 9 heures. Ils observent que les variations de températures au niveau du cœur de l'œuf et de la coquille sont différentes; la température "coquille" chute plus rapidement et remonte plus rapidement lorsque l'adulte cesse puis reprend l'incubation.

INTERPRETATION

L'étude des rapaces nécessite beaucoup d'heures d'observations, cette denrée rare qu'est le temps dans notre société, devrait pouvoir être gérée au mieux afin de produire le plus possible de résultats exploitables.

Savoir où trouver l'objet de ses recherches, et surtout, quand, est primordial.

La prévisibilité comportementale revêt donc un grand intérêt.

Les prospections hivernales menées à grand renfort de personnels ne sont plus à l'ordre du jour de nombreux organismes en raison du coût horaire de ce genre de manipulations. Les suivis spécifiques sont réorganisés à partir de protocoles, souvent généralistes, qui ne tiennent pas compte, malheureusement, de la spécificité des territoires.

Les résultats qui en découlent sont susceptibles de comporter de nombreuses erreurs accentuées par le manque de qualité des observations.

La présence du couple, au sein d'un territoire, préalablement défini, pourrait être contrôlée par simple observation des crêtes des principaux massifs, en particulier en l'absence de vent, ou de reposoirs parfaitement identifiés, au cours d'une tournée de surveillance matinale et hivernale.

La période de construction du nid et les manifestations amoureuses (vols en festons) du couple sont autant d'occasions de localiser le futur site de nidification.

Les conclusions d'échec de reproduction, couramment acceptées, liées à la présence de deux adultes en vol en période de couvaison ou d'élevage, devraient être très modulées et, au contraire, inciter à un suivi particulier des oiseaux en vol qui, en fonction de l'heure, pourraient indiquer l'orientation de l'aire, ou par leur agressivité ou leur retour, désigner son emplacement et son occupation. Cette démarche, mise en pratique dès la saison de reproduction 2017, a produit des résultats positifs.

D'autres particularités comportementales sont aussi exploitables dont celle-ci dont D. BUHOT (comm. perso.) nous fait aussi remarquer la persistance: "les apports de proie du mâle ne se font jamais au nid avec des œufs. Voir une proie en bordure du nid, d'en bas, est un signe d'éclosion très fiable. Les apports se font souvent à grande distance du site, si bien que l'on peut croire que la femelle part chasser pour son compte. Je crois la chose assez rare en fait. Elle était donnée comme systématique il n'y a pas longtemps..."

CONCLUSION

Menée sur un échantillon relativement restreint de 12 couples rupestres, de 2013 à 2017, et bien que consolidée par d'autres sources pyrénéennes (Parc National des Pyrénées, Réserve Domaniale du Mont Vallier), cette étude demande à être développée ce que nous ferons dans un proche avenir.

Néanmoins, la reproduction des observations sur des sites différents tant en localisation (Pyrénées Atlantiques, Hautes Pyrénées, Aude ou Ariège) qu'en exposition (est à ouest) et altitude (1200 à 1500 m), nous incite à poursuivre dans cette voie avec l'objectif de mieux cerner les conditions de ces comportements et d'envisager les applications qui pourront en découler.

L'essentiel, pour pouvoir effectuer des rapprochements, étant de veiller à respecter des distances d'observations importantes qui ne seront pas perturbantes pour les couples étudiés. L'attitude contraire, non seulement pourrait remettre en question la reproduction, mais aussi modifier le comportement attendu.

Par ailleurs, l'exploitation des données satellitaires fournira certainement dans l'avenir des informations que la seule observation ne permet pas encore d'obtenir.

REMERCIEMENTS

Outre mon épouse, fidèle et éclairée partenaire de mes sorties ornithologiques, je remercie les membres du Groupe Ornithologique des Pyrénées et de l'Adour, du Réseau Aigle Pyrénées, qui m'ont tous fait profiter de leur expérience, ceux du Groupe d'Etude des Rapaces du Sud du Massif Central qui ont partagé leurs observations, en particulier B.RICAU. J'exprime aussi toute ma gratitude à P. CAENS et D. NEBEL pour la mise à dispositions de leurs notes ainsi qu'à J.L GOAR, D. BUHOT et A. RAVAYROL pour la relecture de ce travail et leurs encouragements.



Bibliographie

- BENNET A, DAWSON W., PUTNAM R., 1981 -*Thermal environment and tolerance of embryonic Western Gulls*. *Physiol. Zool.* University of Chicago 54(1) : 146-154
- BERGO G., 1987.- *Territorial behaviour of Golden Eagles in Western Norway*. *British birds*, 80: 361-376.
- BIRD David M., P.G. WEIL & P.C. LAGUË, 1980.- *Photoperiodic induction of multiple breeding seasons in captive American kestrel*. *Revue canadienne de zoologie*, 1980, 58(6): 1022-1026, 10.1139/z80-143
- BLANCO Juan, BIRD David M. & SAMOUR Jamie H. 2006.-*The reproductive anatomy and function of raptors* Raptor Research
- BROWN L., 1976.- *Birds of Prey, their biology and ecology*. Hamlyn
- BROWN M. & DOWNS C.T.,2002 - *Daily and seasonal differences in body and egg temperature in free-ranging crowned lapwings(Vanellus coronatus)*. *African Zoology* Vol. 39, No. 1, April 2004
- COLLIN Anne, SHINDER David, MERCERAND Frédéric, TESSERAUD Sophie, PICARD Michel, YAHAV Shlomo, 2005.- *LES MANIPULATIONS THERMIQUES PENDANT L'EMBRYOGENESE AFFECTENT LA TEMPERATURE CORPORELLE ET LA CROISSANCE DU POUSSIN* Sixièmes Journées de la Recherche Avicole, St Malo, 30 et 31 Mars 2005
- COLLOPY MICHAEL W., 1984.- *PARENTAL CARE AND FEEDING ECOLOGY OF GOLDEN EAGLE NESTLINGS*. *School of Natural Resource University of Michigan, The Auk* 101: 753-760
- CONWAY Courtney J. and MARTIN Thomas E. , 2000(a). *Effects of ambient temperature on avian incubation behavior*. *Behavioral Ecology* 11:178–188.
- CONWAY Courtney J. and MARTIN Thomas E. , 2000(b).- *Evolution of passerine incubation behavior: Influence of food, temperature, and nest predation*. *Evolution* 54:670–685
- DEEMING D.C. & FERGUSON, M.W.J. 1991. *Physiological effects of incubation temperature on embryonic development in reptiles and birds*. In Deeming, D.C. & Ferguson M.W.J. (eds) *Egg Incubation. Its Effects on Embryonic Development in Birds and Reptiles*: 147–172. Cambridge University Press, Cambridge.
- DeLONG, J. P. 2004. *Effects of management practices on grassland birds: Golden Eagle*. Northern Prairie Wildlife Research Center, Jamestown, ND. 22 pages.
- ELLIS David H. & VARNEY Joel R., 1973.- *A Fully Automated Egg For Telemetering Adult Attentiveness And Incubation Temperatures*. *Raptor Research*, 7(3):73-77.

- FEAST M., NOBLE R.C., SPEAKE B.K. and FERGUSON M.W.J. 1998.- *The effect of temporary reductions in incubation temperature on growth characteristics and lipid utilisation in the chick embryo.* J. Anat. 193, pp. 383±390
- FERNANDEZ C. & LEOZ J., 1986.- Caracterización de los nidos de Aguila Real (*Aquila Chrysaetos*) en Navarra. Munibe 38, 53-60
- GEROUDET P. , 2006. - Les Rapaces d'Europe. Delachaux er Niestlé SA, Lausanne (Suisse)
- HALLER, H. 1996. *The golden eagle in the Grisons. Long-term studies on the population ecology of Aquila chrysaetos in the center of the Alps.* Der Ornithologische Beobachter. Beiheft 9: 167pp
- HARMATA (A.R.) 1982.-*WHAT IS THE FUNCTION OF UNDULATING FLIGHT DISPLAY IN GOLDEN EAGLES.* Raptor Research 16(4): 103-109
- HARRISON (C.) 1977.- *Nids, oeufs et poussins d'Europe.* Elsevier Séquoia, Bruxelles.
- HEENAN, C. B. (2013). *An overview of the factors influencing the morphology and thermal properties of avian nests.* Avian Biology Research 6:104–118.
- HENNINGER, C.; BANDERET, G.; BLANC, T.; CANTIN, R., 1986: *Situation de l'aigle royal dans une partie des Préalpes Suisse.* Nos Oiseaux, 387: 315-322
- HILTON, G. M., HANSELL M. H., RUXTON G. D., REID J. M. & MONAGHAN P. (2004). *Using artificial nests to test importance of nesting material and nest shelter for incubation energetics.* The Auk 121:777–787
- HOOVER S. , 2002.- *The Response of Red-Tailed Hawks and Golden Eagles to Topographical Features, Weather, and Abundance of a Dominant Prey Species at the Altamont Pass Wind Resource Area, California,* National Renewable Energy Laboratory.
- JIA Chen-Xi, Yue-Hua SUN, et Jon E. SWENSON, 2010. *Unusual incubation behavior and embryonic tolerance of hypothermia by the blood pheasant, Ithaginis cruentus.* The Auk: 127, No. 4, pp. 926-931
- ITTY C. , 2015 - *La technologie GPS un atout pour le suivi de l'Aigle royal dans le massif central.* Rapaces de France l'Oiseau magazine H.S.n°17
- LONDOÑO G.A., 2007.- *EFFECTS OF TEMPERATURE AND FOOD ON AVIAN INCUBATION BEHAVIOR.* UNIVERSITY OF FLORIDA
- MENATORY G. , 1976.- *L'Aigle royal.* Ed. Payot Lausanne (Suisse).
- Mc CLINTOCK Maureen E., HEPP Gary R., and KENNAMER Robert A., 2014.- *Plasticity of incubation behaviors helps Wood Ducks (*Aix sponsa*) maintain an optimal thermal environment for developing embryos.* The Auk 131(4):672-680.

- MOSHER, J. A. and C. M. WHITE. 1976. *Directional Exposure of Golden Eagle Nests*. Canadian Field-Naturalist 90:356–359
- NEBEL D. , DUQUESNE A. et JUIN G. 1996.- *Observations comportementales de l'Aigle royal Aquila chrysaetos dans la Réserve domaniale du Mont Vallier (Ariège, France) 1987-1995*. 3ème Journée d'étude sur la marmotte alpine, Ramousse R. & Le Berre M. eds., 1996, Réseau International sur les Marmottes, Lyon..
- NEWTON I. , 1979. - Population Ecology of raptors. T & A D Poyser, Berkhamsted (England)
- OLSON , Christopher Robin, 2006.-*Behaviorally-induced periodic cooling of avian embryos*. Retrospective Theses and Dissertations.
- REHDER, N.B., P. C. LAGUË and D.M. BIRD. 1984.-. *Simultaneous quantification of progesterone, estrone, estradiol 17 β and corti-costerone in female American Kestrel plasma* Steroids 43:371–38
- RICAU (B.) & DECORDE (V.) (Groupe Rapaces) 2009.-*L'Aigle royal, biologie, histoire et conservation, situation dans le Massif Central*. Biotope (Collection Parthénope). Mèze.
- RITCHIE R.J. and CURATOLO J.A., 1982.- *Notes on golden eagle productivity and nest site characteristics, Porcupine River, Alaska, 1979-1982*. Journal of Raptor Research 16(4):123-127.
- RUDDOCK M. & WHITFIELD D.P., 2007.-*A Review of Disturbance Distances in Selected Bird Species*. A report from Natural Research (Projects) Ltd to Scottish Natural Heritage
- RUDEEN Steven & POWERS Leon R., 1978.- *Body Temperature of a Nestling Golden Eagle*. Condor, 80(4):447-449.
- STEENHOF, K., KOCHERT M. N. & MCDONALD T. L. 1997.- *Interactive effects of prey and weather on Golden Eagle reproduction*. Journal of Animal Ecology 66:350–362.
- WALKER, D. , 2017.- *A fieldworker's guide to the Golden Eagle*. Whittles Publishing
- WATSON (J.) 2010.- *The Golden Eagle*. T&A.D. Poyser. Londres.
- WATSON (J.) & DENNIS R.H., 1992.- *Nest-site selection by Golden eagles*. Brit.birds 85: 469-481
- WEBB, D. R. (1987). *Thermal tolerance of avian embryos: A review*. The Condor 89:874–898.
- WESTMORELAND David , SCHMITZ Matthew and BURNS Kevin E., 2007.- *Egg color as an adaptation for thermoregulation*. Field Ornithol. 78(2):176–183.

