



Réflexion sur les études concernant le régime alimentaire des Aigles royaux, *Aquila chrysaetos*.

Jacques Bouillerc-Mirassou

Photographies Laurent Nedelec et Jacques Bouillerc-Mirassou

2018

Résumé: Les études qui ont porté sur le régime alimentaire des Aigles royaux sont nombreuses et se sont appuyées, au fil du temps, sur des méthodologies diverses. Cependant, pour la plupart, elles ont été menées exclusivement pendant la période de nidification. Les technologies évoluant, de nouvelles sources d'information sont apparues qui faisaient défaut jusqu'alors. Nous avons essayé de mettre à jour les hypothèses qu'elles proposent et qui, parfois, remettent en question quelques certitudes.

Introduction

De nombreuses études ont porté sur le régime alimentaire des Aigles royaux, *Aquila chrysaetos*, et ont mis en évidence des comportements généralistes ou spécialistes dans la sélection de leurs proies. Ces études ont analysé, pour la plupart, la période de reproduction puisque les données ont été acquises à partir d'observations, de recueil de restes ou de pelotes, le tout ayant été obtenu à proximité du nid ou dans le nid. De ce fait, il reste quelques zones d'ombre qui jettent le doute sur la qualité des résultats avancés concernant les besoins alimentaires de l'espèce, lesquels apparaissent de plus, actuellement, en contradiction avec ceux obtenus lors d'observations récentes moins ciblées.

Nous proposerons, donc, un résumé des diverses méthodes d'estimation du régime alimentaire et des conclusions qui ont pu en découler, tout en mettant en évidence le danger d'extrapolations de données recueillies sur un laps de temps aussi court, dans un environnement très limité ainsi que les risques d'erreurs dans les résultats avancés en particulier sur la proportion d'utilisation de cadavres.

Pour illustrer les biais que font surgir quelques études récentes, nous rapporterons les travaux menés sur l'existence de ceux-ci dans les diverses méthodes d'étude des régimes alimentaires des grands rapaces.

Nous soulignerons aussi, l'importance majeure de la connaissance du régime alimentaire des Aigles royaux à toutes les étapes de leur cycle de vie dans le domaine de la conservation de l'espèce.

Même si le choix des articles relève de notre propre fait, afin de ne pas dénaturer les témoignages ou les études, nous laisserons souvent la parole aux divers auteurs, au travers d'une simple traduction de leurs écrits, en respectant la chronologie de parution afin de mieux saisir les évolutions et les tendances (dans les citations qui suivent, c'est nous qui passons occasionnellement tout ou partie du texte en gras).

Méthodes et résultats

Parlant de l'Aigle royal, dénommé autrement à leur époque, nous citerons:

BUFFON (1770) : "il emporte aisément les oies, les grues; il enlève aussi les lièvres et même les petits agneaux, les chevreaux; et lorsqu'il attaque les faons et les veaux, c'est pour se rassasier, sur le lieu, de leur sang et de leur chair, et en emporter ensuite les lambeaux dans son aire."

MIEGEMARQUE (1902) : "En l'année 1867, j'avais à peine 10 ans, dans le pic de l'Arlène, mon père, grand chasseur et bon naturaliste, dénicha un aiglon pourvu de toutes ses plumes:

l'aire était pleine de carcasses de lièvres, de quelques débris d'agneaux, de restes de tétras, lagopèdes, perdrix, poules, etc. ; il y avait aussi des pattes d'oies, de gros os de mammifères et le crâne encore garni de ses cornes d'un isard de trois ans...".

Nous avons des témoignages anciens de chasse d'Aigle royal rapportés par WILLARD (1916) : *" Mr John Hand raconte la mort d'un Cerf de Virginie de quatre ans au cours de fortes chutes de neige en janvier de cette année. Cela est survenu près du sommet des Chiricahua Mountains. Le cerf a été attaqué par un ou plusieurs aigles alors qu'il se débattait dans la neige profonde, et son dos était redoutablement lacéré par les serres. Après sa mort, le cadavre a été trainé vers l'aval sur une centaine de mètres jusqu'à ce qu'il se bloque contre un gros rocher. Trois aigles étaient en train de le consommer lorsqu'il a été découvert par des prospecteurs. Un ou deux jours plus tard, Mr Hand s'approcha suffisamment près pour tirer une décharge de plombs sur un aigle qu'il ne réussit pas à abattre. A cette étape, la carcasse commençait à se décomposer. Des pièges ont été placés qui ont permis de capturer un individu adulte. Il était porteur de plombs de chasse, montrant que c'était celui que Mr Hand avait tiré. Les deux autres aigles ont été assez prudents pour ne pas se faire piéger et trop farouches pour être approchés à distance de tir."*

I Observations de terrain

GOODWIN (1977) : *"L' Antilope d'Amérique, Antilocapra americana, et l'Aigle royal, Aquila chrysaetos, coexistent dans plusieurs zones de l'Ouest, mais les observations directes de prédation d'Aigles royaux sur des antilopes sont rares. Burns (1970, Canadian Field Naturalist 84:301) décrivait en détail la mort d'un faon femelle dont le poids estimé était de 31,7kg. Lehti (1947, J. Wildl. Mgmt. 11: 348) relate la découverte d'une carcasse d'antilope paraissant avoir été tuée par un aigle royal. Bien que des prédatons par des Aigles royaux aient été rapportées concernant le gibier ou le bétail, la plupart des études montrent une prédominance pour les lagomorphes dans son régime alimentaire"*.

RATCLIFFE & ROWE (1979) observent un Aigle royal, *Aquila chrysaetos*, adulte agressant un jeune Cerf élaphe, *Cervus elaphus*, dans la forêt de Gienbranter, près de Strachur, sur Argyll.

R.M. WINDINGSTAD, STILES and DREWEN (1981) : *"L' Aigle royal, Aquila chrysaetos, est le plus grand rapace d'Amérique du Nord et est bien connu pour ces capacités de prédation. Des attaques sur des mammifères ont été décrites comme sur le Lièvre de Townsend, Lepus townsendi, (McGahan 1967, J. Wildl. Mgmt. 31: 496), l'Antilope d'Amérique, Antilocapra americana (Bruhns 1970, Can. Field-Natur. 84: 301), le Canard colvert, Anas platyrhynchos (Kelleher and O'Malia 1971, Auk 88: 186), et le Grand Héron, Ardea herodias (Carnie 1954, Condor 56: 3). Cette communication décrit une attaque sur une Grue blanche immature, Grus americana, par un Aigle royal et les observations recueillies lors de l'autopsie"*.

COLLOPY (1983) : *" L'objet de cet article est de décrire la technique de chasse et les succès de capture des Aigles royaux, Aquila chrysaetos. Le secteur d'étude connu sous le nom de Snake river birds of prey area, est situé le long du Snake river canyon, dans le plateau froid et désertique au sud de Boise, Idaho. Chacun des 4 couples d'Aigles royaux nicheurs a été observé environ une fois tous les 6 jours pendant l'incubation, de l'élevage de la couvée à la période succédant à l'envol sur 4 sites en 1978 et 1979"*.

WALKER (1987) : *"Trois Aigles royaux, Aquila chrysaetos, ont été observés pendant la période qui a succédé à l'envol au cours des années 1983, 84 et 85 dans le Cumbria, Angleterre. Après avoir quitté la vallée, ils n'ont été observé que consommant des cadavres. Bien qu'ils aient survolé des landes à Grouse, nous n'avons aucune preuve de prédation dans ce secteur"*.

EWINS (1987) : *"En Ecosse, les attaques des Aigles royaux sur les Cerfs et leurs petits ont été étudiées (Gordon 1955; Northeast 1978; Rebecca 1986) et un faon, apparemment en bonne santé et pesant 20,5 kg, a été vu mis à mort (Cooper 1969). Ratcliffe et Rowe (1979) ont vu un Aigle royal tuant un tout jeune Cerf élaphe"*.

BROWN (1992) : *"Les Aigles royaux, Aquila chrysaetos, se nourrissent de truites de l'espèce Onchorynchus mykiss qui frayent à Nankoweap Creek le long du Rio Colorado dans le Grand Canyon, Arizona"*.

DEBLINGER, ALLDREDGE (1996) : *"Nous avons étudié l'Antilope d'Amérique, Antilocapra americana, dans le Grand bassin du Wyoming de 1980 à 1985 et avons enregistré 7 attaques d'Aigles royaux, Aquila chrysaetos, sur les Antilopes. La plupart des cas d'attaques signalées d'aigles sur les antilopes concernaient des faons nouveaux nés, au printemps ou en été (Beale and Smith 1973, Barrett 1978, Beale 1978, Bodie 1978, Von Gunten 1978, Autenrieth 1980), mais peu d'attaques ont été observées en hiver (Lehti 1947, Thompson 1949, Bruns 1970, Goodwin 1978). Six attaques en hiver ont concerné un mâle adulte, un mâle de l'année, une femelle adulte et 3 faons ont été tués. En été nous n'avons observé qu'une attaque sur un faon. En hiver les aigles ont tué dans 50% des attaques, tuant un adulte et une femelle (âgée de 8 ou 9 mois). L'attaque d'un faon au cours de l'été échoua probablement à cause de notre présence. En hiver, les aigles ont attaqué l'antilope depuis l'arrière du groupe en fuite, se posant sur les épaules, l'isolant puis libérant les serres avant la chute de l'antilope. L'attaque durait au maximum 20s. Lorsque les antilopes se sentaient menacées par les aigles elles galopaient associées en troupes, un comportement différent de celui adopté face à d'autres dangers. Nous suggérons que cette attitude comportementale unique de Antilocapra americana pourrait indiquer une interaction historique proie-prédateur"*.

ZETTERGREEN (2006) : *"La jeune femelle chèvres de montagne, Oreamnos americanus, pesait environ 27kg, l'aigle mangea uniquement le cœur, avant de revenir le lendemain se nourrir sur la carcasse"*.

SORENSEN, TOTSAS, SOLSTAD, RIGG (2008) : *"Cet article décrit les circonstances de l'évènement et rapporte d'autres observations d'attaques, par des aigles, de jeunes ours en Europe et en Amérique du Nord"*.



II Analyse des restes de proies

Nous classerons hors-catégorie cette première technique de prélèvement qui avec le recul sort un peu des normes actuelles:

WOODGERD (1952) : *"En Mars 1948, 286 Aigles royaux, Aquila chrysaetos, ont été tués dans le Comté de Carter dans le Montana. Le Montana Fish and Game Department payait 5 dollars pour chacun. La prime sur les aigles royaux avait été créée à la demande des chasseurs et des éleveurs et une action était menée lorsque les agents du F.G.Dpt observaient les aigles attaquant des antilopes. La prime avait deux buts: diminuer le nombre d'aigles dans la région et obtenir des échantillons de contenu stomacal. Il fut récupéré 51 contenus qui furent envoyés à l'Université du Montana pour analyse "*

A/ méthodes (simples et combinées) de recueil

CARNIE (1954) **analyse basée sur l'étude des restes de proies** : *"Nous avons résumé les observations de restes de nourriture trouvés dans les nids de 17 couples d'Aigles royaux dans les chaînes côtières de Californie de 1947 à 1952. Dans le secteur étudié, l'Aigle royal est une espèce de rapaces, commune. Les nids ont été visités épisodiquement au début, puis dans un second temps avec des écarts entre 5 et 15 jours. Les restes étaient enlevés des nids pour éviter de possibles doublons. Pendant la période de reproduction, les aigles de la région étudiée apportaient aux jeunes une grande variété de types de nourriture, majoritairement des Spermophiles et des Lièvres. Des Cerfs à queue noire, en majorité des faons, étaient fortement prélevés par certains couples. Les mammifères représentaient 77,3% de la nourriture. Parmi les oiseaux qui constituaient 13,5% du régime, la Pie à bec jaune était la proie principale. Quelques serpents et poissons complétaient la liste des restes trouvés dans les nids".*

HATLER (1974) : Restes de proies dans un nid d'Aigle royal dans le centre de l'Alaska.
L'analyse est essentiellement basée sur l'analyse des pelotes de réjection

DELIBES, CALDERON, HIRALDO (1975) : *"nous analysons le régime alimentaire de l'Aigle royal en Espagne, à partir des **restes de 109 types de proies et 560 restes de proies trouvés dans des pelotes de réjection**. Les échantillons ont été recueillis sur 9 nids répartis sur 4 zones géographiques"*.

OLENDORFF (1976) : *"Une collecte de 7094 **restes de proies** d'Aigles royaux d'Amérique du nord, *Aquila chrysaetos*, montre un régime composé à 83,9% de mammifères, 14,7% d'oiseaux, 1% de reptiles et 0,4% de poissons. Il n'a pas été rapporté de prédation sur des amphibiens ou des invertébrés"*.

KNIGHT and ERICKSON (1978) : *"Cet article propose des informations concernant l'importance des marmottes à ventre jaune, *Marmota flaviventris*, en tant que ressource alimentaire estivale des Aigles royaux le long de la Columbia river dans la partie centrale du nord de l'état de Washington"*. **Restes de proies** d'Aigles royaux.

TJERNBERG (1981) : *"Pendant une durée de 5 ans, de 1975 à 1979, un total de 2881 proies appartenant à 65 espèces ont **été collectées dans 162 nids d'Aigles royaux** du nord de la Suède et de l'île de Gotland. Dans le nord de la Suède, les oiseaux sont capturés en plus grand nombre que les mammifères, mais calculées en poids, les deux catégories correspondent à des valeurs identiques. Les proies principales pendant la saison de reproduction, sont le Grand Tétrás, le Tétrás lyre, les Lagopèdes, les Lièvres variables et les faons de rennes qui représentent, ensemble, 91% de la biomasse totale dans le régime"*.

BLOOM et HAWKS (1982) : *"Entre 1976 et 1981, 1156 **restes de proies** représentant 37 espèces ont été recueillis dans des nids d'Aigles royaux, *Aquila chrysaetos*, dans l'ouest du Great basin. Les quatre espèces de proies les plus présentes étaient le Lièvre de Californie, le Lapin de Nutall, la marmotte à ventre jaune et la perdrix choukar"*.

MARR, KNIGHT (1983) : *"Nous avons étudié, pendant l'automne et l'hiver, les habitudes alimentaires d'Aigles royaux, *Aquila chrysaetos*, adultes et immatures, ainsi que la composition et la biomasse **des proies trouvées dans les nids** de l'Est de l'état de Washington de 1974 à 1981. Les restes d'oiseaux et de mammifères se trouvaient avec presque la même fréquence dans les nids, mais les mammifères dominaient en terme de biomasse. les Marmottes à ventre jaune, *Marmota flaviventris*, représentaient la nourriture la plus importantes pour les aiglons, à la fois en fréquence et en biomasse"*.

EAKLE, GRUBB (1986) : *"38 **restes de proies provenant de nids** d'Aigles royaux dans le centre des Etats-Unis"*.

FERNANDEZ, C (1991) : *"Les échantillons de proies ont été obtenus par récolte des **restes trouvés dans les aires** après l'envol des jeunes. Ils ne sont donc représentatifs que de l'ultime phase de la période de reproduction "*.

J. WATSON, LEITCH, RAE (1993) : *" Le régime des Aigles royaux, *Aquila chrysaetos*, en Ecosse, est décrit, à partir de **1793 éléments identifiés dans des pelotes**.*

POUT (1998) : "*Une analyse des restes de proies dans les pelotes de 4 couples d'Aigles royaux dans l'île de Harris révèle que les restes de proies vivantes étaient plus fréquents dans les pelotes de la période de pré-élevage que plus tard dans la saison, et dans les pelotes recueillies à partir d'un site de nidification actif davantage que dans d'autres sites dans le même territoire pendant la période d'élevage. Il est avancé que ces différences proviennent des préférences alimentaires des Aigles royaux adultes. Les raisons possibles de telles préférences et leurs implications font l'objet de la discussion*".

SULKAVA, HUHTALA, RAJALA et TORNBERG (1999) : "*Des restes de proies et des pelotes ont été recueillis entre 1957 et 1997 sur des sites de nidification d'Aigles royaux dans la zone, finlandaise, d'élevage des rennes et dans le sud de celle-ci.*

COLLINS & LATTA (2009) : "*Entre 2000 et 2007, nous avons étudié les habitudes alimentaires des Aigles royaux nicheurs dans les Iles de Santa Cruz et Santa Roza en analysant les restes de proies récupérés à partir de 11 à 7 nids sur Santa Cruz et 4 sur Santa Roza. Nous avons récolté 464 proies représentant 28 à 30 espèces*".

WHITFIELD, REID, HAWORTH, MADDERS, MARQUISS, TINGAY & FIELDING (2009) : "*En étudiant trois secteurs insulaires de l'ouest de l'Ecosse, nous examinerons la spécificité du régime alimentaire et le succès reproducteur de l'Aigle royal, Aquila chrysaetos. Les restes de proies ont été collectés sur les nids et aux alentours immédiats, une fois par an après la fin du processus de reproduction, habituellement en août après l'envol des aiglons*".

STAHLECKER, MIKESIC, WHITE, SHAFFER, DELONG, M.R. BLAKEMORE and C. E. BLAKEMORE. (2009) : "*De 1998 à 2008 nous sommes montés dans 182 nids actifs d'Aigles royaux dans 90 territoires dans le nord-est de l'Arizona, le sud-est de l'Utah, le nord-ouest du Nouveau Mexique en visitant chaque territoire une à cinq fois pour un total de 191 contrôles de nids*".

GEORGIEV (2009) : "*Les échantillons de pelotes et de restes de proie (os, poils, plumes, etc..) ont été recueillis après la saison de reproduction sur un nid d'Aigles royaux dans les Monts Sarnena Sredna Gora, au nord-est de Stara Zagora*".

WHITFIELD, MARQUISS, REID, GRANT, TINGAY, EVANS (2013) : "*Collecte de restes de proies dans les nids et des pelotes de réjection, pendant la période de reproduction, pour analyse*".

SCHWEIGER, FUNFSTUCK, BEIERKUHNLEIN (2014) : "*Les régimes alimentaires d'aigles reproducteurs ont été déterminés pour trois populations bavaroises en analysant les restes de proies et les pelotes dans 77 nids et leurs alentours, dont 10 nids dans le Allgäuer Hochalpen, 28 nids dans le Werdenfels et 39 nids dans le Berchtesgaden. Les nids actifs étaient échantillonnés après l'envol des jeunes (principalement entre août et octobre 1998-2008) ou lorsque la reproduction avait échoué*".

WATSON & DAVIES (2015) : "*Cet article présente une étude qui compare les régimes d'Aigles royaux nicheurs dans le Columbia Basin. L'Aigle royal a été identifié comme candidat à la liste d'état à Washington du fait des inquiétudes pour le statut de la population de cette espèce. Nous avons recueilli des restes de proies dans et sous des nids d'Aigles royaux dans les Columbia Basin. Les proies ont été collectées une fois pour chaque nid entre 2007 et 2013, de juillet à août, après l'envol des jeunes*".

B/ méthodes mixtes

COLLOPY (1983) : "*Deux techniques ont été utilisées pour définir les régimes alimentaires de quatre couples reproducteurs d'Aigles royaux, Aquila chrysaetos, dans le sud-ouest de l'Idaho en 1978 et 1979 ; des **observations directes d'apport de proies au nid** ont été comparées aux estimations d'habitudes alimentaires issues des **analyses de recueil systématique de pelotes et de restes de proies**. Il n'y avait pas d'écart ($P > 0.05$) entre les deux méthodes dans la composition estimée d'espèces, que ce soit en fréquence en pourcentage ou en biomasse. Les comparaisons des taux de captures journaliers déduits de l'utilisation des deux techniques montraient que le recueil de pelotes et de restes de proie sous estimait fortement les apports de proie observés. Les estimations du temps de recherche de proie donnaient des apports variant entre 1,6 et 5,5 jours, mais étaient réguliers pour chaque nid. Les observations périodiques d'apport de proie au nid peuvent être utilisés pour corriger la biomasse des proies inconnue lors des recueils ; cette méthode permettrait aux chercheurs d'utiliser les collectes de pelotes et de restes pour estimer la biomasse des proies apportées au nid "*

STEENHOF & KOCHERT (1988) : "*De 1971 à 1981, nous avons étudié les densités de proies, de rapaces et les régimes alimentaires de ces derniers dans la Snake River Birds of Prey Area (E.U.). Les régimes des rapaces ont été échantillonnés à partir de restes de proies et de pelotes dans les nids de couples reproducteurs. Les nids d'Aigles royaux ont été collectés en 1971 et de 1974 à 81"*

SEGUIN & THIBAUT (1996) : "*Rares sont les travaux qui décrivent le régime alimentaire au long de la reproduction (Collopy, 1984), la plupart ont fait appel aux restes trouvés dans les nids qui permettent de reconstituer en partie la liste des proies consommées pendant une saison d'élevage (Delibes et al., 1975; Clouet & Goar, 1981; Tjernberg, 1981; Cheylan, 1983; Fernandez & Purroy, 1990 ; Hogstrom & Wiss, 1992) . Pour la première fois dans une île de Méditerranée, nous décrivons pendant l'ensemble de la période d' élevage des aiglons, **la taille et l'appartenance spécifique des proies apportées chronologiquement dans un nid, durant quatre années consécutives**"*

CAMPBELL et HARTLEY (2004) : "*Le suivi régulier des brebis et des agneaux nous a permis de déterminer les causes de mortalité ou du moins d'exclure certaines causes pour un certain nombre des agneaux retrouvés. D'autres carcasses ont été examinées pour identifier les dégâts et une analyse a été menée pour évaluer la probabilité d'une prédation par les aigles. Pour de nombreux cadavres, la prédation a pu être écartée avec certitude. Des photographies et des vidéos détaillées ont été montrées au vétérinaire local pour confirmer les causes de décès dans ces cas [...]. De nombreuses pelotes ont été collectées là où les aigles se posaient ou lorsque l'on avait un indice de présence d'aigles. Cela comprenait les environs de l'aire active la plus proche de la zone d'étude, des environs des carcasses d'agneaux, et aussi à proximité des perchoirs locaux.[...]. En plus des pelotes, des restes de proies ont été aussi collectés autour de l'aire contenant un aiglon à 7km au sud de la zone d'étude, à la fois sur le nid lui même et dans un rayon d'environ 50m. Tout reste frais, non consommé, trouvé dans l'aire était enregistré mais n'était pas recueilli. Des restes anciens, manifestement liés à une reproduction antérieure n'étaient pas collectés. Il est probable que des restes des plus grands apports de proie avaient de plus grandes chances de se conserver et d'être retrouvés dans cette sorte de récolte. Les petits items ont pu être totalement avalés, ou des éléments éliminés*

ont pu facilement être perdus dans la végétation ou dans les rochers, et par conséquent être numériquement sous représentés dans cette collecte".

GOAR & CLOUET (2014) : *" Le régime alimentaire a été établi à partir d'un échantillon de proies recueilli en période de reproduction par observation directe d'apports à l'aire, l'identification des restes après l'envol des aiglons et l'analyse des pelotes de réjection".*

HARRISON, KOCHERT, HEATH, (2015) : *"Les premiers résultats montrent que les caméras enregistraient environ 57% de proies de plus que celles recensées par analyse des restes de proies ou de pelotes collectées au nid tous les 4 jours. Les deux méthodes fournissaient des informations comparables pour les plus grandes proies (Lièvre de Californie, Lepus californicus, et canard colvert, Anas platyrhynchos. Cependant, les traditionnelles analyses de restes de proies et de pelotes sous-évaluaient les proies plus petites telles que le pigeon biset, Columbia livia, (44% sous-évaluée); le spermophile du Grand Basin, Urocitellus mollis(62%); et le serpent taureau, Pituophis catenifer (75%)".*

JOHNSON, SIMES, LONGSHORE, et ESQUE, (2015) : *"Nous avons obtenu des informations sur le régime alimentaire en utilisant des caméras mobiles et en recueillant des restes de proies sur 20 nids actifs".*

SHAFAEIPOUR (2015) : *" J'ai étudié le régime alimentaire de l'Aigle royal, Aquila chrysaetos, dans l'ouest de l'Iran, en identifiant les aliments dans les restes de proies, les pelotes, et les enregistrements vidéo de sept nids pendant les reproductions de 2011 à 2013".*

C/ Techniques récentes

NYSTROM, EKENSTEDT, ANGERBJORN, THULIN, HELLSTROM & DALEN (2006) : *"Nous avons étudié le régime et les rapports entre les variations de densité des proies et le succès reproducteur des populations d'Aigles royaux, Aquila chrysaetos, dans la région montagneuse de toundra du nord de la Suède. Nous avons utilisé une nouvelle méthode reposant sur l'amplification en chaîne par polymérase pour analyser l'ADN dans les **fragments de proies rapportées par l'Aigle royal**. Elle permet d'identifier avec précision les espèces de Lagopèdes dont sont issus les fragments d'os et donc, d'établir les proportions d'espèces de Lagopèdes entrant dans le régime de l'Aigle royal. Nous pouvons conclure que les Lagopèdes, Lagopus spp. , sont la catégorie de proies la plus importante pour les populations d'Aigles royaux, (63% des proies identifiées) et que les Lagopèdes des saules, L. lagopus, reviennent plus fréquemment dans le régime (38%) que le Lagopède Alpin (25%). Les autres proies importantes sont le renne, le lièvre variable et les petits rongeurs".*

ALLEY, MINAGAWA, JACOBSEN, JOHNSEN (2009) : *"Les Aigles royaux, Aquila chrysaetos, sont considérés par les éleveurs de rennes, Rangifer tarandus, comme de sérieux prédateurs en Scandinavie, et particulièrement des veaux en saison de mise bas, ce qui correspond à la période de reproduction des Aigles royaux[...]. Des plumes de poussins d'Aigles royaux issus de nids situés dans les zones de pâturage des rennes domestiques de Finnmark, ont été recueillies au cours des saisons reproductrices 2004 - 2006, tout comme des échantillons de proies en 2004. Les tissus ont été analysés pour trouver la composition en isotopes stables de carbone et azote. Les résultats ont été ensuite étudiés pour déterminer la proportion en poids des différentes espèces de proies dans le régime des aiglons au cours de la période".*

D/ Données provenant d'autres études

1/ Etude sur la disponibilité alimentaire et la reproduction

TJERNBERG (1983) : "*La reproduction de l'Aigle royal, Aquila chrysaetos, a été étudiée dans deux secteurs de sa zone de distribution dans le nord de la Suède de 1975 à 1980. Le succès reproducteur a été mis en rapport avec l'abondance (basée sur des statistiques d'apport de proies) de gibier de petite taille et le cycle des microtidés*".

J. WATSON & LANGSLOW (1989) : "*Des évaluations d'abondance alimentaire ont été réalisées à partir de séries de transects en ligne qui ont été superposés sur chaque zone d'étude à l'aide de la Grille nationale 10x10km [...]. Pour chaque transect, des comptages ont été effectués concernant les espèces susceptibles d'être des "proies vivantes" [...] De plus, nous avons enregistré toutes les carcasses de mouton ou de cerfs, puisqu'elles sont susceptibles de fournir de la nourriture sous forme de charogne*".

FERNANDEZ, (1993) : "*Actuellement une nouvelle épizootie, Viral Haemorrhagic Pneumonia (VHP) venue de Chine (Cao et al. 1986) touche les populations de lapins sur le pourtour Méditerranéen (Ceballos, 1991). Les succès reproducteurs de 15 couples reproducteurs d'Aigles royaux, dans la vallée de l'Ebre, ont été étudiés de 1982 à 1992. Les échantillons de nourriture ont été obtenus à partir de pelotes récoltées au nid après l'envol du jeune*".

MOSS, HIPKISS, OSKAESSON, HAGER, ERIKSSON, NILSSON L.E., HALLING, NILSSON P., & HORNFELDT (2012) : "*Le succès reproducteur de l'Aigle royal, Aquila chrysaetos, a été étudié sur 10 à 55 territoires de 1980 à 2009, et mis en relation avec les indices de ses proies principales, la "grouse" (Tetraonidés), et le lièvre variable, Lepus timidus, et des populations cycliques de Campagnol, Myodes et Microtus, dans la forêt boréale du nord de la Suède*".

2/Etudes alimentaires comportementales pluri-spécifiques

CAUT, ROEMER, DONLAN et COURCHAMP (2006) : "*Nous décrivons, ici une méthodologie pour évaluer les interactions interspécifiques en combinant les isotopes stables et la bioénergétique. Nous illustrons cette approche avec la modélisation des dynamiques des populations et les interactions interspécifiques d'une série de vertébrés sur l'île de Santa Cruz, Californie (USA): deux carnivores endémiques (le Renard et la Mouffette tachetée) un herbivore allochtone (le Sanglier) et leur prédateur commun, l'Aigle royal*".

HALLEY, GJERSHAUG (2008) : "*Le comportement des Aigles royaux et des Pygargues à queue blanche se nourrissant sur des cadavres déposés dans la province côtière de Sør-Trøndelag, Norvège, a été étudié pendant deux hivers, soit 640 h d'observations, et pendant l'été intermédiaire, 430h*".

MORALES-REYES, SANCHEZ-ZAPATA, SEBASTIAN-GONZALEZ, BOTELLA, CARRETE, MOLEON (2017) : "*La composition en charognards facultatifs est très proche pour les deux régions, comprenant des oiseaux comme les Aigles royaux, Aquila chrysaetos, (0.0114 couples/km² à Cazorla et 0.0156 couples/km² à Espuna; Bautista et al., 2006; Sanchez-Zapata et al., 2010) et grands corbeaux, Corvus corax, et des mammifères comme le Renard,*

Vulpes vulpes, la Fouine, Martes foina, et le Sanglier, Sus scrofa, (Mateo-Tomas et al., 2015).

Table 1
Species recorded at carcasses in Cazorla and España, according to season. Obligate scavengers, i.e., vultures, are in bold.

Common name	Scientific name	Cazorla		España	
		Winter	Summer	Winter	Summer
Bearded vulture	<i>Gypaetus barbatus</i>	Yes	Yes	No	No
Griffon vulture	<i>Gyps fulvus</i>	Yes	Yes	No	Yes ^a
Eurasian black vulture	<i>Aegypius monachus</i>	Yes	No	No	No
Red fox	<i>Vulpes vulpes</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
Stone marten	<i>Martes foina</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
Wild boar	<i>Sus scrofa</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
Domestic dog	<i>Canis lupus familiaris</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
Black kite	<i>Milvus migrans</i>	No	Yes	No	No
Golden eagle	<i>Aquila chrysaetos</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
Carrion crow	<i>Corvus corone</i>	Yes	Yes	No	No
Eurasian jay	<i>Garrulus glandarius</i>	Yes	Yes	No	No
Magpie	<i>Pica pica</i>	No	Yes	Yes	Yes
Raven	<i>Corvus corax</i>	Yes	Yes	Yes	Yes

^a Occasional presence of non-resident individuals.

Nos résultats renforcent l'hypothèse selon laquelle la compétition pour l'utilisation des cadavres est plus importante en présence de vautours. (Sebastian-Gonzalez et al., 2013, 2016)".

3/recherche de produits chimiques

NYGARD and GJERSHAUG (2003) : *"Le succès reproducteur chez l'Aigle royal a été étudié dans le centre de la Norvège, entre le 62° et 63° de latitude Nord, de 1973 à 1999. Il y avait des corrélations relativement fortes entre le taux reproducteur, l'épaisseur de la coquille et la teneur en DDE. Nous suggérons que le taux relativement haut de composés organochlorés contenu dans les oeufs de la zone côtière avait pour origine les oiseaux de mer présents dans le régime alimentaire, alors que les oiseaux de l'intérieur se nourrissent essentiellement de proies herbivores telles que les téttras, les lièvres ou les cervidés".*

EULAERS, COVACI, HERZKE, EENS, SONNE, MOUM, SCHNUG, HANSENN, JOHNSEN, BUSTNES, JASPERS (2011) : *"Dans les études antérieures, les plumes d'oiseaux prédateurs adultes ont été évaluées comme matrices fiables de surveillance biologique - destructrice des Polluants Organiques Persistants (POP). Dans cette étude, nous évaluons, pour la première fois, l'utilité des plumes de poussins de rapaces pour une surveillance non-destructive des POP. Dans cette optique, nous avons collecté les plumes corporelles et le sang de jeunes de trois prédateurs aviaires de niveau supérieur du Nord de la Norvège: Autour des Palombes (Accipiter gentilis), Pygargue à queue blanche, Haliaeetus albicilla, et Aigles royaux, Aquila chrysaetos".*

4/recherche de métaux lourds

DOMENECH, LANGNER, SLABE (2011) : *"En vérité, il existe des preuves accablantes en ce qui concerne le fait que la toxicité du Plomb est toujours très répandue dans l'environnement et de fortes présomption pèsent sur des fragments de munitions au Plomb qui en seraient la source. Nous avons prélevé des échantillons de sang sur 131 Aigles royaux capturés durant la migration d'Automne de 2006 à 2010 pour mesurer un ensemble de métaux lourds, en mettant tout particulièrement l'accent sur le Plomb".*

REITAN (2013) : *"Les plumes d'Aigles royaux et les tissus musculaires des plus importants types de proies (lièvre, mouton, tétras, rennes) contenus dans le régime alimentaire de l'Aigle royal ont été analysés pour rechercher les isotopes stables de Carbone et d'Azote, ainsi que ceux des métaux lourds comme le Plomb, le Cadmium et le Mercure, et aussi les oligoéléments essentiels comme le Sélénium et le Cuivre"*.

MADRY, KRAEMER, KUPPER, NAEGELI, Hannes JENNY, Lukas JENNI and David JENNY (2015) : *"Plusieurs cas d'empoisonnement aigus au plomb d'Aigles royaux, Aquila chrysaetos, ont été identifiés dans les Alpes. La question demeure de la contamination des Aigles royaux (occasionnelle, chronique ou épisodique) et si cette absorption a des conséquences létales ou sub-létales"*.

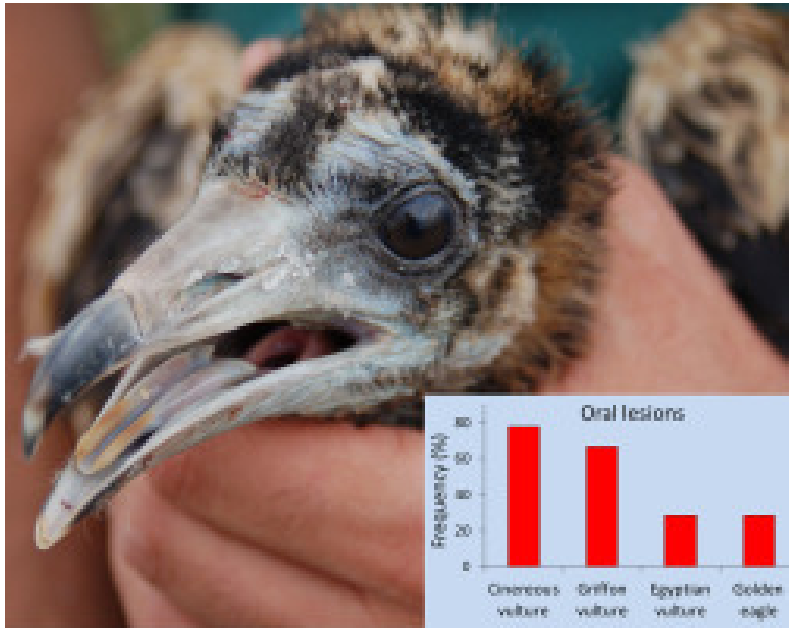
EAGLES-SMITH, BUCK, WOODBRIDGE, LEAL, (2015) : *"L'exposition au Plomb est un risque majeur pour la protection des rapaces dans l'ouest des États Unis. Le Plomb est une menace particulière pour les rapaces comme les Aigles royaux, Aquila chrysaetos, qui consomment des cadavres d'animaux tués par des chasseurs, des gibiers non retrouvés et des carcasses de nuisibles"*.

SHORE, WALKER, LAWLOR, POTTER, GRANT, PEREIRA (2015) : *"Nos résultats mettent en évidence la nécessité d'obtenir des mesures d'isotopes stables (en particulier $\delta^{34}S$) afin de différencier parfaitement les œufs qui reflètent la présence de Mercure dans le régime alimentaire des oiseaux de l'intérieur des terres. Les œufs pondus par les aigles qui se nourrissent de proies terrestres dans les massifs ont des taux significativement moins élevés en résidus de Mercure que ceux pondus par des aigles se nourrissant partiellement ou totalement sur des proies marines"*.

5/ recherche de produits pharmaceutiques

BLANCO, JUNZA, BARRON (2017) : *"L'exposition de la faune sauvage aux produits pharmaceutiques peut survenir par le biais d'une eau contaminée, ainsi que par les excréments et les cadavres de bétail traité, avec potentiellement une bioaccumulation et un transfert via les réseaux trophiques"*.

PITARCH, GIL, BLANCO (2017) : *" Nous évaluons l'incidence des lésions buccales chez les poussins de Vautour moine, Aegypius monachus, Vautours fauves, Gyps fulvus, Vautours percnoptères, Neophron percnopterus, et Aigles royaux, Aquila chrysaetos, exposés à des antibiotiques à usage vétérinaire lors de la consommation de carcasses de bétail. Les lésions qui étaient variables en nombre, taille et localisation étaient plus fréquentes chez le Vautour moine (77,8%, n = 9) et le Vautour fauve (66,7%, n = 48) que chez le Vautour Percnoptère (28,6%, n = 21) et l'aigle royal (28,6%, n = 7). Chez tous les individus (100%, n = 24) d'un sous-échantillon des jeunes concernés, des espèces de champignons ont été isolées à partir des lésions buccales de type muguet identifiées à l'aide d'un système bien connu basé sur leurs profils d'assimilation des glucides et d'autres tests complémentaires. Quatorze espèces de champignons de Candida, Meyerozyma, Pichia, Yarrowia, Cryptococcus, Rhodotorula et Trichosporon présentes chez les quatre espèces d'hôtes"*.



6/ Identification de prédateurs

NIEMINEN, NORBERG, MAIJALA (2011) : *"De 1999 à 2004, la survie et la mortalité des veaux de Rennes ont été étudiés dans deux élevages et dans cinq troupeaux dans le nord de la Finlande, où, au total, 1725 veaux ont été marqués avec des radio-émetteurs indiquant la mort fixés sur des colliers [...] En moyenne, 54 et 42% de tous les veaux suivis, trouvés morts à Ivalo ou Kasivarsi avaient subi une prédation et les Aigles royaux étaient la cause principale des décès dans les deux coopératives tuant entre 0 et 3,5% des veaux suivis dans différentes zones d'étude et années"*.

7/ Consommation

BLAZQUEZ, SANCHEZ - ZAPATA, BOTELLA, CARETTE et EGUIA.(2009) : *"Des modèles spatiaux et temporels de consommation de charognes ont été étudiés chez les principaux charognards aviaires du parc naturel de la Sierra Espuña (SE, Espagne) Nous avons enregistré l'usage des carcasses d'ongulés produites par la chasse durant l'hiver et l'été de 2005-2006 [...] Presque toutes les bêtes tuées par les chasseurs étaient exploitées par les Aigles royaux et/ou les corbeaux pendant l'hiver alors qu'un grand nombre de cadavres n'étaient pas utilisés pendant la période d'élevage, suggérant une sévère concurrence pendant une période de faible disponibilité de nourriture."*

Des corbeaux non-reproducteurs exploitaient les carcasses accumulées et épuisèrent la ressource en quelques jours alors que les Aigles royaux utilisaient les carcasses éparpillées sur une durée supérieure".

SANCHEZ - ZAPATA, EGUIA, BLAZQUEZ, MOLEON & BOTELLA (2010) : *"Les Aigles royaux consomment plus de charognes qu'indiqué par les analyses traditionnelles. Le but de l'étude sera de déterminer comment les méthodes traditionnelles de détermination du régime alimentaire sont sujettes à des erreurs en rapport avec la consommation de cadavres."*

La consommation par les Aigles royaux de cadavres d'ongulés mis à disposition par les chasseurs dans les zones méditerranéennes du sud de l'Espagne a été suivie par des pièges photos pendant une année. Nous avons simultanément analysé le régime alimentaire de nourrissage des jeunes, pour trois couples, à l'aide de procédures conventionnelles".

SKOUEN (2012) : *"Le régime et la préparation de proie des Aigles royaux en cours de reproduction, ont été étudiés à partir d'enregistrements vidéo sur un nid du sud de la Norvège au cours d'une saison de forte population de campagnols (Cricetidae) et de faible population de Lagopèdes des Saules, Lagopus lagopus, avec des oisillons âgés d'environ 10 jours et jusqu'à leur envol. Le temps de traitement a été déterminé pour différents types de proies et de taille de proies lorsque la femelle nourrissait les aiglons et lorsque les jeunes se nourrissaient seuls".*

8/ Etudes sur les causes de mortalité

FUNFSTUCK (2006) : *"Dans le Werdenfelser Land, districts de Garmisch-Partenkirchen, Bad Tölz-Wolfratshausen, Weilheim-Schongau et Ostallgäu, 39 Aigles royaux, Aquila chrysaetos, morts ou blessés, ont été trouvés depuis 1966. Dans 10 cas, les causes de la mort ont pu être démontrées: quatre Aigles royaux sont **morts par contamination au Plomb**, trois ont été tués par des pièges, deux ont été victimes de tir et un de collision avec un planeur".*

SCOTT and BOLLINGER (2015) : *"La majorité des intoxications ont été attribuées aux insecticides OP/CB, ce qui est identique aux autres études aux U.S.A.. Ces insecticides sont une cause bien connue de morbidité et mortalité dans l'ouest du Canada et le Saskatchewan, la plupart des cas sont des **empoisonnements secondaires à la consommation de cadavres de coyotes illégalement empoisonnés**.... Une forte proportion d'Aigles royaux est morte d'empoisonnement par le Plomb en comparaison aux Pygargues à queue blanche. Cet écart peut être vraisemblablement attribué à la différence de régime entre les deux espèces. Le régime des Aigles royaux est majoritairement composé de gibiers (mammifères) de petite et grande taille, qui ont plus de chance d'être porteurs de plombs de chasse".*

III Les résultats

Depuis une quarantaine d'années, la plupart des études sur le régime alimentaire ont convergé en terme de méthodologie et les résultats obtenus sont inévitablement très proches les uns des autres. Tout récemment BEDROSIAN et al. (2017) ont mené des recherches sur le régime alimentaire des Aigles royaux dans l'ouest des Etats Unis, ils ont trouvé 35 études menées au cours de la saison de reproduction sur 45 sites de 1940 à 2015, et ont conclu: *"Davantage d'informations sont nécessaire en dehors de la période de reproduction pour déterminer quelles ressources alimentaires, comme les cadavres, sont importantes pour la survie hivernale."*

De plus, de nombreux auteurs, comme nous le verrons plus loin se sont attachés à rechercher la nature des biais introduits dans les résultats avancés alors que d'autres, tout en ne les niant pas, ont assumé leurs choix.

Nous citerons WATSON (2010) qui commente ces méthodes et explique les raisons de son choix personnel : *"Diverses techniques ont été utilisées pour connaître le régime alimentaire des rapaces, dont des analyses du contenu stomacal, l'identification des composants identifiés dans les restes de proies et les pelotes de régurgitation, ainsi que l'observation directe de la nourriture rapportée au nid. Chaque méthode a ses limites. Il est aujourd'hui heureusement exceptionnel de rencontrer le nombre important de cadavres d'aigles que l'on pouvait obtenir à la suite des campagnes de destruction organisées, comme cela a pu se passer dans le Montana en 1940 (Woodgerd 1952) et à partir desquels le régime pouvait être défini par des analyses des contenus stomacaux. La plupart des études récentes s'appuient sur les restes de proie et les pelotes ou sur l'observation de la nourriture apportée au nid.*

Les restes de proie et les pelotes constituent des mesures indirectes du régime; elles sont particulièrement utiles dans les environnements secs, mais sont faussées par divers facteurs et par conséquent risquent de donner des informations erronées de l'importance de certains types de nourriture. De longues observations, à partir d'affuts situés à proximité des sites de nidification, sont chronophages et ne peuvent généralement être réalisées que sur un petit nombre de sites simultanément. Et, bien sûr, ces observations ne fournissent pas d'informations sur la nourriture consommée par les adultes loin du nid, ni sur l'alimentation en dehors de la période d'élevage [...]

J'ai utilisé les analyses de pelotes dans mon étude, en Ecosse, parce que je désirais comparer les régimes, à la fois dans des régions différentes et au fil des saisons. Les pelotes sont l'unique source d'information pouvant être, de manière fiable, recueillie en dehors de la saison de reproduction (Watson et al. 1993)".

Nos propres observations et la lecture des diverses études récentes nous ont entraîné vers une réflexion plus approfondie, nous incitant à relativiser la qualité des résultats avancés et par conséquent celle des conclusions consécutives sur le régime alimentaire des aigles royaux. De plus, nous avons identifié d'autres sources d'informations pouvant être, de manière fiable, recueillies en dehors de la période de reproduction contrairement à celles qui étaient disponibles en 1993.

A/ La période d'élevage

En premier lieu, la majorité des études fondées sur des méthodes d'analyse de restes de proies ne portent que sur une période, celle de la reproduction et plus particulièrement sur la période finale de cette reproduction, car tout comme l'auteur cité ci-dessous nous avons observé l'évacuation de déchets hors du nid, ce qui n'est jamais pris en compte, NEBEL (1996) :

"Durant la période d'observation au nid, nous avons pu constater que la femelle assure le nettoyage de l'aire. Nous avons observé le transport d'une patte d'isard, et d'une pelote de rejection de poussin hors du nid. Ces matériaux ont été évacués et dispersés, au hasard, dans la forêt contiguë au nid. De même, les adultes n'ont pas déposé leurs propres pelotes dans le nid [...]".

En étudiant des documents remis par cet auteur sur des observations de 1999, nous confirmons les observations déjà publiées.

Au cours d'un suivi du 07/05 au 02/07/1999, 24 transports sont observés concernant des restes de proies évacués par la femelle, pendant la même période le mâle au cours de la même journée a "arrangé" le nid à 5 reprises alors que la femelle a été observée 142 fois dans cette

activité au cours de 20 journées différentes. Par ailleurs, le poussin a rejeté à 4 reprises une pelote, les adultes ne l'ont jamais fait sur le nid et la femelle a été vue en train d'évacuer une pelote du nid à deux reprises.

Ces observations sont aussi mentionnées par WALKER (2017) : *"les restes de nourriture sont régulièrement enlevés du nid par les deux adultes et lâchés en vol ou déposés sur un perchoir où ils peuvent être récurés avant d'être abandonnés. Ainsi, de ce fait, peu de nourriture est trouvée dans le nid, pouvant donner l'impression d'un apport limité de nourriture alors qu'en réalité l'approvisionnement est largement suffisant "*



09/06/2007 Pyrénées Evacuation par la femelle Aigle royal de restes de nourriture

L'attitude, apparemment agressive, fréquente de l'aiglon, dans les semaines qui précèdent l'envol, et les absences plus longues de la femelle vont entraîner une cessation de ses activités de nettoyage, favorisant le stockage des restes de cette ultime phase comme l'ont déjà souligné SCHWEIGER, FUNFSTUCK et BEIERKUHNLEIN (2014) : *"Le nombre de restes de proie dans les nids observés pourrait être faussé par des niveaux différents d'élimination de proies par les charognards ou par des degrés divers de nettoyage effectués par les aigles adultes"*.

La réduction de la période pendant laquelle ces restes ont pu s'accumuler a d'autres conséquences si l'on considère la variabilité du régime alimentaire au cours de la saison de reproduction observée par SEGUIN & THIBAUT (1996) : *"L'apport aux jeunes aigles royaux d'animaux de grosse taille en début de reproduction reflète donc la meilleure disponibilité de ce type de proies à cette période. Il ne répond pas à une sollicitation plus insistante de la part des aiglons, puisque ces proies restent fréquemment plusieurs jours sur l'aire, servant à plusieurs repas, et que leurs besoins et leurs sollicitations sont proportionnels à leur âge. Inversement, dans le troisième tiers de l'élevage durant lequel les sollicitations des jeunes auprès des adultes sont plus marquées, on constate la disparition des proies entières de grosse taille, désormais d'accès, de capture ou de transport difficiles. Seuls des morceaux sont encore apportés quelquefois, témoignant des difficultés éprouvées par les adultes pour*

transporter les proies entières. Durant cette période, la majorité des proies sont de petite taille et d' une plus grande diversité spécifique [...]".

Les observations de variation saisonnière, à partir d'enregistrements vidéo, sont confirmées par TAKEUCHI, SHIRAKI, NASHIMOTO, MATSUKI, ABE et YATAKE (2006) : *"Les apports, avec une grande variété alimentaire, sont composés de Lièvre du Japon, de serpents et de Faisans scintillants, Syrmaticus soemmerringii. Les variations temporelles pendant la période d'élevage sont notables, mais des similitudes existent dans l'apport tardif de serpents et dans le poids total des proies (83,7-89,9 kg) apporté aux nichées amenées jusqu'à l'envol"*.

Des réserves sont parfois émises dans certains articles quant à la fiabilité de la méthode, comme le font remarquer SEGUIN, BAYLE, TORRE, VIGNE (1998) : *"On pourrait s'attendre à ce que les données d'habitudes alimentaires recueillies en une seule étape à la fin de la saison de reproduction puissent être biaisées en faveur des espèces de grande taille (Mathieu and Choisy 1982, Tjernberg 1981). Cet écart a déjà été remarqué pour d'autres espèces (Real 1996). Plusieurs sources d'erreurs existent dans les résultats obtenus à partir d'analyses des seuls restes de proies qui sont fonction de la taille des proies et des facteurs qui concernent la fragmentation des restes lorsque la femelle procède à l'élimination de restes hors du nid, des difficultés d'identification du fait de leur désagrégation, des différences de taille de proies et de la destruction des restes osseux. Ces facteurs expliquent probablement les différences observées entre les méthodes basées sur les apports de proie et celles utilisant la collecte des restes. Un des défauts les plus importants que nous ayons relevé dans la méthode de collecte chez l'Aigle royal concerne la sous-estimation des restes de petites proies, en particulier des petits mammifères et des reptiles, parce que dans la plupart des cas ils sont complètement consommés. Ces écarts ont déjà relevés dans d'autres études sur le régime alimentaire des Aigles royaux (Delibes et al. 1975, Mathieu and Choisy 1982, Tjernberg 1981), et d'autres rapaces (Simmons et al. 1991, Mersmann et al.1992, Mafiosa 1994, Real 1996)"*.

Nous citerons aussi WHITFIELD, REID, HAWORTH, MADDERS, MARQUISS, TINGAY & FIELDING (2009) : *"Selon certains auteurs, la collecte de "fin de saison" fausse les estimations de régime au profit des restes les plus résistants (par ex. : les grands os) au détriment de ceux qui sont susceptibles de se désagréger rapidement (par ex. : les petits mammifères et les oiseaux, ou les restes de tissus mous) (par ex. : Mersmann et al.1992). D'autres, cependant, ont suggéré que certains Aigles royaux pouvaient débarrasser, sélectivement, les nids de restes de grandes proies (Tjernberg 1981). Collopy (1983) considère que l'analyse de restes de proies donne des estimations relativement fiables sur le régime alimentaire des Aigles royaux, mais cela reposait sur des recueils fréquents de restes et non sur une simple collecte vers ou à la fin de la reproduction"*.

Sous un autre angle, nous constatons que les résultats ne sont guère qualitatifs puisque les échantillons prélevés ne peuvent fournir d'informations sur les pourcentages de proies tuées fraîchement ou de charognes. EWINS (1987) : *"Bien qu'il y ait eu un grand nombre d'études sur le régime alimentaire des Aigles royaux, il a été souvent difficile de déterminer dans quel état se trouvaient les proies, en vie ou mortes. (Cramp 1980)"*.

Néanmoins, la proportion de la consommation de bêtes mortes a probablement été très sous évaluée par divers auteurs, comme l'ont noté SANCHEZ - ZAPATA, EGUIA, BLAZQUEZ, MOLEON & BOTELLA (2010) : *"Nos conclusions suggèrent que les pelotes et les restes de proies analysés sous évaluent le rôle des charognes dans le régime des prédateurs aviaires"*

dans les écosystèmes méditerranéens. La difficulté pour évaluer les proportions de charognes dans l'alimentation des prédateurs a probablement contribué à la minimisation de l'importance du comportement charognard d'espèces comme les Aigles royaux dans la régulation et le fonctionnement de certains écosystèmes."

Pour WALKER (2017) : "*l'importance réelle d'une source alimentaire ne peut être définie par comptage des restes trouvés au nid ou des pelotes de réjection*" car il est difficile de comptabiliser le nombre d'individus ayant pu consommer de la nourriture en provenance d'une même source. Par exemple un lièvre tué par le mâle a pu servir à le nourrir, puis apporté à l'aire a pu être consommé en partie par la femelle et les aiglons; il en va de même pour une charogne dont les restes pourront se retrouver dans les pelotes de plusieurs aigles de différents âges et sexes.

Les arguments en faveur de cette approche, concernant l'utilisation de charognes, sont de plus en plus nombreux et l'on comprend mieux ce point de vue si l'on considère des études de toxicologies mentionnées précédemment, en particulier celle de HERRING, EAGLES-SMITH, BUCK, WOODBRIDGE, LEAL (2015) : "*Tout indique que les Aigles royaux juvéniles et adultes, dans le nord-ouest du Pacifique, peuvent être en permanence exposés au plomb tout au long de l'année. Néanmoins, nous savons peu de choses sur leur exposition au Plomb pendant la période d'élevage, lorsque surviennent en même temps une croissance rapide et le développement neurologique[...] L'exposition au Plomb ne variait pas en fonction de l'âge des poussins, suggérant que le Plomb devait être disponible de façon équivalente pendant toute la période d'élevage. En particulier, les premières données suggèrent que 23% et 11% des poussins avaient des concentrations dépassant, respectivement, 5 or 10 µg/dL."*

Or, est-il nécessaire de le souligner, il y a de plus fortes chances de trouver du Plomb provenant de munitions de chasse dans les cadavres d'animaux sauvages que dans des proies capturées vivantes NADJAFZADEH (2013) : "*Ces résultats indiquent que les cadavres de gibiers étaient la source principale de fragments de Plomb. Le lien entre l'écologie alimentaire des rapaces et l'intoxication au plomb est la réponse fonctionnelle spécifique des rapaces au changement de disponibilité alimentaire ou à la diminution de qualité de l'habitat, qui les conduit à consommer des cadavres contaminés par le Plomb"*.

Les recherches de produits médicamenteux qui définissent donc une origine alimentaire en provenance de cadavres de bétail domestique traités avec ces produits à usage vétérinaire fournissent encore des éléments dans les études menées par BLANCO, JUNZA, BARRON (2017) : "*Nous avons évalué dans quelle mesure l'exposition des aiglons à des produits pharmaceutiques peut survenir lors de l'apport de nourriture au nid chez l'Aigle royal, Aquila chrysaetos, qui est un super-prédateur et un charognard occasionnel. **En dépit du fait que les analyses du régime alimentaire suggèrent une faible dépendance par rapport aux cadavres de bétail se limitant à deux restes de porcelets (1,5% des restes de nourriture, n=134), une forte proportion de jeunes oiseaux (71%, n=7) présentaient des résidus de fluoroquinolones dans le plasma, principalement de l'enrofloxine, qui est strictement réservée à l'usage vétérinaire.** La fréquence et la concentration ($54.5 \pm 6.6 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) des fluoroquinones dans le plasma étaient identiques à celles trouvées chez les jeunes de trois espèces de vautours fortement dépendants des cadavres de bétail trouvés sur les placettes de nourrissage qui sont emmenagées pour la conservation de leurs populations. Bien que le nombre d'aiglons analysés soit comparativement faible, le fait que l'enrofloxine soit retrouvée dans tous les nids échantillonnés au cours de trois saisons de reproduction, suggère une exposition aux médicaments similaire à celle des vautours. Une sous estimation du rôle des carcasses, en*

particulier des petits porcelets dont la consommation a pu passer inaperçue, ainsi que la prédation sur des proies semi-domestiques ou des proies généralistes consommatrices de cadavres de bétail médicamenté, peuvent contribuer à expliquer la fréquence importante et inattendue de ces médicaments chez les aiglons" ou par PITARCH, GIL, BLANCO (2017) : "Le rôle des Antibiotiques dans le passage des espèces de champignons de commensales à pathogènes opportunistes devra être évalué dans le but d'éviter les effets nocifs de l'infection et de la maladie sur la santé de l'hôte, de même que la transmission de nouveaux champignons pathogènes au sein des populations et des espèces de la faune sauvage, et leur dissémination au bétail et aux populations humaines".

Ces recherches, qui offrent une approche scientifique totalement différente, exigent une réflexion plus poussée sur les conclusions tirées des analyses de restes dans les nids d'Aigles royaux ou à proximité concernant le régime alimentaire des aiglons pendant la période d'élevage et confirment les observations de terrain de EWINS (1987) : *"Des restes de moutons et d'agneaux sur des aires d'Aigles royaux ont entraîné des inquiétudes des éleveurs, mais au cours des investigations, il a été observé que la plupart des chairs de moutons ou d'agneaux provenaient de cadavres, bien que des individus puissent normalement tuer de jeunes agneaux".*

Puis de WALKER (2017) : *" Comme cela a déjà été relevé et, contrairement à ce qui est souvent avancé, les charognes sont sciemment emmenés aux jeunes. Des jeunes veaux de cerfs ou des agneaux, morts parfois mort-nés, et même des membres de cadavres adultes peuvent être apportés au nid. Les aigles semblent préférer déposer des proies fraîchement tuées aux aiglons mais les charognes ne sont pas écartées, sans préjudice apparent pour la santé des jeunes, leur croissance ou leur survie".*

B/ le régime alimentaire des juvéniles et sub-adultes

Après leur envol, les jeunes Aigles royaux sont encore nourris par les adultes (souvent le mâle) pendant quelques semaines; par la suite leur compétence de vol et de chasse étant limitées, ils se tourneront majoritairement vers des charognes disponibles:

MIEGEMARQUE (1902) : *"Les jeunes aiglons, après avoir quitté leur nid, restent pendant quelques temps avec les vieux, qui font leur éducation ; mais dès qu'ils sont en état de suffire à leurs besoins, ils errent seuls et quittent le canton où ils sont nés. Ils se jettent alors communément sur les charognes et se prennent facilement dans les pièges".*

D. G. WALKER (1987) : *"Les jeunes sont restés dans une vallée de 6 km² au sein d'un territoire de 49 km², pendant environ 6 semaines, ravitaillés par le mâle en proies fraîches. Au cours des deux semaines suivantes, ils ont exploité une zone de chasse de 11 km², escortés par le mâle. Ils ont été observés ne consommant que des cadavres après avoir quitté la vallée".*

NORBERG (2003) : *"Le rôle des aigles royaux sub-adultes comme prédateurs des veaux de rennes semble considérable comme mis en évidence par les plumes trouvées sur les cadavres. Il semble que les aigles sub-adultes, non-territoriaux, aient un rôle significatif en tant que prédateurs des veaux de rennes: plus significatif que les individus reproducteurs".*

NIEMINEN, NORBERG, MAIJALA (2011) : "*La plupart des veaux tués par les Aigles royaux ont été trouvés en juillet et août, principalement dans des zones ouvertes, comme en montagne, des tourbières et des clairières*".

D. J. HALLEY, J. O. GJERSHAUG (2008) : "*Les conflits pour l'accès au cadavres avaient tendance à plus dégénérer entre Aigles royaux et moins entre Pygargues, lors de conflits interspécifiques. La plupart des conflits tournaient à l'avantage de l'agresseur, suggérant que les oiseaux étaient capables d'évaluer une dominance respective avant de lancer une attaque. Les jeunes oiseaux consommaient plus longuement de la nourriture sur une carcasse que les individus plus âgés chez les deux espèces, ce qui suppose qu'ils étaient plus affamés ou moins habiles pour s'alimenter*".

MARGALIDA, COLOMER, SANCHEZ R., SANCHEZ FJ. (2017) : "*La consommation de charognes peut être un comportement alimentaire courant pour quelques espèces de rapaces occasionnellement charognards, occupant des habitats de qualité moindre et/ou avec une faible expérience des techniques de chasse. Néanmoins, son importance a été grandement sous-estimée en raison des limites méthodologiques concernant l'identification des réelles proportions au sein du régime alimentaire*".

L'utilisation des cadavres par les jeunes aigles semble acceptée par tous les auteurs et là encore est posée la question de sa faible prise en compte. KACZMAR (*comm. pers.*) confirme l'utilisation d'une placette de nourrissage pour Gypaète par le couple d'aigles royaux territoriaux mais aussi par des juvéniles différents ; les Vautours fauves utilisateurs de l'endroit manifestant beaucoup moins de stress en présence des jeunes aigles.

C/ le régime alimentaire adulte

MIEGEMARQUE (1902) : "*À défaut de proies vivantes, l'Aigle fauve ne dédaigne pas les mortes ; il m'est arrivé maintes fois, sur la montagne, d'en voir sur des restes de charognes*".

BERGMAN (1961) : "*Il est bien établi qu'en Laponie, les Aigles royaux, en particulier, vivent dans une large mesure en consommant des cadavres de Rennes, Rangifer tarandus, morts en hiver, et des cadavres de veaux de Rennes au printemps. Depuis que les Rennes sauvages ont été exterminés en Finlande, Suède et pour la plupart en Norvège, et depuis que le Loup, Canis lupus, et le Glouton, Gulo gulo, ont été pratiquement éliminés, les chances de trouver des animaux morts sont pratiquement limitées à la zone d'élevage des Rennes. C'est probablement la principale raison pour laquelle la population d'Aigles royaux semble se maintenir, actuellement dans l'extrême nord et dans les montagnes*".

BROWN and WATSON A. (1964) : "*La population d'Aigles royaux a été étudiée dans quatre régions différentes des Scottish Highlands. La base du régime alimentaire était constituée par des lagopèdes des saules et autres, des lièvres et des lapins, et aussi des cerfs ou des moutons morts. Les effectifs et la biomasse des quatre principales espèces de proies vivantes ont été étudiés à l'aide de comptages représentatifs dans trois types d'habitats principaux; et pour les cerfs ou ovins morts à partir de décomptes mais principalement à partir de données connues des densités, de la mortalité et des poids. Dans les trois zones occidentales les proies vivantes sont rares, mais les apports de cadavres sont importants et les aigles, dans ces zones, sont fortement dépendants des charognes*".

J. WATSON, A. F. LEITCH, S. R. RAE (1993) : "*Dans certaines parties du territoire, le menu hivernal différait de l'estival, avec plus de cerfs (principalement des cadavres) et peu de grouse en hiver*".

SULKAVA, HUHTALA, RAJALA et TORNBORG (1999) : "*En plus des proies principales, lièvre variable et tétras, les Aigles royaux capturent souvent des proies plus importantes (Grues, veaux de rennes, renard roux adultes), mais aussi des proies plus petites (Ecureuil roux, Hermine, Grand Campagnol, Grives). Beaucoup d'oiseaux aquatiques sont aussi retrouvés dans l'alimentation, mais peu de Goélands. Les pourcentages de tétras et de grues (51% et 2%) sont plus importants dans le sud de la zone des rennes, où le taux de veaux de rennes est de 8%. Les variations annuelles de la densité de lièvres variables et de tétras ont entraîné des variations correspondantes des proportions dans le régime des Aigles royaux*".

Enfin, cette étude de SANCHEZ - ZAPATA , EGUIA , BLAZQUEZ , MOLEON et BOTELLA (2010) : "***Quatre vingt dix pour cent des aigles territoriaux se nourrissaient sur les carcasses suivies et leur consommation était constante au cours de l'année. Néanmoins cette source de nourriture n'apparaissait que pour 1,5 à 9,1% des types de proies identifiées par les méthodes traditionnelles***", à laquelle s'ajoute les conclusions des observations de terrain de WALKER (2017) : "*Bien que l'on ait tendance à croire que les proies vivantes représentent la panacée dans l'écologie des Aigles royaux, ce n'est tout simplement pas le cas et les aigles peuvent survivre et se reproduire lorsque leur régime comprend une grande proportion de charognes*".

La consommation de cadavres expose les Aigles royaux à une intoxication au Plomb qui peut avoir des effets secondaires létaux même s'il s'agit d'oiseaux adultes:

ECKE, SINGH, ARNEMO, BIGNERT, HELANDER (2017) : "*L'intoxication au Plomb des animaux par l'ingestion de fragments de munitions de chasse à base de plomb contenus dans des cadavres et des restes de gibiers tués est globalement bien connue et provoque de fortes craintes sur les effets comportementaux potentiels conduisant à une augmentation des risques de mortalité. Les taux de Plomb dans le sang étaient corrélés avec l'avancée de la saison de chasse à l'original. En nous basant sur l'analyse des données de suivi, nous avons trouvé que même des concentrations sublétales de Plomb dans le sang (25ppb, poids humide) peuvent avoir un probable effet négatif sur les déplacements (hauteur de vol et trajets) d'Aigles royaux, Aquila chrysaetos. Les taux de plomb dans le foie de cadavres d'Aigles recueillis et autopsiés suggéraient qu'une exposition sublétale augmente le risque de mortalité chez cet oiseau. La plupart des Aigles royaux de Suède se reproduisent dans la forêt boréale du nord du pays. Leur régime varie avec les saisons et au cours de la reproduction il est dominé par la consommation de diverses espèces de lagopèdes et de lièvre. Les connaissances sur le régime en dehors de la saison de reproduction sont très limitées mais la consommation de cadavres semble importante. **Considérant la courte demi-durée de vie du Plomb dans le sang (14 jours), l'augmentation du taux sanguin observée chez trois Aigles royaux retrouvés morts en fin d'étude, indique probablement une ingestion périodique de nourriture contaminée par du Plomb.** "*

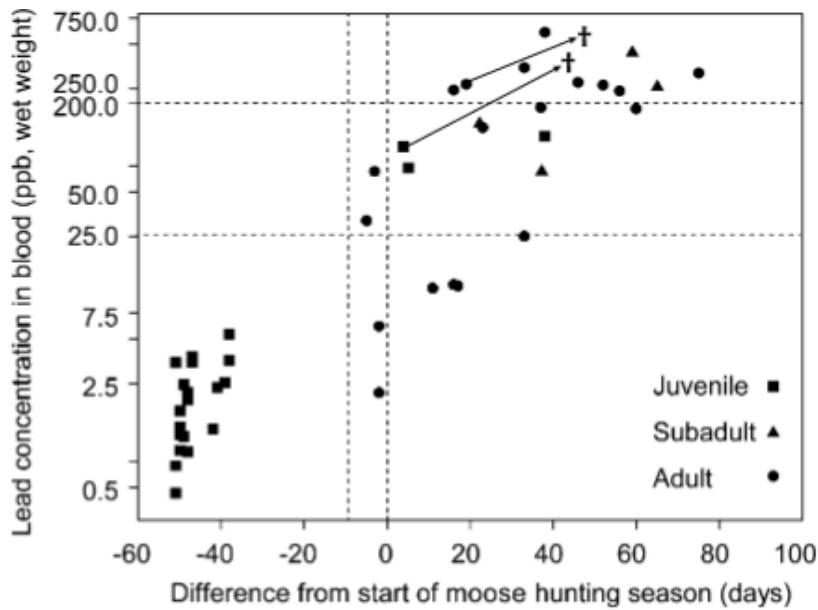


Figure 2. Lead concentration in blood of 46 free-ranging Golden Eagles (23 juveniles, four subadults, and 19 adults) as a function of progress of the moose hunting season in Sweden. Dashed vertical 0-

Beaucoup d'études ont porté sur le lien qui pouvait être établi entre l'alimentation des aigles avant et pendant la reproduction, et le succès reproducteur ; le problème qui se pose est que la notion de proie principale est souvent issue de l'analyse des restes trouvés au nid ou des pelotes, ce biais toujours omniprésent aura faussé bien des raisonnements et il semble plus pertinent de s'intéresser aux études fondées sur la connaissance de la disponibilité alimentaire dans son ensemble.

Par conséquent, nous relirons avec plus d'attention les études suivantes:

WATSON, J. & LANGSLOW (1989) : *"Une analyse de corrélation ne fait apparaître aucune relation significative entre la quantité totale de nourriture d'une part et d'autre part, la densité de nidification ou les succès reproducteurs. Néanmoins, il apparaît une corrélation positive significative entre densité de nidification et quantité de cadavres. En outre, le résultat de la reproduction était corrélé positivement à la quantité de proies vivantes. Ces conclusions reflètent des différences saisonnières dans le régime alimentaire des Aigles royaux en Ecosse où l'on observe que proportionnellement davantage de cadavres sont consommés en hiver et plus de proies vivantes en été. Nous suggérons que la quantité de nourriture hivernale pourrait expliquer une grande partie de la densité de nidification alors que les différences dans les résultats de reproduction pourraient être, surtout, liés à la disponibilité de nourriture vivante"*.

WATSON, J., RAE et STILLMAN (1992) : *"La densité des couples nicheurs était positivement corrélée avec le nombre de cadavres (moutons morts et cerfs) trouvés par transects linéaires, et le succès reproducteur était positivement corrélé avec le nombre de proies vivantes (grouse, lièvres et lapins)"*.

WHITFIELD, REID, HAWORTH, MADDERS, MARQUISS, TINGAY & FIELDING (2009) : *"Nous suggérons que les éléments disponibles sont plus en accord avec la variation de l'abondance de proies et la disponibilité est davantage un facteur influent, expliquant les*

variations spatiales et temporelles du succès reproducteur des espèces généralistes, comme l'Aigle royal. Selon ce raisonnement l'abondance de proies et la disponibilité sont les principaux acteurs des variations de l'efficacité de la reproduction.

La spécificité alimentaire est une conséquence de la variation dans la disponibilité des proies plutôt qu'une cause substantielle de la variation du succès reproducteur".

CLOUET et al. (2017) : "*Cependant, au Pays Basque, les possibilités de consommation de charognes sont limitées du fait de la forte densité de Vautours fauves (385 couples reproducteurs en 2012, ANDRE, 2013) et la rareté, inhérente, des cadavres disponibles pour les Aigles royaux peut affecter leur état de santé préalable à la reproduction et, par conséquent, leur succès reproducteur".*



D/ de l'origine du biais

Puisqu'il ne semble plus douteux que ce soit glissé, dans l'étude du régime alimentaire des Aigles royaux, une erreur d'appréciation concernant la proportion de nourriture ayant pour origine des cadavres d'animaux sauvages ou domestiques, il semble, à ce stade, judicieux de se pencher sur les causes de ce biais. Lors d'un entretien avec BUHOT (*comm. pers.*), souvent présent dans des affûts proches des nids de royaux, ce dernier rapportait qu'il avait observé l'apport de pièce de viande pendant l'élevage du jeune, pièce dont il n'avait pu identifier l'origine. Quelles traces aura-t-elle laissée après consommation? Quelle en était la provenance? Ses observations se retrouvent dans les notes de SEGUIN & THIBAUT (1996) : "*En plus des proies entières, des morceaux furent déposés à l'aire sans que l'on sache s'il s'agissait de proies effectivement tuées, mais dont le poids était trop lourd pour être transportées, ou bien de morceaux provenant d'une charogne [...]*".

Malgré leur proximité, les observateurs mentionnés avouent leur incapacité à définir la nature de ces pièces de viande, il semble donc naturel que des surveillances assurées avec moins de précision ignorent ces apports non-identifiés. Cependant NEWTON et OLSEN (1993) écrivaient ceci : "*Mis à part les changements saisonniers, d'autres raisons existent pour*

lesquelles les proies notées chez les rapaces au nid ne donnent qu'une idée partielle de leurs habitudes alimentaires [...] Les restes trouvés au nid peuvent être très trompeurs quant à la détermination du régime alimentaire si, au lieu d'un suivi depuis un affût ou à l'aide d'un appareil photographique automatique, on s'est fié uniquement à l'analyse des pelotes et autres reliefs : les restes des grosses proies ont moins de chance d'être consommées ou digérées que les os ou d'autres éléments fragiles des animaux plus petits " .

On remarquera, par ailleurs, la difficulté pour connaître l'existence de la nourriture en provenance des cadavres puisque les appareils photos disposés à proximité n'ont pas donné d'informations dans le sens d'un transport, lors de l'étude de SANCHEZ - ZAPATA , EGUIA , BLAZQUEZ , MOLEON & BOTELLA (2010) : *"L'explication principale de cet important biais pourrait être reliée à la manière dont sont écorchés les cadavres, de telle façon que l'ingestion directe de la chair et des viscères facilement assimilables, laisse peu de place aux items correspondants de poils et d'os, comme cela a été démontré pour d'autres espèces (par ex. Sánchez-Zapata & Calvo 1998, García 2006). De plus les cadavres sont consommés sur place, ce qui explique qu'aucune trace n'apparaisse au niveau des restes dans les nids ou sous les perchoirs"*. Cette explication semble acceptable si l'on considère qu'il s'agit d'animaux de grande taille.

Cependant l'attrait des Aigles royaux pour les animaux morts n'est pas nouveau puisque déjà MIEGEMARQUE (1902) mentionnait ceci : *" Il n'y a pas de chasse spéciale pour ce rapace si ce n'est celle des pièges (traquenards qu'on emploie pour les Vautours fauves) qu'on leur tend bien souvent sans succès. Voici comment opèrent les montagnards avec ces pièges qu'ils tendent dans les quartiers où l'aigle se montre d'habitude. Ils en amorcent un soit avec une poule ou un lapin mort, un morceau de viande quelconque ; tout autour de celui-là ils en disposent trois ou quatre autres non-amorcés, les trous légèrement recouverts de mousse, d'herbe ou d'une très légère couche de terre[...]."*

Plus d'un siècle, plus tard, l'attraction des Aigles royaux pour les charognes est attestée par leur utilisation par les photographes et les cinéastes animaliers ou par les piègeurs désireux de capturer temporairement des Aigles royaux (juvéniles, subadultes ou adultes) pour des études scientifiques (équipements de suivis GPS, prélèvements sanguins ou de matériel génétique).

Une autre source d'erreur est peut-être liée au fait que pour la plupart des observateurs l'Aigle royal n'est pas considéré comme ayant une activité nocturne, hors pour certains naturalistes cela ne correspond pas avec leurs observations personnelles dont WALKER (2017). Les suivis d'apports de nourriture au nid ne sont jamais décrits comme se poursuivant après le coucher du soleil malgré l'absence de contrôles effectués à l'aide de moyens adaptés.

De façon plus générale, en dehors du cas particulier des Aigles royaux, de nombreux auteurs se sont penchés sur les biais inhérents aux différentes méthodes d'étude du régime alimentaire des rapaces.

SIMMONS, AVERY D.M. and AVERY G. (1991) : *"De nombreuses études concernant les oiseaux de proie sauvages proposent des régimes alimentaires dont les proportions reposent sur des analyses d'un grand nombre de pelotes ou de restes de proies. De telles analyses contiennent fréquemment de graves erreurs et sont par conséquent formellement inquantifiables parce que certains restes de proies se dégradent moins vite que d'autres"*.

MERSMANN, BUEHLER, FRASER and SEEGAR (1992) : *"Bien que les études portant sur les habitudes alimentaires du Pygargue à tête blanche, Haliaeetus leucocephalus, soient*

nombreuses, peu d'auteurs ont quantifié les biais inhérents aux techniques utilisées . Dans notre étude sur les Pygargues à tête blanche, non reproducteurs du nord de la baie de Chesapeake, nous avons examiné les biais associés aux analyses de pelotes, aux analyses de restes de proies et à l'observation directe".

ORO & TELLA. (1995) : *"Une difficulté fréquente dans l'étude des régimes de rapaces est de déterminer jusqu'à quel point les résultats sont fiables, que ce soit du fait de la méthodologie d'échantillonnage des contenus stomacaux, des pelotes de réjection, des restes de proies ou de l'observation directe qui sont les principales méthodes utilisées".*

REAL (1996) : *"Nous avons comparé trois méthodes d'étude des régimes d'Aigle de Bonelli, Hieraaetus fasciatus, : (1) proie récente présente dans le nid ; (2) restes collectés dans le nid après envol et (3) contenu des pelotes , avec les proies apportées par les aigles dans deux nids".*

SANCHEZ - ZAPATA & CALVO (1998) : *"Le but de notre étude est d'évaluer l'importance des oiseaux dans le régime des Busards cendrés, Circus Pygargus, et de tester la manière dont les diverses méthodes d'étude modifient les résultats des études concernant les habitudes alimentaires".*

MARCHESI, PEDRINI & SERGIO (2002) : *"Le régime du Hibou Grand Duc, Bubo bubo, a été analysé à partir de collectes de pelotes et de restes de proies à proximité des falaises où il nichait pour 21 couples dans la partie centrale des Alpes orientales italiennes entre 1993-97. La composition du régime a été étudiée au niveau des espèces et de la masse des proies et comparée selon 2 méthodes d'analyse , pelotes et restes de proies, pour identifier les biais associés à ces techniques... Des biais identiques peuvent apparaître pour les méthodes d'études habituellement employées pour évaluer la composition du régime alimentaire d'autres rapaces nocturnes ou diurnes".*

PENTERIANI, SERGIO, DELGADO, GALLARDO & FERRER (2004) : *"Les simulations montraient que l'estimation de la composition du régime alimentaire était fortement dépendante du nombre et du type de sites échantillonnés pour les restes alimentaires et que de tels biais provoqués par l'hétérogénéité environnementale disparaissaient lorsque les échantillons étaient collectés aléatoirement dans plus de 60 % des sites disponibles. Des biais dans la description des régimes peuvent concerner un grand nombre d'études, particulièrement celles concernant des espèces territoriales occupant des milieux hétérogènes. Des biais identiques peuvent concerner les analyses de paramètres démographiques".*

TORNBERG & REIF (2006) : *"Les restes de proies et les pelotes de réjection collectées au nid représentent le matériau le plus commun lors de l'étude du régime alimentaire des oiseaux de proie. En général, ces données sont considérées comme comportant un biais surestimant la représentation des grandes proies. Néanmoins, il n'existe aucune analyse évaluant là quel point cette erreur est systématique en fonction de la taille des proies, de l'abondance, de l'espèce ou de la méthode utilisée".*

MARGALIDA, MAÑOSA, BERTRAN and GARCÍA (2007) : *"Nous avons comparé les méthodes d'évaluation du régime alimentaire des Gypaètes barbus, Gypaetus barbatus, pendant la période de reproduction dans les Pyrénées au nord-est de l'Espagne. Nous avons déterminé le régime à partir de l'observation directe des aliments apportés au nid, des proies récentes*

présentes sur le nid, des restes de proies collectées sur le nid après l'envol, et des restes recueillis dans les sites de cassage d'os. Les données obtenues suggèrent que l'observation directe (apport de nourriture et proie récente présente sur le nid) est la seule méthode fiable pour évaluer, de manière précise, le régime alimentaire du Gypaète barbu".

SANCHEZ, MARGALIDA, GONZALEZ & ORIA (2008) : "*Cette étude quantifie pour la première fois les biais associés aux différentes méthodes (observation directe, pelotes, restes, et pelotes associées aux restes sous la forme de données combinées) utilisées pour estimer le régime alimentaire de l'Aigle ibérique, Aquila adalberti; nos résultats suggèrent que les trois méthodes utilisées pour quantifier ce régime sont significativement différentes et que la méthode des données combinées (pelotes plus restes de proies) n'est pas une méthode fiable alternative à l'observation directe, pour minimiser ce biais. Les biais concernant le régime peuvent varier de manière importante selon la catégorie de proie, et d'après nos données, il n'est pas possible de généraliser une méthode comme étant la mieux adaptée à l'estimation du régime de l'ensemble des rapaces. **Par conséquent, les biais relevés devraient faire l'objet de beaucoup d'attention lors des choix de stratégies de gestion et de conservation des espèces en danger, dès lors qu'elles se fondent sur les études indirectes des régimes alimentaires des rapaces**".*

Comme nous pouvons le constater, à la lecture de ces extraits d'articles, l'ensemble des auteurs qui se sont penchés sur les biais introduits par les diverses méthodes étudiées se rejoignent sur le fait que, quelles que soient les espèces de grands rapaces (Aigle royal, Aigle de Bonelli, Aigle ibérique, Gypaète barbu, Grand-duc d'Europe, Pygargue à tête blanche), les estimations sont incapables de restituer la réalité du régime alimentaire de ces oiseaux. La proximité de l'observateur semble pour la période d'élevage du jeune la meilleure garantie de fiabilité des estimations avancées. Cependant, nous avons évoqué dès le début de ce chapitre les difficultés d'identification des apports alimentaires même depuis des affuts proches.

Les observateurs de terrain avaient depuis longtemps mentionné l'exploitation des cadavres d'animaux sauvages morts provenant de gibiers blessés par des munitions au Plomb et non retrouvés, tués par d'autres carnassiers, emportés par des avalanches, ou victimes de maladies ou d'accident de mise bas.

Aujourd'hui, via l'analyse des enregistrements vidéos à proximité de cadavres d'animaux morts ou celle des taux sanguins en Plomb (PINASSEAU 2015: "*les temps de demi-vie sont variables selon la localisation du plomb, aux alentours de deux semaines dans le sang.*"), des études nous orientent vers une consommation constante des cadavres d'animaux sauvages au cours de la vie d'un aigle royal.

Par ailleurs, les taux d'antibiotiques relevés (ainsi que les lésions buccales fongiques), chez les jeunes encore au nid, suggèrent la consommation régulière, dans divers territoires, de cadavres d'animaux domestiques. (PINASSEAU 2015 : "*Etant donné que la dégradation des antibiotiques dans les viandes est lente (notamment pour les fluoroquinolones), les rapaces peuvent se contaminer à distance du moment où le bétail a été traité. Les parents peuvent contaminer les oisillons en leur apportant de la viande insalubre.*")

Lorsque Watson justifiait son utilisation de l'analyse des pelotes de réjection comme étant la seule apportant des données fiables, il ne disposait pas de ces résultats ; il existe aujourd'hui

des méthodes qui, par la recherche de produits jouant le rôle de traceurs, permettent de retrouver l'origine d'une partie, jusque là difficilement évaluable, de la ressource alimentaire.



IV L'importance de la consommation de cadavres

NADJAFZADEH (2011) : *"Des informations précises sur l'écologie de l'alimentation d'une espèce particulière ne sont pas simplement cruciales pour comprendre l'interaction entre l'animal et son environnement mais aussi pour mettre en œuvre des mesures de conservation. Les estimations représentatives de la contribution des ressources alimentaires contenant des produits toxiques comme le Plomb, dans les régimes alimentaires des rapaces sont rares mais demeurent essentielles pour optimiser les efforts de conservation".*

A/ Les risques

Toute consommation de viande morte contaminée n'est pas mortelle mais selon la concentration des produits toxiques et la périodicité des prises, les conséquences varient. Les travaux mentionnés ci dessus ont traité de ces effets et entraîné, parfois, des décisions utiles à la protection des rapaces (restriction de l'utilisation des munitions au plomb).

PINASSEAU (2015) :

** Toxicité aiguë*

L'ingestion d'une grande quantité de plombs par les rapaces (≥ 10 balles de Plomb), est source d'intoxication aiguë. Ceux-ci sont susceptibles de mourir dans les quelques jours qui

suivent, et de présenter une agitation, excitation ou au contraire de la dépression. Les rapaces intoxiqués peuvent tourner en rond, présenter des convulsions, de l'amaurose, de la diarrhée noirâtre avec du ténésme et de la salivation .

** Toxicité à long terme*

Les rapaces sont cependant pour la plupart victimes d'intoxication chronique par ingestion de petites quantités de grenailles, répétées dans le temps. De nombreux troubles sublétaux peuvent ainsi survenir chez l'oiseau sans que celui ne montre de signes cliniques évidents. Les lésions causés par le plomb entraînent des altérations biochimiques, physiologiques et portent atteinte au comportement du rapace. Leur reproduction peut être affectée et ils sont plus sensibles à d'autres sources de mortalité telles que la famine ou les infections. A l'échelle de la population, ceci entraîne des répercussions désastreuses.

En ce qui concerne les produits médicamenteux présents dans les organismes des animaux domestiques, il reste une préoccupation majeure concernant la mise à disposition, officielle ou non, de cadavres contenant des résidus de traitements *ante-mortem* sans période de latence entre la dernière administration connue et le dépôt du cadavre.

GEDOUX F (2010) : "*L'analyse des carcasses mises à la disposition des charognards a montré la présence de résidus d'antibiotiques dans plus de 70% d'entre elles : on note la présence de résidus dans différents tissus prélevés : leur présence varie de 40% dans le foie à 100% au niveau des reins prélevés.*"

Les antibiotiques, absorbés, vont entraîner une diminution des défenses et favoriser le développement de maladies bactériennes ou fongiques. De plus l'impact négatif des Fluoroquinolones sur le développement embryonnaire a été mis en évidence par LEMUS et al. (2009) ce qui peut être une explication à la diminution du succès reproducteur de charognards aviaires.

Les produits euthanasiant entraînent la mort et les anti-inflammatoires comporteront eux aussi des risques mal évalués à ce jour pour les aigles.

L'utilisation illégale de cadavres empoisonnés représente aussi un risque vital, comme nous en apportons l'exemple dans l'autopsie d'un aigle royal adulte trouvé mort dans les Pyrénées

Diagnostic nécropsique

Forte suspicion d'intoxication (animal ayant reçu des coups de bec – cf. enfoncements punctiformes de la boîte crânienne, perforations cutanées en zone cervicale antérieure latérale droite, déchirure veineuse sous jacente, déchirure de la paupière inférieure gauche - en faveur de l'action de corvidés sur animal apathique) d'un aigle mâle adulte en très bon état physiologique (présence de réserves graisseuses abondantes), n'ayant pas mangé depuis quelques jours (estomacs vides, vésicule biliaire très volumineuse).

L'intoxication au chloralose est confirmée par les analyses toxicologiques réalisées au laboratoire Biolytics-VetAgro Sup de Lyon.

Le Chloralose est un produit toxique, aujourd'hui interdit de vente pour la plupart des usages dans l'Union européenne (1997), ayant été utilisé comme avicide, rodenticide et dans différentes formes de braconnages. Son action hypnotique induit une profonde dépression du système nerveux central conduisant à un état de coma plus ou moins profond en fonction de la dose ingérée.

L'origine de l'intoxication est sans doute liée à la consommation d'un appât destiné au corvidés (ou d'un cadavre d'oiseau intoxiqué) de telle façon que la dose ingérée a été suffisante pour le rendre vulnérable à ses assaillants.

B/ La disponibilité

La question de la disponibilité des proies est fonction non seulement des réglementations qui l'organisent tant pour les cadavres d'animaux sauvages tués (enfouissement ou destruction des parties non-consommées) que domestiques (équarrissage) mais aussi de la concurrence avec d'autres charognards terrestres ou aviaires.

SEBASTIAN-GONZALEZ et al., (2016) : *"Les réseaux de charognards se présentaient sous une forme de structure hiérarchique dans les sites où se trouvaient des charognards exclusifs et extrêmement performants (par ex. vautours), alors que cette structure n'apparaissait pas en leur absence"*.

Des études précédemment citées, ont montré que la consommation par les aigles royaux de cadavres, pouvait s'étaler sur plusieurs jours contrairement à ce qui se passe lors de l'intervention de corvidés ou de vautours fauves. GEDOUX (2010) décrit : *"au cours de la curée, les vautours sont capables d'ingérer jusqu'à 20% de leurs poids (HOUSTON & COOPER, 1975). Il ne faut pas plus d'un quart d'heure à 50 vautours pour venir à bout du cadavre d'une brebis de 50kg (ELIOTOUT, 2007). Un cadavre de grande taille type bovin ou équin nécessite entre quelques heures et 3-4 jours"*.

Pour BROWN (1976) le régime alimentaire des Aigles royaux, en hiver, serait composé à 40% de cadavres mais il mentionne ceci : *"Un Aigle royal, avec des poids attachés aux membres inférieurs, ne pourrait voler qu'avec environ 1kg et le maximum qu'un tel aigle pourrait soulever avec un vent favorable serait de 3,5 à 4,5 kg"*; or pour lui *"un Aigle royal ne pourrait engloutir qu'un kilogramme à la fois soit six fois son besoin journalier normal"*.

A titre d'exemple, l'exploitation des cadavres par les Aigles royaux se voit donc concurrencée, du fait de leur capacité de consommation, lors de l'arrivée sur leurs territoires de prospection d'autres grands charognards. Cela entraîne, inévitablement, une dépense énergétique plus importante qui ne peut être que préjudiciable à leur capacité de reproduction.

SEBASTIAN-GONZALEZ et al., (2013) : *"Les charognards aviaires sont considérés comme étant plus spécialisés dans l'exploitation de carcasses que les mammifères, du moins pour les grosses carcasses, en raison de leur stratégies de recherches moins énergivores (Houston 1979). En fait, dans le monde, les seuls charognards vertébrés, exclusifs, et terrestres sont les vautours (quoique ce groupe inclue des vautours non apparentés de l'Ancien et du Nouveau Monde), lesquels affichent des adaptations nombreuses pour une consommation performante des cadavres (Ruxton & Houston 2004). Ces adaptations font des vautours, des compétiteurs redoutables dans le monde des charognards terrestres (Houston 1979), et la présence de charognards exclusifs peut augmenter la concurrence trophique interspécifique, et, en retour, influencer les schémas de consommation des cadavres (Cortes-Avizanda et al. 2012, Ogada et al. 2012). De plus, le nombre d'espèces de charognards dans cette communauté peut aussi jouer sur la consommation des charognes."*

Lorsque des programmes de réintroduction sont mis en place, de pair avec des placettes de nourrissage, une fois l'objectif de population obtenu, ces sites d'alimentation sont fermés et les

charognards se dispersent pour aller consommer des cadavres jusque là fortement exploités par les Aigles royaux.

Même si RICAU (2009) considère qu'elles "*ont pu représenter une aubaine pour des aigles inexpérimentés pendant des épisodes météorologiques défavorables*", aucune étude n'a été menée pour connaître l'impact des étapes de ces programmes sur la population d'Aigles royaux, puisque la notion même de proie principale, basée sur des études en période de reproduction, écartait, pour l'essentiel, les cadavres du régime alimentaire des Aigles.

Pourtant d'autres se sont posés la question comme MORALES-REYES et al. (2017) : "*Notre objectif était d'étudier l'hypothèse selon laquelle les vautours pouvaient indirectement réguler l'abondance en méso-prédateurs (par ex: charognards facultatifs) en modulant leur accès aux charognes*" ou antérieurement CORTES-AVIZANDA et al. (2016) : "*Les placettes de supplémentation alimentaire ont été efficaces et d'importants outils de la conservation et de la réintroduction de charognards aviaires. Néanmoins, des conséquences négatives peuvent découler de ces importantes concentrations d'individus, interrompant des processus intraguildes et favorisant des diminutions densité-dépendantes de productivité*".

Il n'y a pas eu plus de questionnements sur la concurrence s'installant sur les sites de nidifications quoiqu'ait écrit NEWTON (1979) à propos de l'importance de leur disponibilité : "*Les rapaces font partie des rares groupes d'oiseaux dont le nombre et le succès reproducteur sont dans quelques régions limités par la disponibilité des lieux de nidification*"



© Jacques Bouillercce

07/04/2014 Pyrénées: la femelle à la recherche d'un nouveau partenaire, présente ce reste de cadavre

Conclusion

Si notre attention avait, dans un premier temps, été attirée par l'absence de prise en compte de certaines de nos observations (confirmées comme nous l'avons vu par bien des sources en ce qui concerne l'évacuation d'une partie des restes), il s'avère que la compilation des études en lien avec l'alimentation des Aigles royaux révèle des zones d'ombre assez vastes .

Si l'on peut défendre qu'une méthodologie identique, pendant la période de reproduction, permet de comparer des résultats, il demeure, néanmoins, que les méthodes utilisées, dans la plupart des cas, sont loin d'être satisfaisantes: la mise en œuvre de l'ensemble des moyens permettant de limiter la marge d'erreur ayant rarement été suffisante

Si beaucoup d'auteurs ont précisé intentionnellement que leurs travaux ne concernaient que la période de reproduction, l'extrapolation fréquente de données ne couvrant que deux mois de la vie d'un Aigle royal, a débouché sur des conclusions sur le régime alimentaire qui ne sont pas vraiment solidement étayées.

Les études scientifiques récentes apportent la preuve d'une différence, inexpliquée, dans les estimations de régimes alimentaires selon qu'ils proviennent des résultats d'analyses biochimiques ou des résultats des analyses de restes de proies.

Nous constatons de façon générale une absence de prise en compte, dans le régime alimentaire des aigles royaux, des cadavres disponibles tout au long de l'année dont la preuve de la consommation constante est apportée par des études peu contestables (contrôle photographique). Ces cadavres peuvent être d'origine domestique ou sauvage, comme les observations rapportées dans les premiers écrits naturalistes le soulignaient déjà, alors que les méthodes d'analyse des restes ne font guère la différence entre l'état de proie fraîche ou de charogne (NEWTON & OLSEN, 1991).

L'usage même du terme de "restes de proies", écartant de fait toute autre source alimentaire, est un paradoxe qui mérite réflexion, il serait plus judicieux de parler de restes de nourriture.

Si l'on peut admettre des variations dans le régime alimentaire au cours de l'année, il n'en demeure pas moins que l'on doit considérer qu'à tout âge de la vie d'un aigle, l'importance de la consommation des cadavres reste une constante. La présence de produits médicamenteux ou toxiques à faible durée de vie implique, de fait, une consommation régulière des animaux contaminés à tous les stades du cycle de vie de l'Aigle royal.

Les biais observés sont davantage liés à la plus grande difficulté à observer et à déterminer la nature et la provenance de certains apports que la conséquence d'une volonté délibérée de ne pas les rechercher. Néanmoins, l'évolution des méthodes d'investigation permet de combler des vides auxquels les méthodes d'analyses conventionnelles nous avaient habitués faute de pouvoir y remédier.

Les analyses sanguines ou isotopiques des tissus des Aigles royaux et de leurs sources de nourriture potentielles devraient nous permettre dans l'avenir de mieux définir la composition de leur régime alimentaire (NADJAFZADEH, M., VOIGT, C. & KRONE, O. 2016) à l'échelle individuelle et temporelle.

En dépit des variations pouvant exister entre les habitudes alimentaires entre et/ou au sein des populations, la disponibilité des cadavres (concurrence d'autres charognards, équarrissage, etc..) et leur qualité (présence de produits toxiques divers) ont un impact certain sur la biologie des Aigles royaux et probablement leur conservation.

REMERCIEMENTS

Outre mon épouse, fidèle et éclairée partenaire de mes sorties ornithologiques, je remercie particulièrement les membres du Réseau Aigle Pyrénées, en particulier J.L. GOAR et J.P. POMPIDOR, qui m'ont fait profiter de leur expérience, L. NEDELEC qui a mis à ma disposition ses magnifiques clichés et surtout D. BUHOT qui m'a guidé et a corrigé à de nombreuses reprises ce travail.

Bibliographie

ALLEY, D.J.H., MINAGAWA, M., JACOBSEN, K.O. & JOHNSEN, T.V. 2009. Domestic Reindeer in the Diet of Breeding Golden Eagles in the Calving Season in Finnmark, Norway as Determined by Stable Isotope Analysis, RAPTOR RESEARCH FOUNDATION ANNUAL CONFERENCE .

BEDROSIAN, G., WATSON, James W., STEENHOF, K., KOCHERT, N., PRESTON, C., WOODBRIDGE, B., WILLIAMS, Gary E., KELLER, Kent R., and CRANDALL, Ross H. 2017 Spatial and Temporal Patterns in Golden Eagle Diets in the Western United States, with Implications for Conservation Planning, *Journal of Raptor Research*, 51(3):347-367.

BERGMAN, G. 1961. The food of birds of prey and owls in Fenno-Scandia Zoological Museum of the University, Helsinki. *British Birds* 54, 307–330.

BLANCO, G. JUNZA, A. BARRON, D. 2017. Occurrence of veterinary pharmaceuticals in golden eagle nestlings: Unnoticed scavenging on livestock carcasses and other potential exposure routes, *Science of The Total Environment*, Volume 586, 15 May 2017, Pages 355-361.

BLAZQUEZ, M., SANCHEZ-ZAPATA, J.A., BOTELLA, F., CARRETE, M. & EGUÍA, S 2009. Spatio-temporal segregation of facultative avian at ungulate carcasses, *Acta Oecologica* 35 (5), pp. 645-650.

BLOOM, P.H. & HAWKS, S.J. 1982. FOOD HABITS OF NESTING GOLDEN EAGLES IN NORTHEAST CALIFORNIA AND NORTHWEST NEVADA, *Raptor Research* 16(4):110-115.

BROWN, B.T. 1992. Golden Eagles Feeding on Fish, *Journal of Raptor Research*, 26(1):36-37.

BROWN, L.H. and WATSON, A. 1964. The golden eagle in relation to its food supply, *Ibis* 106: 78-100.

BROWN, L. 1976. Birds of prey: their biology and ecology, *Hamlyn*, London.

- BUFFON G.L. 1770. Les Oiseaux Tome 1. Histoire Naturelle, *M. de Lile et P. Auzou*.
- CAMPBELL, S. & HARTLEY, G. 2004. Investigation into golden eagle predation of lambs on Benbecula in 2003, *Scottish Agricultural Science Agency*.
- CARNIE, S.K. 1954. FOOD HABITS OF NESTING GOLDEN EAGLES IN THE COAST RANGE OF CALIFORNIA, *The Condor* 56 n°1.
- CAUT, S., ROEMER, G.W., DONLAN, J.C. & COURCHAMP F. 2006. Coupling stable isotopes with bioenergetics to estimate interspecific interactions, *Ecological Applications* 16(5):1893–1900.
- CLOUET, M., GERARD, J.F., GOULARD, M., GOAR, J.L., GONZALEZ, L., REBOURS, I. & FAURE, C. 2017. Diet and breeding performance of the Golden Eagle, *Aquila chrysaetos*, at the eastern and western extremities of the Pyrenees: an example of intra-population variability, *Ardeola* 64 (2) 347-361.
- COLLINS PAUL W. et LATTA BRIAN C. 2009. FOOD HABITS OF NESTING GOLDEN EAGLES, *AQUILA CHRYSAETOS*, ON SANTA CRUZ AND SANTA ROSA ISLANDS, CALIFORNIA, Pages 255–268 in Damiani, C.C. and D.K. Garcelon (eds.).
- COLLOPY, M.W. 1983. A comparison of direct observations and collections of prey remains in determining the diet of Golden Eagles, *The Journal of Wildlife Management* Vol. 47, No. 2, pp. 360-368.
- COLLOPY, M.W. 1983. Foraging Behavior and Success of Golden Eagles, School Forest Resource and Conservation, 18 Newins-Ziegler Hall, University of Florida, *Auk*, 100, 747-749.
- CORTES-AVIZANDA, A., BLANCO G, DeVAULT T., I MARKANDYA A., VIRANI M., BRANDT J. & DONAZAR J. 2016. Supplementary feeding and endangered avian scavengers: benefits, caveats, and controversies, *Frontiers in Ecology and the Environment* Volume 14, Issue 4, pages 191–199
- DEBLINGER, R.D. & ALLDREDGE, A.W. 1996. Golden Eagle Predation on Pronghorns in Wyoming's Great Divide Basin, *Journal of Raptor Research*, 30(3):157-159.
- DELIBES, M., CALDERON, J. & HIRALDO, F. 1975. Selección de presa y alimentación en España del Águila real, *Aquila chrysaetos*, *Ardeola* Volume: 21, Pages: 285-303.
- DOMENECH, R., LANGNER, H. & SLABE, V. 2011. Blood-Lead Levels Of Fall Migrant Golden Eagles In West- Central Montana Intermountain, *Journal of Sciences* Vol 17, No 1-4.
- EAKLE, W.L. & GRUBB, T.G. 1986. Prey Remains from Golden Eagle Nests in Central Arizona, *Western Birds*, 17(2):87-89.
- ECKE, F., SINGH, N.J., ARNEMO, J.M., BIGNERT, A. & HELANDER, B. 2017. Sub-lethal lead exposure alters movement behavior in free-ranging Golden Eagles, *Environ. Sci. Technol.*, 51 (10), pp 5729–5736.

EULAERS, I., COVACI, A., HERZKE, D., EENS, M., SONNE, C., MOUM, T., SCHNUG, L., HANSENN, S.A., JOHNSEN, T.V., BUSTNES, J.O. & JASPERS, V.L.B. 2011. A first evaluation of the usefulness of feathers of nestling predatory birds for non-destructive biomonitoring of persistent organic pollutants, *Environment International*, Volume 37, Issue 3, April 2011, Pages 622-630.

EWINS, P.J. 1987. Golden eagle attacking and killing sheep, *Scottish Birds* 14: 209-210.

FERNANDEZ, C. 1991. Variation clinique du régime alimentaire et de la reproduction chez l'aigle royal, *Aquila chrysaetos* L., sur le versant sud des Pyrénées, *Revue d'Écologie* - 1991 N°4.

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. Ecol. (Terre Vie)*, 48: 323-329.

FUNFSTUCK, H.J. 2006. Cause of death within Golden Eagles in the Werdenfelser Land area, Bavaria, with comments on lead contamination as cause of death within raptors, *AVIFAUNISTIK IN BAYERN* Band 3 Heft2, S, 91-96.

GEDOUX F. 2010. La problématique des résidus médicamenteux dans l'alimentation des vautours : cas particuliers des anti-inflammatoires, antibiotiques et euthanasiants utilisés en élevage ruminant. Thèse de doctorat vétérinaire, *Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon*.

GEORGIEV, D.G. 2009. Diet of the Golden Eagle, *Aquila chrysaetos*, (Aves:Accipitridae) in Sarnena Sredna Gora mountains (Bulgaria), *Ecologica Balkanica* Vol 1, 95-98.

GOAR, J.L. & CLOUET, M. 2014. L' AIGLE ROYAL, *Aquila chrysaetos*, DANS LES CORBIÈRES: VARIATIONS DU RÉGIME ALIMENTAIRE ET DES PARAMÈTRES DE REPRODUCTION, *Alauda* 82 (1), 2014: 41-49.

GOODWIN, G.A. 1977. Golden Eagle Predation on Pronghorn Antelope, *Auk*, 94(4):789-790

HALLEY, D. & GJERSHAUG, O. 2008. Inter and intra specific dominance relationships and feeding behaviour of Golden Eagles, *Aquila chrysaetos*, and Sea Eagles, *Haliaeetus albicilla*, at carcasses, *Ibis* (Impact Factor: 1.86). 06/2008; 140(2):295 - 301.

HARRISON, J., KOCHERT, M.N. & HEATH, J.A. 2015. Evaluating the Use of Trail Cameras to Study Diet, Behavior, and Productivity in Cliff Nesting Golden Eagles, *Aquila chrysaetos*, *Raptor Research Foundation* | 2015 Annual Conference p 77.

HATLER, D.F. 1974. Foods at a Golden Eagle Nest in Central Alaska, *Condor*, 76(3):356-357.

HERRING, G., EAGLES-SMITH, C., BUCK, J., WOODBRIDGE, B. & LEAL, D. 2015. Lead Exposure and Effects in Golden Eagles in the Pacific Northwest: Implications for

Western Golden Eagle Population Management, *Raptor Research Foundation* | 2015 Annual Conference p 36.

JOHNSON, D., SIMES, M., LONGSHORE, K. and ESQUE, T. 2015. Prey Availability, Diet Selection and Nesting Success of Golden Eagles, *Aquila chrysaetos*, in the Mojave Desert, *Raptor Research Foundation* | 2015 Annual Conference p 40.

KNIGHT, R.L. and ERICKSON, A.W. 1978. Marmots as a Food Source of Golden Eagles along the Columbia River, *The Murrelet* Vol. 59, No. 1, pp. 28-30.

LEMUS J.A., BLANCO G., ARROYO B., GRANDE J., 2009. Fatal embryo chondral damage associated with fluoroquinolones in eggs of threatened avian scavengers, *Environmental Pollution* Volume 157, Issues 8–9, August–September 2009, Pages 2421-2427.

MADRY, M., KRAEMER, T., KUPPER, J., NAEGELI, H., JENNY, H., JENNI L. and JENNY, D. 2015. Excessive lead burden among golden eagles in the Swiss Alps, *Environ. Res. Lett.* 10.

MARCHESI, L., PEDRINI, P. & SERGIO, F. 2002. BIASES ASSOCIATED WITH DIET STUDY METHODS IN THE EURASIAN EAGLE-OWL, *j. Raptor Res.* 36(1):11-16.

MARGALIDA, A., MAÑOSA, S., BERTRAN, J. & GARCÍA, D. 2007. Biases in Studying the Diet of the Bearded Vulture, *Journal of Wildlife Management* 71(5):1621-1625.

MARGALIDA, A., COLOMER, M., SANCHEZ R. & SANCHEZ FJ 2017. Behavioral evidence of hunting and foraging techniques by a top predator suggests the importance of scavenging for preadults, *Ecology and Evolution*, 2017.

MARR, NV. & KNIGHT, RL. 1983. Food habits of Golden Eagles in eastern Washington, *The Murrelet* 64:73–77.

MERSMANN, T.J., BUEHLER, D.A., FRASER, J.D. and SEEGAR, J.K.D. 1992. Assessing bias in studies of bald eagle food habits, *J. Wildl. Manag.*, 56: 73–78.

MIEGEMARQUE, H. 1902. Chasses Pyrénéennes, *CAIRN* PAU.

MORALES-REYES, Z., SANCHEZ-ZAPATA, J.A., SEBASTIAN-GONZALEZ, E., BOTELLA, F., CARRETE, M. & MOLEON, M. 2017. Scavenging efficiency and red fox abundance in Mediterranean mountains with and without vultures, *Acta Oecologica* 79, 81-88.

MOSS, E.H.R., HIPKISS, T., OSKAESSON, I., HAGER, A., ERIKSSON, T., NILSSON L.E., HALLING, S., NILSSON P. & HORNFELDT, B. 2012. Long-Term Study of Reproductive Performance in Golden Eagles in Relation to Food Supply in Boreal Sweden, *Journal of Raptor Research* 46(3):248-257.

NADJAFZADEH, M. 2011. Feeding Ecology of and Lead Exposure in a Top Predator: The White-tailed eagle, *Haliaeetus albicilla*, *Logos Verlag* Berlin GmbH- 141 pages

- NADJAFZADEH, M. 2013. The Link between Feeding Ecology and Lead Poisoning in White-tailed Eagles, *Wildlife Management* Vol. 77, 1, p 48-57.
- NADJAFZADEH, M., VOIGT, C. & KRONE, O. 2016. Spatial, seasonal and individual variation in the diet of White-tailed Eagles, *Haliaeetus albicilla*, assessed using stable isotope ratios, *Ibis* (2016), 158, 1–15.
- NEBEL, D., DUQUESNE, A. & JUIN, G. 1996. L'aigle royal dans la Réserve Domaniale du Mont Vallier, *Alauda* 64 (2) 179-186.
- NEWTON, I. 1979. Population Ecology of Raptors, *T. & A.D. Poyser*, Berkhamsted.
- NEWTON, I. & OLSEN, P. 1991. Les oiseaux de proie, *Bordas*, Paris
- NIEMINEN, M., NORBERG, H. & MAIJALA, V. 2011. Mortality and survival of semi-domesticated reindeer, *Rangifer tarandus tarandus* L., calves in northern Finland, *Ornis Fennica* 76(1): 1-16.
- NORBERG, H. 2003. Golden Eagle as predator on reindeer calves in Finland, *Symposium om kongeørn* 42-52.
- NYGARD, T. and GJERSHAUG, J.O. 2003. Pollutants and Reproduction in Golden Eagles, *Aquila chrysaetos*, in Norway, *Symposium om kongeørn* p19.
- NYSTROM, J., EKENSTEDT, J., ANGERBJORN, A., THULIN, L., HELLSTROM, P. & DALEN, L. 2006. Golden Eagles on the Swedish mountain tundra – diet and breeding success in relation to prey fluctuations, *Ornis Fennica* 83:145–152.
- OLENDORFF, R. 1976. The Food Habits of North American Golden Eagles, *The American Midland Naturalist* Vol. 95, No. 1, pp. 231-236.
- ORO, D. & TELLA, J. 1995. A COMPARISON OF TWO METHODS FOR STUDYING THE DIET OF THE PEREGRINE FALCON, *J Raptor Res.* 29(3):207-210.
- PENTERIANI, V., SERGIO, L.F., DELGADO, M., GALLARDO, M. & FERRER, M. 2004. Biases in population diet studies due to sampling in heterogeneous environments: a case study with the Eagle Owl, *Journal of Field Ornithology* 76(3):237-244.
- PINASSEAU, M. 2015. LES INTOXICATIONS DES RAPACES DUES AUX ACTIVITES HUMAINES EN FRANCE, Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, *Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse*.
- PITARCH, A., GIL, C. & BLANCO, G. 2017. Oral mycoses in avian scavengers exposed to antibiotics from livestock farming. *Sci Total Environ.* 2017 Jun 26;605-606:139-146.
- POUT, A.C. 1998. Seasonal differences in pellet remains from Golden Eagles in the Isle of Harris, *Scottish Birds* (1998) 19: 239-243 239.
- RATCLIFFE, P.R. & ROWE, J.J. 1979. A golden eagle, *Aquila chrysaetos*, kills an infant roe deer, *Capreolus capreolus*, *J. Zool. (Lond.)* 189: 532-535.

- REAL, J. 1996. Biases in diet study methods in the Bonelli's eagle, *Journal of Wildlife Management* 60:632–638.
- REITAN, M. 2013. Assessing the Diet of the Golden eagle, *Aquila chrysaetos*, and the Biomagnification of Metals by use of Stable isotope analysis and ICP-MS, Master thesis, *Norwegian University of Science and Technology*.
- RICAU, B. & DECORDE, V. (Groupe Rapaces) 2009. L'Aigle royal, biologie, histoire et conservation, situation dans le Massif Central, *Biotope* (Collection Parthénone). Mèze.
- SANCHEZ, R., MARGALIDA, A., GONZALEZ, L.M. & ORIA, J. 2008. Biases in diet sampling methods in the Spanish Imperial Eagle, *Aquila adalberti*, *Ornis Fennica* 85:82–89.
- SANCHEZ - ZAPATA, J.A. & CALVO, J.F. 1998. Importance of birds and potential biases in diet study methods of Montagu's harriers, *Circus pygargus*, in Southeastern Spain, *J. Raptor Res.*, 32: 254–256.
- SANCHEZ - ZAPATA, J.A., EGUIA, S., BLAZQUEZ, M., MOLEON, M. & BOTELLA, F. 2010. Unexpected role of ungulate carcasses in the diet of Golden Eagles, *Aquila chrysaetos*, in Mediterranean mountains, *Bird Study*, 57:3, 352-360 .
- SCHWEIGER, A., FUNFSTUCK, H.J., & BEIERKUHNLIN, C. 2014. Availability of optimal-sized prey affects global distribution patterns of the golden eagle, *Aquila chrysaetos*, Supplementary material *Journal of Avian Biology*.
- SCOTT, S.J. and BOLLINGER, T.K. 2015. The Causes of Eagle Mortality in Saskatchewan, 1992-2012. *Canadian Wildlife Biology & Management* 2015: Vol 4, N 1.
- SEBASTIAN-GONZALEZ, E., SANCHEZ-ZAPATA, J.A., DONAZAR, J.A., SELVA, N., CORTES-AVIZANDA, A., HIRALDO, F., BLAZQUEZ, M., BOTELLA, F. & MOLEON, M., 2013. Interactive effects of obligate scavengers and scavenger community richness on lagomorph carcass consumption patterns, *Ibis* Volume 155, Issue 4 October 2013 Pages 881–885.
- SEBASTIAN-GONZALEZ, E., MOLEON, M, GIBERT, J.P., BOTELLA, F, MATEO-TOMAS, P., OLEA, P.P., GUIMARAES, P.R. Jr. & SANCHEZ-ZAPATA, J.A., 2016. Nested species-rich networks of scavenging vertebrates support high levels of interspecific competition, *Ecology* 97, 95-105.
- SEGUIN, J.F. & THIBAUT, J.C. 1996. Ajustement de l'alimentation de l'Aigle royal, *Aquila chrysaetos*, à la disponibilité saisonnière des proies pendant la période de reproduction en Corse, *Revue d'Écologie* - 1996 N°4.
- SEGUIN, J.F., BAYLE, P., THIBAUT, J.C., TORRE, T. & VIGNE, J.D. 1998. A Comparison of Methods To Evaluate The Diet of Golden Eagles in Corsica, *J. Raptor Research* 32 (4): 314-318
- SHAFAEIPOUR, A. 2015. Nesting Season Diet of Golden Eagles, *Aquila chrysaetos*, in Western Iran, *Journal of Raptor Research* 49 (3):303-307.

SHORE R.F., WALKER L.A., LAWLOR A.J., POTTER E.D., GRANT H.K., PEREIRA M.G. 2015. Mercury in golden eagle eggs– use of stable isotopes to distinguish dietary influences in long - term monitoring studies, Centre for Ecology & Hydrology, Lancaster Environment Centre, Lancaster, UK

SIMMONS, R.E., AVERY D.M. and AVERY G. 1991. Biases in diets determined from pellets and remains: correction factors for a mammal and bird-eating raptor, *Journal of Raptor Research* 25:63–67.

SKOUEN, S.K. 2012. Assessing diet and prey handling in golden eagles, *Aquila chrysaetos*, by video monitoring at nest Norwegian *University of Life Sciences*.

SORENSEN, O.J., TOTSAS, M., SOLSTAD, T. & RIGG, R. 2008. Predation by a golden eagle on a brown bear cub. *Ursus* 19(2):190-193.

STAHLECKER, D.W., MIKESIC, D.G., WHITE, J.N., SHAFFER, S., DELONG, J.P., BLAKEMORE, M.R. and Blakemore, C. E. 2009. Prey remains in nests of four corners golden eagles 1998-2008, *Western Birds* 40:301-306.

STEENHOF, K. & KOCHERT, M.N. 1988. Dietary responses of three raptor species to changing prey densities in a natural environment, *J. Anim. Ecol.* 57: 37–48.

SULKAVA, S., HUHTALA, K., RAJALA, P. et TORNBERG, R. 1999. Changes in the diet of golden eagle, *Aquila chrysaetos*, and small game populations in Finland in 1957-96, *Ornis Fennica* 76:1-16.

TAKEUCHI, T., SHIRAKI, S., NASHIMOTO, M., MATSUKI, R., ABE, S. & YATAKE, H. 2006. Regional and temporal variations in prey selected by Golden Eagles, *Aquila chrysaetos*, during the nestling period in Japan, *Ibis* Volume 148, Issue 1, pages 79–87.

TJERNBERG, M. 1981. Diet of the Golden Eagle, *Aquila chrysaetos*, during the Breeding Season in Sweden, *Holarctic Ecology* Vol. 4, No. 1 (Feb., 1981), pp. 12-19.

TJERNBERG, M. 1983. Prey Abundance and Reproductive Success of the Golden Eagle, *Aquila chrysaetos*, in Sweden, *Holarctic Ecology*, Vol. 6, No. 1 (Feb., 1983), pp. 17-23.

TORNBERG, R. & REIF, V. 2006. Assessing the diet of birds of prey: A comparison of prey items found in nests and images, *Ornis Fennica* 84:21 - 31.

WALKER, D.G. 1987. Observations on the post-fledging period of the Golden Eagle, *Aquila chrysaetos*, in England, *Ibis*, vol. 129, no. 1, pp. 92-96, 1987.

WALKER, D. 2017. A fieldworker's guide to the Golden Eagle, *Whittles Publishing*.

WATSON, J. & LANGSLOW, D.R. 1989. Can Food Supply explain Variation in Nesting Density and Breeding Success amongst Golden Eagles, *Aquila chrysaetos*, *Meyburg, B.-U. & R. D. Chancellor eds. 1989 Raptors in the Modern World*.

WATSON, J., RAE, S.R. & STILLMAN, R. 1992. Nesting Density and Breeding Success of Golden Eagles in Relation to Food Supply in Scotland, *Journal of Animal Ecology* 1992 British Ecological Society.

WATSON, J., LEITCH, A. F. and RAE, S. R. 1993. The diet of Golden Eagles, *Aquila chrysaetos*, in Scotland, *Ibis*, 135: 387–393.

WATSON, J. 2010. The Golden Eagle. *T. & A.D. Poyser*, Londres.

WATSON James W. & DAVIES, R.W. 2015. Comparative Diets of Nesting Golden Eagles in the Columbia Basin Between 2007–2013 and the Late 1970s., *Northwestern Naturalist* 96(1):81-86. ·

WHITFIELD, D.P., REID, R., HAWORTH, P.F., MADDERS, M., MARQUISS, M., TINGAY, R. & FIELDING, A.H. 2009. Diet specificity is not associated with increased reproductive performance of Golden Eagles, *Aquila chrysaetos*, in Western Scotland, *Ibis* 151, 255–264.

WHITFIELD, D.P., MARQUISS, M., REID, R., GRANT, J., TINGAY, R. & EVANS, R.J. 2013. Breeding season diets of sympatric White-tailed Eagles and Golden Eagles in Scotland: no evidence for competitive effects, *Bird Study* 01/2013; 60(1):67-76.

WILLARD, F.C. 1916. Notes on the Golden Eagle in Arizona, *The Condor* Vol. 18, No. 5 (Sep. - Oct., 1916), pp. 200-201.

WINDINGSTAD, R.M. STILES,H.E. and DREWIEN,R.C. 1981. Whooping Crane Preyed Upon by Golden Eagle, *Auk*, Vol. 98.

WOODGERD, W. 1952. Food Habits of the Golden Eagle, *J Wildl Manage.* 16:457–459. 15.

ZETTERGREEN, B. 2006. Golden eagle attacks and kills yearling mountain goat, *Wildlife Afield* 3(1):27-28.

Rapport d'autopsie PNP N° Dossier : 193308
Aigle Royal PNP-AU-2013/AR01 n°SAGIR 0110946

Jacques BOUILLERCE-MIRASSOU : 12 Chemin des Crêtes, 64190 Araux