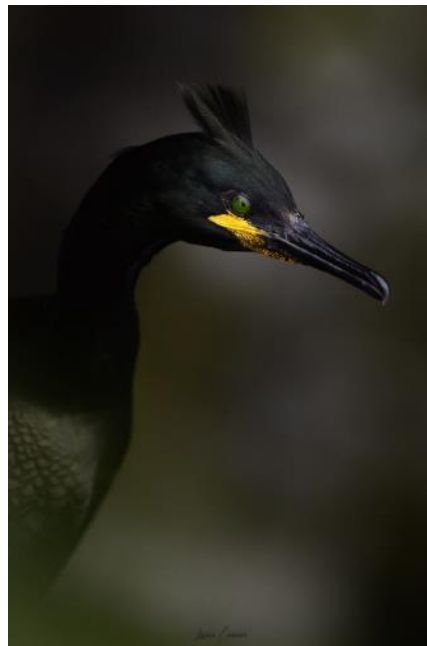


UFR SCIENCES ET SCIENCES DE L'INGENIEUR
LICENCE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE
3^{Eme} ANNEE
PARCOURS BIOLOGIE ET ECOLOGIE GENERALES
ANNEE UNIVERSITAIRE 2019-2020

**LE CORMORAN HUPPE, UN INDICATEUR DE LA QUALITE DES ECOSYSTEMES
COTIERS ?**



(photo : Laura Carrier)

Mathilde CLAIRAMBAULT
Rapport de stage présenté le 02/06/2020

Laboratoire d'accueil :
EA 7462 GEOARCHITECTURE

Directeur de stage :
Philippe MAES

Remerciements

A l'Université Bretagne Sud et plus particulièrement au laboratoire de Géoarchitecture pour m'avoir accueillie.

A Monsieur Philippe MAES, mon maître de stage et professeur de Biologie Animale depuis ma première année, qui m'a tant appris et pour qui j'éprouve de l'admiration. Merci de m'avoir donné l'opportunité d'effectuer un stage en lien avec mon projet professionnel. Merci pour la confiance accordée malgré la distance, pour le côté papa-poule qui m'a beaucoup touchée à Hoëdic et merci de me transmettre vos connaissances avec tant de passion.

A Monsieur SIROT, mon professeur d'écologie depuis ma première année et grâce à qui j'ai trouvé ma voie. Merci de m'avoir enseigné tant de concepts clés pour mon futur.

A mes parents qui m'ont toujours soutenue et sans qui je ne serai pas aussi épanouie. Merci pour l'éducation que vous m'avez donnée et merci d'avoir relu sans cesse mon rapport.

A Damien ROLLAND qui, depuis 6 ans, ne cesse de me pousser dans mes retranchements. Merci de croire en moi et d'être présent.

A Messieurs Dominique MARQUES et Marc FASOL qui ont autorisé l'utilisation de leurs photographies dans mon rapport.

A Monsieur David GREMILLET qui m'a donné l'accès à ses derniers travaux publiés non accessibles publiquement.

« Nous devons comprendre que nous faisons partie du monde naturel, que nous en dépendons, et qu'en le détruisant, en fait, nous volons l'avenir de nos enfants. J'espère qu'en raison de cette riposte sans précédent, ces confinements partout dans le monde, plus de gens vont se réveiller, commencer à penser des façons dont ils pourraient vivre différemment leurs vies. »

Jane GOODALL

Liste des figures

Fig.1. *Phalacrocorax aristotelis* en vol, en période de reproduction, huppe, bec crochu et commissures jaunes, menton bleuté

Fig.2. Distribution des colonies de Cormoran huppé du Mor Braz d'après le niveau de suivis (CORMOR, 2012)

Fig.3. Exemple de plongées benthiques enregistrées par un enregistreur de plongées attaché à un Cormoran huppé parti s'alimenter en mer (oiseau EBD, 21 avril 201).

Fig.4. Delta-wing posture (**a**) et full wing-spreading posture (**b**) chez *Phalacrocorax aristotelis* (photo a : Denis Joye ; photo b : Francis Aubry).

Fig.5. *P.aristotelis* se nourrissant d'une blennie (Blenniidae) à la surface de l'eau (photo : Dominique Marques (www.oiseaux.net))

Fig.6. Sagitta de Gadidés (**a**) (photo Y.Planque et Ifremer) ; Sagitta d'Ammodytidés (**b**) (photo : N.Aldanondo et The Daily Beast) ; Sagitta de Gobidés (**c**) (photo : P.Davoodi et Anonyme).

Fig.7. Proportion de chaque taxon sur les trois îlots de 2010 à 2018.

Fig.8. Variations du régime alimentaire de *P.aristotelis* au sein du Mor Braz (Er Valant, Er Valueg, Meaban) et au large du Finsitère (Glénan).

Fig.9. Variations saisonnières du régime alimentaire du Cormoran huppé sur Meaban pour l'année 2013 (a) et sur les Glénan pour l'année 2014 (b).

Fig.10. Proportion des principales familles de proies du Cormoran huppé lors de la saison de reproduction et hors reproduction à Meaban.

Fig.11. Proportion des familles de téléostéens prédatés de 2010 à 2018 sur Meaban.

SOMMAIRE

Organisme d'accueil.....	p 1
Introduction.....	p 1-2
I- Biologie et écologie du Cormoran huppé.....	p 2-8
A) Morphologie externe.....	p 2
B) Répartition et démographie.....	p 3
C) Mode d'alimentation et régime alimentaire.....	p 5
D) Relations interspécifiques.....	p 7
II- Le cormoran huppé, sentinelle des écosystèmes côtiers du Mor Braz ?.....	p 8-17
A) Méthode utilisée.....	p 8
B) Résultats.....	p 9
1- Indicateur des populations relatives du Mor Braz.....	p 9
2- Indicateur des changements environnementaux.....	p 10
a) Variations spatiales	
b) Variations saisonnières	
c) Variations interannuelles	
C) Limite de la méthode.....	p 16
III- Conclusion et discussion.....	p 17-18
IV- Bibliographie.....	p 19-20
V- Résumé et abstract	
Annexe 1 : Un peu d'histoire...	
Annexe 2 : Classification des oiseaux d'après Tudge (2000)	
Annexe 3 : Figures A3.1, A3.2, A3.3, A3.4	

Organisme d'accueil

L'Equipe d'Accueil EA 7462 GEOARCHITECTURE TERRITOIRES, URBANISATION, BIODIVERSITE, ENVIRONNEMENT aux multi tutelles Université de Bretagne Occidentale, Université Bretagne Sud, Université Rennes 1 est un laboratoire pluridisciplinaire créé en 1982. Dirigé par Frédéric BIORET, il fait appel à une équipe aux disciplines complémentaires se localisant sur 3 sites : UBO, Rennes 1 et UBS. L'équipe de recherche associe les sciences humaines et sociales aux diverses disciplines de l'aménagement et de l'environnement. Le laboratoire possède trois axes de recherche ; un premier axe connecté aux approches dynamiques des territoires urbains et naturels ; un deuxième axe dédié aux questions de l'invention et de la gestion des patrimoines ; enfin un troisième axe transversal, consacré aux pratiques, aux usages et aux représentations. Lors de mon stage, j'ai intégré l'équipe de recherche de l'EA 7462 de l'Université Bretagne Sud dirigée par Ronan LE DELEZIR. Le programme CORMOR, réalisé en partie par cette équipe d'accueil et auquel mon maître de stage Philippe MAES a participé, vise à étudier la possible utilisation du Cormoran huppé comme indicateur de la qualité des écosystèmes côtiers. Ce stage de Licence 3 s'inscrit donc dans la continuité de cette étude.

Introduction

De nos jours, de par un accroissement de la pêche à des fins commerciales, les écosystèmes côtiers doivent faire face à une surexploitation de leurs ressources. Ces ressources étant limitées, il est primordial de les protéger. Le réchauffement climatique accroît la fragilité des écosystèmes en impactant directement les maillons inférieurs de la chaîne alimentaire et indirectement les top-prédateurs. De plus, l'augmentation des activités anthropiques telles que l'extraction de sédiments marins ou l'utilisation d'énergies marines renouvelables contribue à déstabiliser les écosystèmes marins. Dans le but de mieux protéger nos ressources et afin de maintenir une exploitation viable de ces écosystèmes, il est nécessaire d'accroître nos connaissances sur ces habitats si fragiles. Depuis les années 80, les chercheurs multiplient les études dans le but de trouver des espèces indicatrices de l'état des écosystèmes côtiers. De par leur position au sommet, ou presque, de la chaîne alimentaire, leur place culturelle iconique ainsi que leur accessibilité, les oiseaux marins semblent être de bonnes sentinelles des changements dans les écosystèmes marins (Furness et al, 1997 et Grémillet et al, 2020). En 2010, l'association Bretagne vivante, en partenariat avec le Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, initie le programme CORMOR.

Ce programme de recherche et de conservation a pour but d'étudier l'utilisation du cormoran huppé : *Phalacrocorax aristotelis* (Linné 1761) comme bioindicateur des écosystèmes marins du Mor Braz (de la Baie de Quiberon 56170 à la pointe du Croisic 44490), Bretagne, France (Fortin et al 2012). Ce travail fait état de l'état, premièrement, des connaissances concernant la biologie et l'écologie de *P. aristotelis* et, deuxièmement, de sa possible utilisation en tant qu'espèce sentinelle des écosystèmes marins du Mor Braz à partir des données sur le régime alimentaire de trois colonies dans le Mor Braz de 2008 à 2018.

I- *Biologie et écologie du Cormoran huppé*

A) *Morphologie externe*

Le cormoran huppé, comme évoqué précédemment (Annexe 1), appartient au genre *Phalacrocorax*, à la famille des *Phalacrocoracidae* et à la « classe » des oiseaux. Si l'on jette un rapide coup d'œil au cladogramme amenant aux oiseaux (Annexe 2), nous voyons que les oiseaux auraient un ancêtre en commun avec les reptiles dinosauriens. Et oui, les oiseaux seraient donc des dinosaures !

Il y eut bien des transformations pour arriver au cormoran huppé aujourd'hui existant. Il s'agit donc d'un oiseau marin de grande envergure (90 à 105 cm) et d'une longueur allant de 65 à 80 cm (Spanneut, 2008). Il se distingue du grand cormoran, également présent sur nos côtes, par sa plus petite taille, le plumage entièrement sombre avec quelques reflets bronze et la présence d'une huppe en début de période de reproduction (Pasquet, 1984). Il possède également un bec fin et crochu à son extrémité aux commissures jaunes. Le front est bombé et le menton déplumé bleu foncé. Le cou est souple et les pattes noires sont palmées (Fig.1).





Fig.1. **a**, *P.aristotelis* en vol (photo : Benoit Dumeau) ; **b**, *P.aristotelis* en période de reproduction (huppe) (photo :Anonyme) ; **c**, *P.aristotelis* huppe, bec crochu et commissures jaunes (photo : Marc Fasol www.oiseaux.net) ; **d**, *P.aristotelis* menton bleuté (photo : Marc Fasol ww.oiseaux.net).

Sa masse corporelle avoisine les 1,9 kg mais il existe un dimorphisme sexuel qui rend le mâle environ 15% plus lourd que la femelle (Wanless et al, 1997).

B) Répartition et démographie

Le cormoran huppé est aujourd'hui présent sur tout le littoral français allant de la Manche à la Baie de Biscay ainsi qu'en Méditerranée. Il est cependant peu présent sur les côtes de la Nouvelle-Aquitaine. *Phalacrocorax aristotelis* est totalement maritime et n'est, par conséquent, presque jamais observé à l'intérieur des terres. Il a été estimé que la population de *P.aristotelis* dans le secteur côtiers du Mor Braz exploite des sites allant de l'ouest de la presqu'île de Quiberon jusqu'à l'est de l'archipel de Houat-Hoëdic et de la côte sauvage de Belle-Île à l'île de Meaban (Fortin et al, 2013). Ces populations ont été suivies au cours du programme CORMOR selon trois niveaux de suivis (Fig.2). Le premier consiste à estimer l'effectif nicheur total sur l'ensemble du Mor Braz. Le second niveau de suivi consiste à estimer l'effectif nicheur des colonies principales que sont l'archipel de Houat-Hoëdic, l'île de Meaban, Belle-Île et la presqu'île de Quiberon. Le troisième niveau estime l'effectif nicheur des colonies majeures. Elles sont au nombre de 3 et sont situées sur Er Valant (Archipel de Houat), Er Vallueg (Archipel de Houat) et Meaban (Baie de Quiberon).

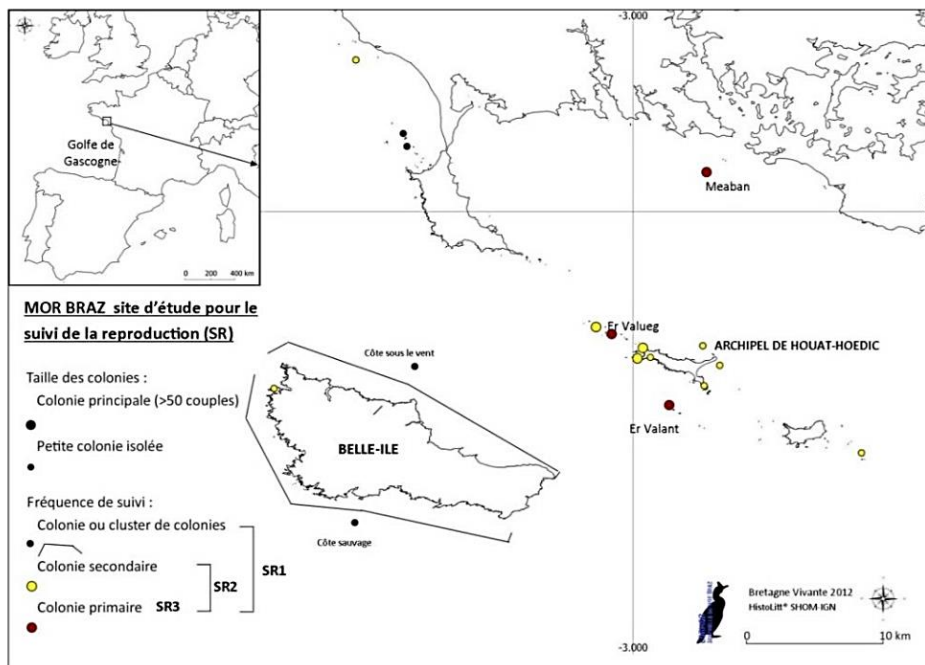


Fig.2. Distribution des colonies de Cormoran huppé du Mor Braz d'après le niveau de suivis (CORMOR, 2012)

Il est important de rappeler que cette espèce atteint sa maturité sexuelle à partir de 3 ans, qu'elle est monogame, sédentaire et niche sur les rochers ou falaises existants. La période de reproduction commence dès février sur les côtes du Mor Braz. L'effectif reproducteur soit le nombre de couples formés et à maturité sexuelle a été évalué depuis les années 1980 sur l'archipel de Houat et l'île de Meaban. Il a été estimé à, respectivement 487 et 24 couples en 1984 (Pasquet, 1987). L'accroissement de cet effectif est assez faible puisqu'il est de 1.1% par an (Bretagne Vivante, 2011). Il varie de manière synchrone entre les trois colonies étudiées (Annexe 3 : Fig.A3.1)

Les cormorans huppés produisent en moyenne 3 œufs et seulement 1.7 jeune à l'envol par couple (Pasquet, 1987). Cette estimation semble bien plus élevée que les résultats obtenus par les chercheurs du programme CORMOR pour les trois colonies majeures du Mor Braz. Les résultats montrent que, sur la période de 2004 à 2009, un couple produit en moyenne 1.1 poussin par an. Cette estimation semble corrélée à la bibliographie puisque le succès reproducteur varie de 0.13 à 1.63 en Norvège (Lorentsen et al, 2019). La variation du nombre de couples reproducteurs entraîne des variations dans le même sens du succès de reproduction ou fitness (Lorentsen et al, 2019). Le fitness est la capacité d'un organisme à bien transmettre ses gènes. En effet, lorsqu'il y a moins de couples reproducteurs, il y a moins de poussins produits (recrutement plus faible) et le succès reproducteur est plus faible (Annexe 3 : Fig.A3.2).

L'effectif reproducteur est également corrélé au taux de survie. Il a été estimé, pour la population du Mor Braz depuis 2004, à 0.438 pour les jeunes d'un an, 0.760 pour les jeunes de deux ans et 0.812 pour les adultes. Il était respectivement estimé à 0.254, 0.613 et 0.84 en 1987 (Pasquet, 1987) et à 0.51, 0.75 et 0.84 en 1980 (Potts et al, 1980). La principale cause de mortalité reconnue est la prise accidentelle dans les

filets de pêche (Croxall et al, 2012). Les jeunes étant nourris par les adultes jusqu'à l'âge de 1 an, si les adultes meurent, les jeunes mourront par inanition. De plus, de par son régime alimentaire piscivore, le cormoran huppé entre en compétition avec l'Homme concernant les stocks de ressources exploitées. Il est donc très mal vu et doit faire face à une très mauvaise réputation.

C) Mode d'alimentation et régime alimentaire

Le cormoran huppé est un endotherme (qui fabrique sa propre chaleur) et possède donc un taux de métabolisme élevé. En effet, il a été estimé que sa consommation journalière de nourriture représentait 16% de son poids (Barret et al, 1990). Afin de subvenir à ses besoins, la plupart des cormorans huppés sont des plongeurs benthiques (plus de 99% des plongées). Les profondeurs de plongée atteignent en moyenne $13.7 + 6.4$ m et au maximum 38m (Fig.3). Elles sont moindres que celles relevées en moyenne ailleurs (Ecosse : 15-36m, maximum : 43 m Wanless 1991, Watanuki et al. 2008).

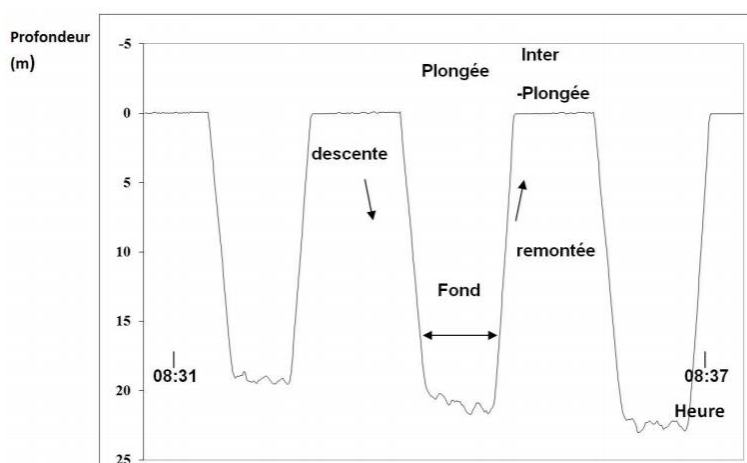


Fig.3. Exemple de plongées benthiques enregistrées par un enregistreur de plongées attaché à un Cormoran huppé parti s'alimenter en mer (oiseau EBD, 21 avril 2001).

La plongée se fait à partir de la surface de l'eau et la propulsion est assurée uniquement par les pieds palmés. *P. aristotelis* localise ses proies visuellement. Le cormoran huppé alterne quotidiennement entre les périodes de chasse (plongée) et les période de repos sur la colonie. Au cours des périodes de chasse, soit environ une dizaine de fois par jour, il fait succéder plongées et inter-plongées une quinzaine de fois. Ce qui, multiplié par le nombre de périodes de chasses par jour, place le nombre de plongées quotidiennes à 150 (Bretagne Vivante, 2011). La première plongée est matinale (5h du matin). Les cormorans huppés alternent entre périodes de chasse et retour à la colonie où ils profitent du sec pour « sécher » leurs ailes en les étendant partiellement (delta-wing posture) ou complètement (full wing-spreading posture) de part et d'autre du corps (Cook, 2008) (Fig.4).



Fig.4. Delta-wing posture (a) et full wing-spreading posture (b) chez *Phalacrocorax aristotelis* (photo a : Denis Joye ; photo b : Francis Aubry).

Lorsqu'ils capturent de petits poissons, ils les ingèrent au cours de la plongée. Lorsqu'ils capturent de gros poissons, ils remontent à la surface avant de l'ingérer (Fig.5). Son régime alimentaire est riche et varié. Il s'agit d'un large panel de poissons aussi bien benthique que démersal ou pélagique, c'est pourquoi il a été classé comme consommateur généraliste opportuniste (Barret 1991, Grémillet et al 1998).



Fig.5. *P.aristotelis* se nourrissant d'une blennie (Blenniidae) à la surface de l'eau (photo : Dominique Marques (www.oiseaux.net))

Deux types d'exploitation du milieu côtier selon les individus ont été observés. Certains cormorans font des voyages longs (jusqu'à 7km de la colonie) et plongent plus profondément (38 m max) mais moins souvent et restent moins longtemps au fond. D'autres font des voyages courts (pas plus de 1,5 km de la colonie) et plongent moins profondément (17m max) mais plus souvent (jusqu'à 400 plongées par jour). Les deux types de stratégies s'observent chez un même individu. Le cormoran huppé dispose donc d'une forte plasticité comportementale (CORMOR 2011). Le régime alimentaire du cormoran huppé est à plus de 90% constitué de cinq familles de poissons : Gadidés, Gobiidés, Labridés, Athérinidés et Ammodytidés . Seuls les Gobiidés sont benthiques, les autres familles principales sont démersales. Il y a également des proies pélagiques comme les Clupeidés mais elles sont très minoritaires. De temps en temps des petits invertébrés tels que des polychètes sont également ingérés. Il convient de préciser que

le régime alimentaire de *P. aristotelis* varie non seulement en fonction du lieu où vit la colonie, mais également en fonction des saisons. Cette thématique faisant l'objet d'une partie entière incluant du traitement de données, elle ne sera pas plus détaillée ici.

D) Relations interspécifiques

Le statut de top prédateur du Cormoran huppé lui confère différents types de relations avec les espèces partageant le même biotope. *P. aristotelis* entretient, en plus de la compétition interspécifique, un autre type de relation interspécifique. Son rang de top-prédateur le place en haut de la chaîne alimentaire des écosystèmes côtiers et lui confère alors une relation de type prédateur-proie avec ses ressources. Cette relation est dépendante de deux critères que sont le type de croissance de la ressource (exponentielle ou logistique) et la réponse fonctionnelle c'est-à-dire le nombre de proies consommées par jour pour un individu. Elle est modélisée par le modèle de prédation de Lotka-Volterra. Il existe plusieurs modélisations possibles qui auront des conséquences distinctes sur le stock de proies. En effet, si à une croissance exponentielle de proies est ajoutée une réponse fonctionnelle de type I pour le prédateur alors le modèle n'est ni stable ni instable (stabilité neutre). Le prédateur maintient sa fonction de régulateur de la densité de proies par la proportionnalité existante entre la densité de proies N et le nombre de proies mangées. Plus il y a de proies et plus il en mange ce qui évite une explosion de la densité de proies qui ne mourra alors pas d'inanition. Le deuxième modèle fait intervenir une croissance de proies exponentielle avec une réponse de type II pour le prédateur. La réponse de type II fait apparaître un seuil pour lequel le prédateur ne mangera pas plus de proies lorsque la densité augmentera. Il perd alors son rôle de régulateur et laisse exploser la population de proie qui mourra alors d'inanition. Ce modèle est complètement instable et n'est guère observable dans la nature du fait qu'il amène à l'extinction d'une espèce. Le dernier modèle est le plus stable. Il fait intervenir une croissance logistique des proies et donc l'apparition de la densité dépendance négative (compétition intraspécifique), dont le rôle est de réguler la densité de proies, avec une réponse de type I pour le prédateur. La réponse de type I stabilise un modèle déjà stable qu'est la croissance logistique et permet alors à la relation prédateur-proie de perdurer. Ce modèle est de ce fait majoritairement rencontré dans la nature. En effet, le cormoran huppé joue un rôle de régulateur sur les densités de Gadidés, Ammodytidés, Gobiidés et autres familles de téléostéens dans le Mor Braz et participe donc au maintien des stocks. A l'inverse, la densité de proies affecte également fortement le succès de chasse des cormorans et donc leur survie (Enstipp et al, 2007). Plus il y a de nourriture, plus il sera facile d'en trouver et plus le temps passé à rechercher la proie sera réduit (Annexe 3 : Fig.A3.3).

Assurément, il a été montré qu'il existait une relation linéaire entre le taux de capture de proies et la densité de proies (Enstipp et al, 2007) (Annexe 3 : Fig.A3.4).

Aux relations directes de la prédation, il faut ajouter les relations indirectes que la prédation va engendrer. Afin d'échapper à leur prédateur, les proies peuvent modifier leur comportement comme rester en groupe, se cacher ou développer la vigilance collective. Le comportement grégaire est souvent observable chez les poissons et affecte significativement les succès de chasse du cormoran. Le succès de capture est plus faible et l'effort fourni par le prédateur plus élevé lorsque les poissons évoluent en bancs (Enstipp et al, 2007).

II- Le cormoran huppé, sentinelle des écosystèmes côtiers du Mor Braz ?

Victime de sa rivalité avec l'Homme de par son régime alimentaire, le Cormoran huppé est aujourd'hui classé comme espèce protégée (IUCN) et sur liste rouge de la région Bretagne (INPN). Demeure alors la création de programmes de conservation visant à utiliser cette espèce comme indicateur des écosystèmes côtiers. De par son régime alimentaire généraliste et opportuniste, et de par son comportement alimentaire, *Phalacrocorax aristotelis* est un véritable bioindicateur du bon état des écosystèmes marins. Ce travail se focalise uniquement sur les écosystèmes du Mor Braz et principalement sur les îlots de Meaban (Baie de Quiberon), Er-Valueg et Er-Valant (Archipel de Houat-Hoëdic) avec, parfois, une comparaison au Finistère (Glénan).

A) Méthode utilisée

L'évaluation des stocks de proies par l'étude du régime alimentaire repose sur l'identification d'otolithes dans les pelotes de réjection prélevées sur les trois sites d'études. Cette méthode, peu traumatisante, permet d'obtenir des informations aussi bien qualitatives que quantitatives sur le régime alimentaire (Zylstra et al, 1995). Le cormoran huppé ne produit qu'une pelote de réjection par jour (Johnstone et al, 1990) ce qui donne donc des indications sur le(s) dernier(s) repas ingéré(s) (Morat, 2007). Les pelotes sont constituées des restes de matériel non digéré et non digérable comme les dents, os pharyngiens, écailles, vertèbres et otolithes.

La récolte est saisonnière sur les trois sites d'études. Depuis 2008, 5061 pelotes ont été traitées et 176 328 otolithes ont été analysées. Une fois les pelotes relevées sur les sites d'études, elles sont référencées et isolées dans un sachet individuel conservé à -18°C. Les pelotes sont analysées : poids, tailles et état de fraîcheur puis une dizaine de millilitres d'eau à température ambiante est ajoutée. Elles peuvent alors être disséquées et observées sous loupe binoculaire. La partie la plus large des otolithes « sagitta » est isolée et identifiée. Chaque paire d'otolithes possède des caractéristiques propres à une famille de téléostéens (Fig.6)

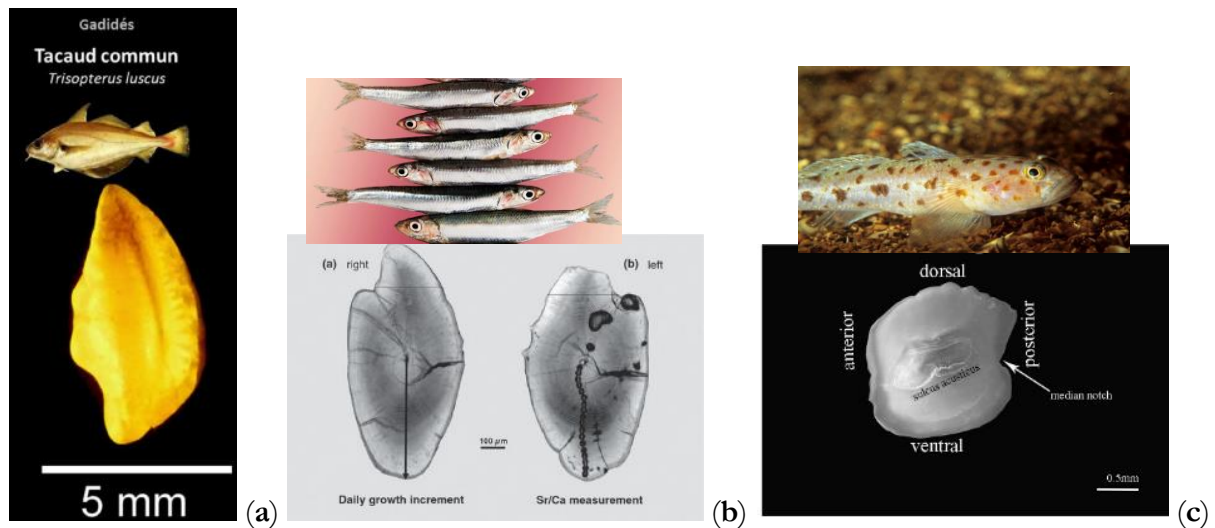


Fig.6. Sagitta de Gadidés (a) (photo Y.Planque et Ifremer) ; Sagitta d'Ammodytidés (b) (photo : N.Aldanondo et The Daily Beast) ; Sagitta de Gobidés (c) (photo : P.Davoodi et Anonyme).

L'identification est faite à partir de clés de détermination et d'atlas déjà existants (Harkonen, 1986 et Campana, 2004). Les otolithes sont alors triées par famille puis mesurés.

B) Résultats

1- Indicateur des populations relatives du Mor Braz

Le régime alimentaire très varié du cormoran huppé lui confère, à juste titre le statut de consommateur opportuniste. Il consomme aussi bien des proies benthiques, que pélagiques ou démersales. En effet, il a été montré que la colonie de *P. aristotelis* de l'île de Chausey réalisait 44% de plongées pélagiques et 56% de plongées benthiques (Grémillet et al, 1998) et que le contenu de son estomac révélait 29% de poissons benthiques et 67% de poissons pélagiques. Une certaine plasticité comportementale entre les colonies montre des variations dans le régime alimentaire. Assurément, les populations de cormoran huppé des îlots de Er Valant, Er Valueg et Meaban semblent majoritairement pêcher des proies démersales (56%) (Athérinidés, Gadidés, Ammodytidés, Labridés) (Fig.7).

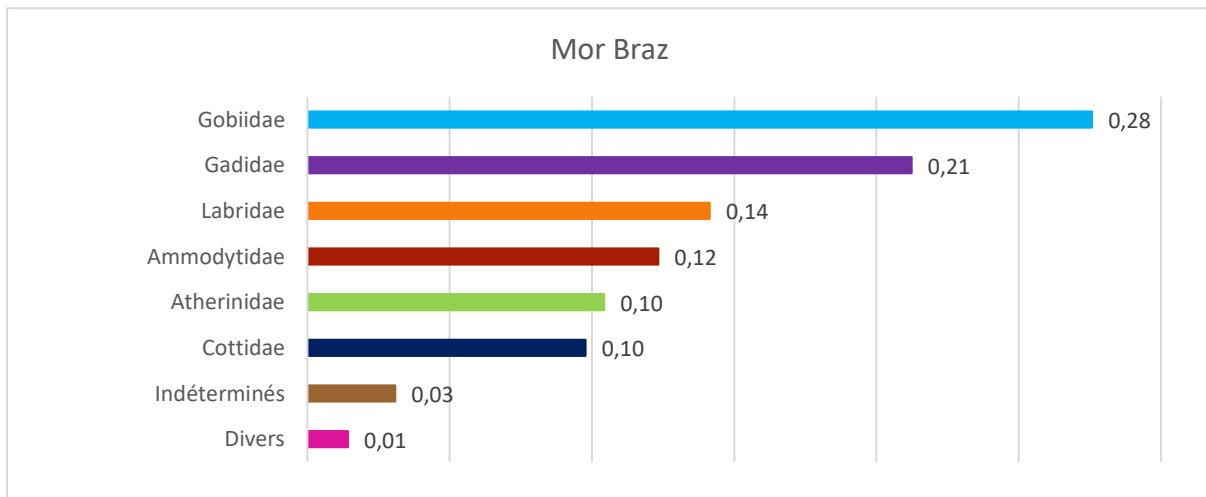


Fig.7. Proportion de chaque taxon sur les trois îlots de 2010 à 2018.

Néanmoins, ils semblent avoir une préférence pour les poissons benthiques car la majorité de leur régime alimentaire se compose de Gobiidés (28%). Ils consomment également beaucoup de Gadidés (21%) mais peu d'Athérinidés (10%) comme évoqué par Fortin (Fortin et al, 2013). Des études portant sur le régime alimentaire du Cormoran huppé en Méditerranée ont montré qu'aucune des familles consommées en majorité ne correspondait aux familles consommées en Bretagne (Michelot et al, 2017). D'autres études sur les îles de May (Ecosse) et Chausey (Normandie) révèlent que les Ammodytidés sont majoritaires dans le régime alimentaire de *P.aristotelis* ce qui n'est pas le cas sur les trois colonies. Les Labridés sont plus consommés que les Ammodytidés, eux-mêmes plus consommés que les Athérinidés et les Cottidés. Le comportement opportuniste du cormoran huppé permet d'estimer l'importance relative des taxons prédatés aux alentours de ces trois colonies. Le succès de chasse du Cormoran huppé est fortement influencé par la densité de proies. Il existe une relation linéaire entre la densité de proies et le taux de capture de proies (Enstipp et al, 2007) confirmant la possible utilisation du Cormoran huppé comme bioindicateur des milieux marins.

2- Indicateur des changement environnementaux

a) Variations spatiales

Le régime alimentaire de *Phalacrocorax aristotelis* montre également des variations entre les colonies. En effet, il existe une réelle différence de prédation entre les trois îlots (Fig.8). Les Gobiidés largement prédatés sur Meaban (37%) restent bien qu'en plus faible quantité, majoritaires sur Er Valueg (27%) et ne sont que peu prédatés sur Er Valant (8%). Les Gadidés, proie majoritairement consommée sur Er Valant (30%) sont consommés à hauteur de 24% sur Er Valueg mais ne représentent que 16% sur Meaban. Les Athérinidés, deuxième population prédatée sur Meaban à hauteur de 19%, sont les moins

consommés sur Er Valant ainsi que sur Er Valueg. En effet, ils ne représentent que 1% des proies prédatées sur Er Valant et que 2% sur Er Valueg. A l'inverse, les Ammodytidés représentant respectivement 23% et 21% des proies sur l'Archipel de Houat-Hoëdic (Er Valant +Er Valueg) sont très faiblement consommés sur Meaban (3%). Il existe peu de variations entre les îlots pour les Cottidés et Labridés.

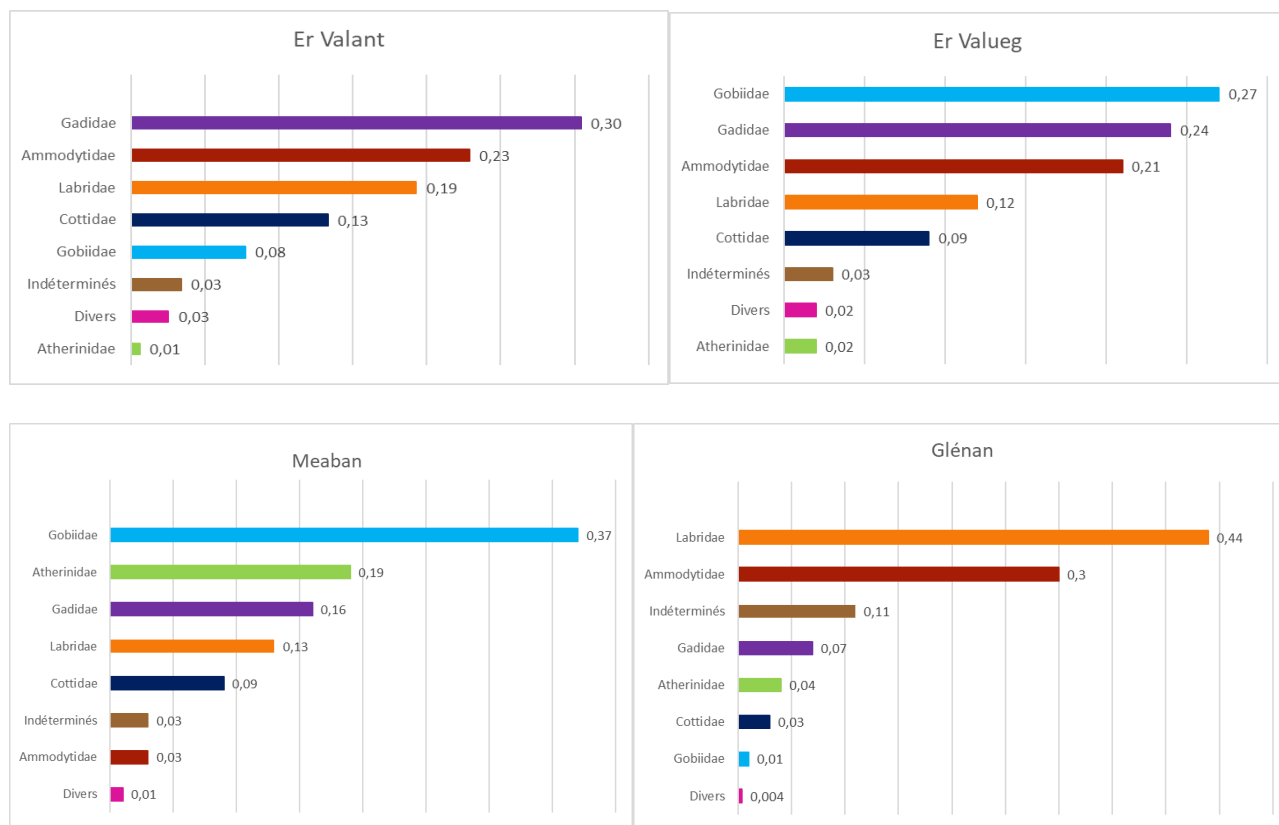


Fig.8. Variations du régime alimentaire de *P.aristotelis* au sein du Mor Braz (Er Valant, Er Valueg, Meaban) et au large du Finistère (Glénan).

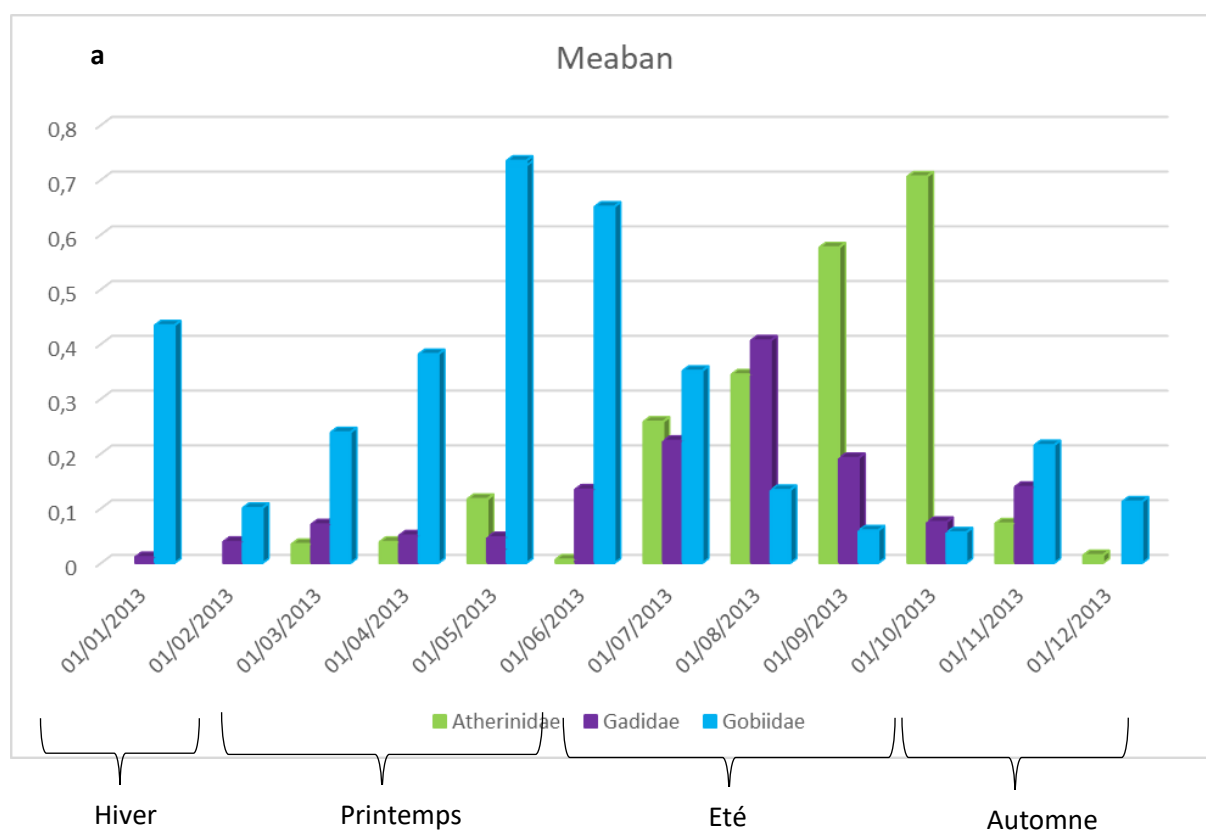
De plus, il existe également une différence entre le Mor Braz et le Finistère puisque le régime alimentaire de la population de *Phalacrocorax aristotelis* vivant sur l'archipel des Glénan semble s'intéresser à des familles de proies peu rencontrées dans le Mor Braz. Les résultats du suivi alimentaire montrent un régime alimentaire constitué à 70% de deux familles. Les Labridés jusque-là peu représentés dans le Mor Braz (14% en moyenne) sont prédatés à hauteur de 44% sur les Glénan. Il en est de même pour les Ammodytidés (15% en moyenne dans le Mor Braz contre 30% sur les Glénan).

Ces différences peuvent être expliquées par une modification de la répartition des populations des proies (Lorentsen et al, 2019) mais également par une différence de dynamique de croissance des populations de proies. En effet, les proies les moins consommées le seraient, soit car elles sont moins présentes sur ces lieux (biotopes non favorables), soit car elles ont subi une mauvaise reproduction ou la préférence d'un autre prédateur. Prenons l'exemple des lançons (Ammodytidés). Ces petits poissons vivent dans des

dunes sous-marines que l'on trouve fréquemment aux alentours de l'archipel des Glénan mais très peu aux alentours de l'îlot de Meaban (Maes, communication personnelle 2020). Leur habitat ne se trouvant que très rarement à Meaban surtout entouré de fonds rocheux, ils sont peu représentés donc peu présents dans le régime alimentaire de cette colonie.

b) Variations saisonnières

Le suivi du régime alimentaire du Cormoran huppé a également mis en avant des variations plus ou moins ajustées sur le cycle saisonnier (CORMOR, 2011). Les résultats montrent une réelle différence entre les saisons sur Meaban. Cette tendance semble se généraliser quel que soit le lieu de vie de la colonie puisqu'il existe également des variations saisonnières dans le régime alimentaire de *P. aristotelis* vivant sur les Glénan (Fig.9a). Sur plus de la moitié de l'année, les Gobiidés restent la proie de préférence. En effet, ils représentent plus de 20% du régime alimentaire 7 mois sur 12. Il est à noter que 70% de ces mois se trouvent au printemps et en début d'été. Ils sont plus fortement consommés en fin de printemps puisqu'ils représentent alors plus de 60% de l'alimentation du Cormoran huppé. La prédation des Gobiidés décroît au cours de l'été et jusqu'à la fin de l'automne au profit des Gadidés puis Athérinidés. Les Gadidés, bien que plus faiblement consommés (40% au maximum) sont majoritaires en fin d'été. Ils seront de moins en moins consommés pour ne plus faire partie du régime alimentaire du Cormoran huppé en automne. Les Athérinidés quant à eux seront très majoritairement prédatés à la fin de l'été et jusqu'au début de l'automne (70%), ils sont cependant très peu représentés en automne (5%) et totalement absents en hiver.



Bien que le régime alimentaire de *P. aristotelis* vivant sur les Glénan soit différent, il existe également des variations saisonnières des proportions de proies consommées (Fig.9b). Les Ammodytidés, prédatés à hauteur de 80% en hiver, représentent moins de 50% au printemps jusqu'à ne représenter que 5% en été. Cette absence de prédation se fait au détriment des Labridés, consommés plus de la moitié de l'année à hauteur de 50%, qui semblent être majoritairement prédatés de la fin de l'été à la fin de l'automne. Les résultats montrent également qu'entre le début du printemps et la fin de l'été les deux familles de proies sont consommées quasiment à part égale. Les causes de ce phénomène ne sont à ce jour pas encore expliquées.

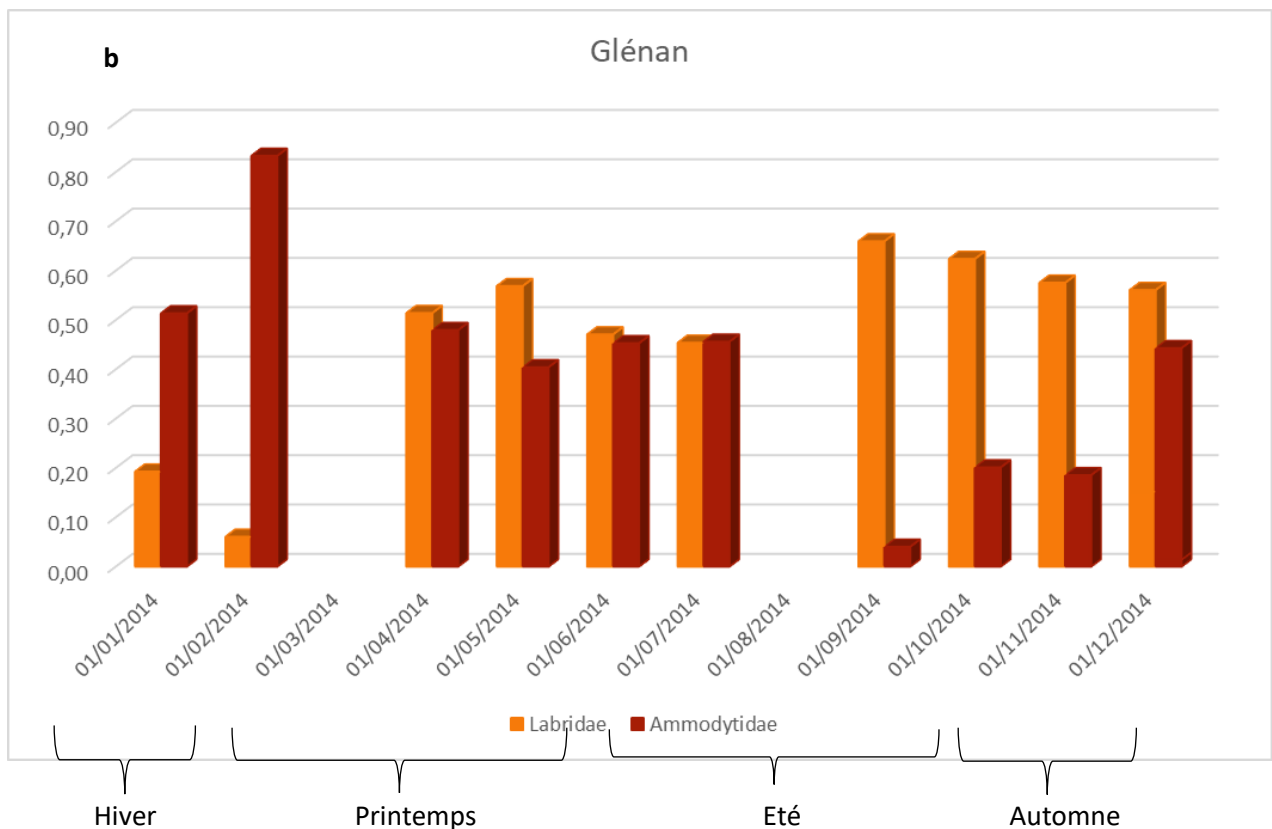


Fig.9. Variations saisonnières du régime alimentaire du Cormoran huppé sur Meaban pour l'année 2013 (a) et sur les Glénan pour l'année 2014 (b).

Si l'on s'intéresse aux niches écologiques de ces trois familles de proies, nous remarquons que seuls les Gobiidés sont benthiques. Les Athérinidés et Gadidés sont démersales. Ainsi, le Cormoran huppé semble consommer plus de proies benthiques au printemps qu'en automne. Les proies démersales sont quant à elles consommées majoritairement en été.

Ces variations sont, non seulement calquées sur le cycle saisonnier mais correspondent également au cycle de reproduction de *P. aristotelis*. En effet, lors de la saison de reproduction, les Gobiidés sont largement prédatés au détriment des Athérinidés et Gadidés alors délaissés pendant cette période (Fig.10).

A l'inverse, lors de la saison de post-reproduction, les Gobiidés sont délaissés au profit des Gadidés puis des Athérinidés. Certains auteurs expliquent ces changements d'alimentation par un changement d'habitat des lieux de pêche lors de la nidification ; les oiseaux nicheurs semblant suivre la répartition géographique des proies (Michelot et al, 2017).

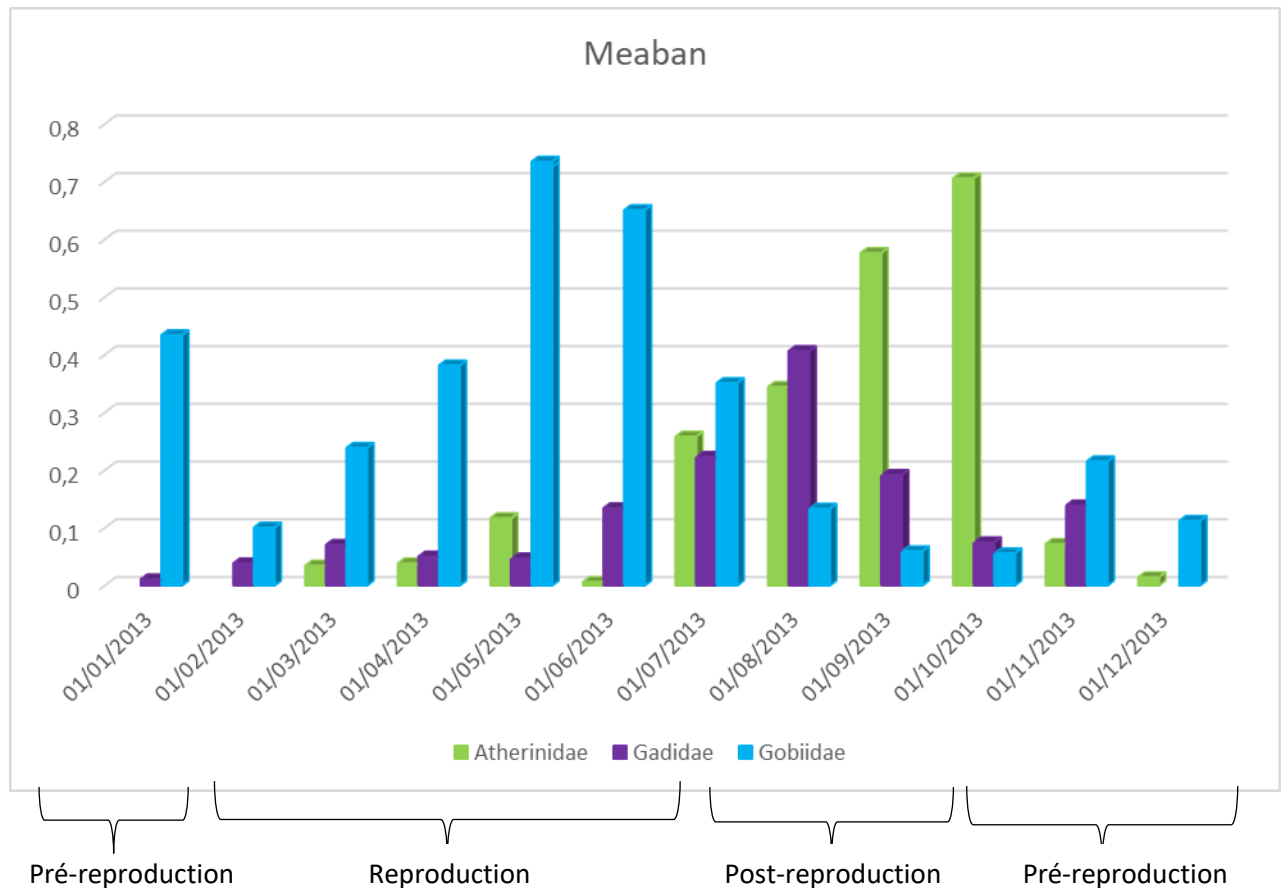


Fig.10. Proportion des principales familles de proies du Cormoran huppé lors de la saison de reproduction et hors reproduction à Meaban.

Ces variations sont, sans aucun doute, le résultat d'une plasticité comportementale sélectionnée lors de l'évolution ayant pour but d'augmenter le rendement alimentaire. L'hypothèse selon laquelle les proies consommées lors de la saison de reproduction ont un apport énergétique supérieur à celui des proies consommées hors reproduction peut alors être énoncée.

c) Variations interannuelles

L'analyse des pelotes de réjection a également permis, en plus des variations spatiales et saisonnières, de mettre en avant les variations de proportions des familles de téléostéens prédatées au cours des dix dernières années (Fig.11). Plusieurs hypothèses peuvent être émises. Premièrement, nous remarquons que

les trois principales familles de proies sont faiblement représentées en 2018 faute de données supplémentaires concernant la saison de reproduction.

Ensuite, nous remarquons que quelques soient les années, les Gobiidés sont toujours plus prédatés que les Gadidés et Athérinidés. Les Gobiidés, préférence de *Phalacrocorax aristotelis*, sont constamment prédatés à plus de 50%. Ceci n'est pas le cas des Gadidés. Consommés à plus de 50% sur deux années seulement (2010 et 2012), ils sont généralement prédatés à hauteur de 30% mais ne représentent que 15% en 2014. Les Athérinidés ont, quant à eux, subi une forte augmentation de la prédation entre 2011 et 2013 passant de moins de 40% à plus de 70% ; cette prédation tend à diminuer depuis.

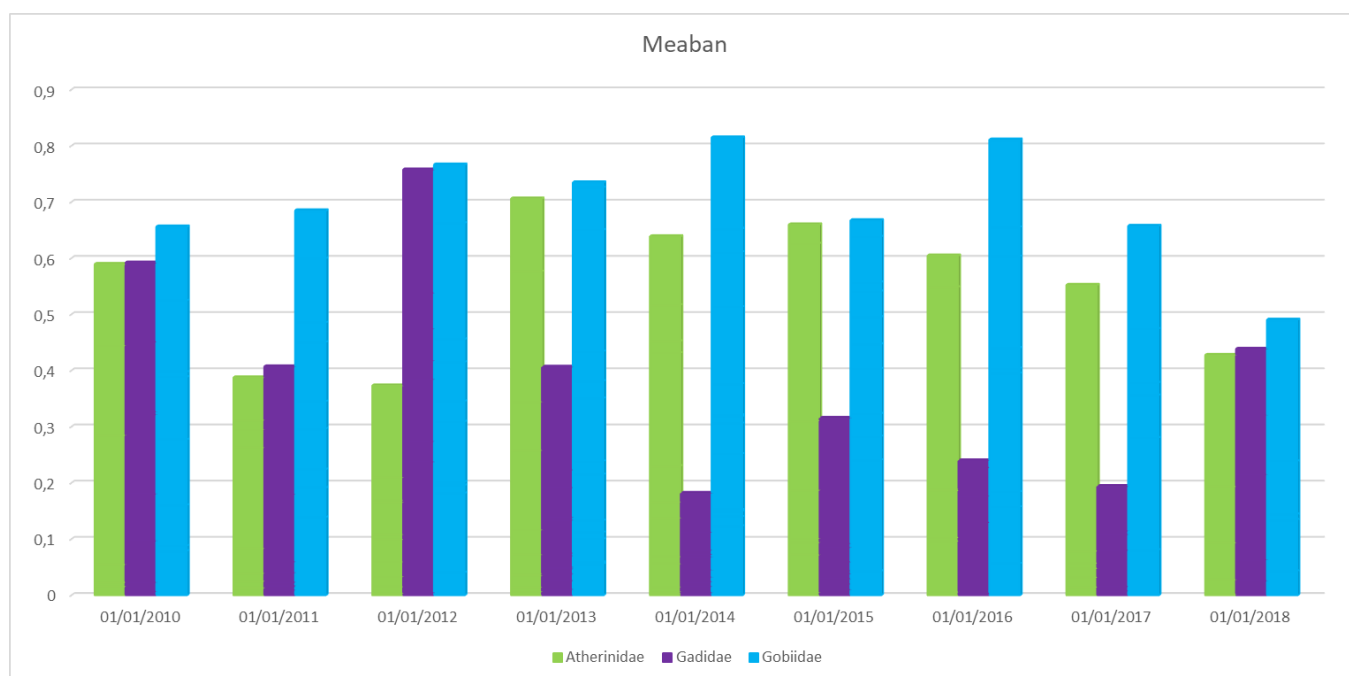


Fig.11. Proportion des familles de téléostéens prédatées de 2010 à 2018 sur Meaban.

Les variations interannuelles présentées à Meaban peuvent être le résultat de la conjonction d'une multitude de facteurs aussi bien anthropiques que naturels. En effet, la première hypothèse peut être celle d'une pêche intensive des Gadidés depuis 2013 entraînant alors une diminution du taux de recrutement de la population les rendant plus rares. En effet les Gadidés sont surtout représentés en Bretagne par le Lieu jaune (*Pollachius pollachius*, Linné, 1758), le Tcaud commun (*Trisopterus luscus*, Linné, 1758), le Merlan (*Merlangius merlangus*, Linné, 1758) et le Cabillaud (*Gadus morhua*, Linné, 1758). Ces espèces sont grandement appréciées des consommateurs de poissons et doivent donc faire face à une pêche intensive. La surpêche de Gadidés profiterait aux Athérinidés, également démersaux, en diminuant la compétition éventuelle entre les deux familles. Les Athérinidés se reproduisant mieux et n'étant pas pêchés par l'Homme, sont alors plus présents et plus accessibles pour le cormoran huppé. La deuxième hypothèse invoquerait la présence de toxiques dans l'eau. Le suivi de la pollution des écosystèmes marins étant très récent, il se peut qu'une accumulation de polluants ait été reprotoxique pour les Gadidés depuis les années

2013. Chaque espèce possède une tolérance à un polluant qui lui est propre et diffère parfois selon les individus d'une même espèce. De plus, chaque espèce répond à cette attaque de manière différente, certaines plus rapidement que d'autres. C'est pourquoi la présence d'un polluant émis dans les eaux du Mor Braz en 2013 aurait affecté instantanément les populations de Gadidés et en différé les populations d'Athérinidés. La troisième hypothèse ferait intervenir la prolifération d'espèces introduites. En effet, le réchauffement climatique modifie la stabilité d'écosystèmes alors au stade de climax (état final). Cette déstabilisation modifie non seulement le fonctionnement de ces écosystèmes mais aussi la niche écologique de chaque espèce. Certaines sont favorisées au détriment des plus fragiles qui vont alors s'éteindre. L'extinction de ces espèces crée des niches vacantes que les espèces introduites ne tardent pas à occuper. La prolifération d'espèces introduites modifie les relations interspécifiques et peut créer de la compétition ou l'augmenter si celle-ci est déjà présente. Ceci pourrait être le cas des Gadidés ; le changement des conditions abiotiques comme la température de surface de l'eau, l'acidification des océans et la présence de blooms phytoplanctoniques aurait favorisé la prolifération d'une espèce introduite et entrant massivement en compétition avec les populations de Gadidés comme *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789).

C) Limite de la méthode

Bien qu'elle reste, de nos jours, la méthode la moins intrusive, l'étude des pelotes de réjection possède de nombreuses limites. Tout d'abord, il n'existe pas encore de consensus sur le nombre de pelotes produites par jour. Certains auteurs semblent s'accorder à dire que le cormoran produit une pelote par repas (Van Dobben, 1952) alors que d'autres mentionnent la production de plus d'une pelote par jour (Duffy et al, 1983). Trauttmansdorff et Wassermann (1995) évoquent la production d'une pelote par oiseau par jour à partir de 7 mois d'âge alors que Zijlstra et Van Eerden (1995) concluent à la production d'une pelote par jour ne respectant pas le nombre de repas pris ni les proies ingérées. De plus, le nombre de pêches effectuées par jour étant inconnu, le problème du nombre de pelotes émises par jour est toujours non résolu (Zijlstra et al, 1995). Il existe également un biais entre le nombre d'otolithes retrouvées dans les pelotes et la quantité de proies réellement ingérée. En effet, certaines otolithes, de par leur taille, leur forme et leur composition sont partiellement ou totalement digérées avant la production de pelotes (Johnstone et al, 1990 ; Harris et al, 2013). Ceci est le cas pour les Ammodytidés ce qui entraîne une sous-estimation du nombre réel d'Ammodytidés consommés par le cormoran huppé (Hillersoy et al, 2012). De surcroît, l'érosion que subissent les otolithes dépend du pH de l'estomac et du temps d'exposition à ce pH (Zijlstra et al, 1995). Il existe, non seulement des biais sur l'abondance des espèces prédatées mais aussi sur la taille et la masse des proies. Duffy et Laurenson (1993) concluent que l'analyse des pelotes donne peu d'informations sur la taille des proies et la quantité ingérée par jour puisque dans les pelotes, 75% des otolithes de poissons consommées seraient manquantes. L'utilisation de cette méthode doit

également tenir compte des besoins en calcium des espèces étudiées. Aussi, les jeunes oiseaux ont besoin de construire leur squelette ce qui augmente leurs besoins en calcium et induit la digestion de toutes les parties habituellement régurgitées. Harris et Wanless (1993) ont montré que les cormorans adultes nourrissant les petits, diminuent voire arrêtent totalement la production de pelotes. La régurgitation est donc inconsciemment contrôlée et le processus de digestion ne peut être considéré comme constant. Par ailleurs, le stress émis lors des campagnes d'échantillonnage est connu pour augmenter la sécrétion de calcium et donc induire une augmentation des besoins en celui-ci (Zijlstra et al, 1995).

III- Conclusion / Discussion

L'étude du régime alimentaire du cormoran huppé dans le Mor Braz (*Phalacrocorax aristotelis*) a permis la mise en évidence, chez ces oiseaux, d'un régime alimentaire très varié. Cela confirme le caractère opportuniste de ce prédateur. L'analyse des pelotes de réjection a, en effet, révélé la présence récurrente de six familles de poissons (Gobiidés, Gadidés, Athérinidés, Cottidés, Labridés, Ammodytidés). Parmi ces six familles, deux (Gadidés et Gobiidés) constituent quasiment la moitié (49%) de l'alimentation. Exceptés pour les Ammodytidés, ces résultats diffèrent peu de ceux observés pour d'autres colonies de cormorans huppés. Les résultats ont également montré une variation du régime alimentaire à l'échelle spatiale. En effet, les préférences varient selon les îlots étudiés. Sur Meaban comme sur Er Valueg, la préférence semble se tourner vers les Gobiidés alors que sur Er Valant la préférence semble être les Gadidés. Meaban et l'archipel de Houat-Hoëdic possèdent des caractéristiques du milieu différentes. Meaban est proche de la côte et est constituée d'un substrat plutôt rocheux, convenant à la perfection aux Gobiidés, alors que l'archipel de Houat-Hoëdic, situé plus au large, est constitué d'un substrat plus meuble propice aux Ammodytidés, également présents en forte proportions sur les Glénan. Ces consommations préférentielles peuvent être le reflet de la composition des peuplements proches des différents milieux de vie des colonies ainsi que de modifications comportementales de certaines espèces de poissons. Enstipp (2007) a mis en évidence l'impact du comportement des proies sur le succès de prédation du cormoran huppé. Il semblerait que les poissons évoluant en groupe soient moins capturés que les poissons solitaires. La plasticité comportementale dont font preuve certaines espèces de proies, par le biais de la vigilance de groupe, réduit la prédation et participe au caractère opportuniste de *Phalacrocorax aristotelis*.

En outre, ce travail a montré l'existence de variations spatiales, mais également saisonnières du régime alimentaire du cormoran huppé, synchrones quelle que soit la colonie. Les pelotes de réjection sont constituées de fortes proportions de Gobiidés lors de la période de reproduction au printemps (mars à juin) qui sont alors remplacées par les Gadidés puis les Athérinidés lors des saisons de pré et post-reproduction sur Meaban. Celles-ci sont constituées, sur les Glénan, de fortes proportions

d'Ammodytidés en hiver et de Labridés le reste de l'année avec peu de différences au printemps et en été entre les deux familles. Cette succession de familles pourrait être le reflet de différences dans les besoins alimentaires lors de la période de nourrissage des jeunes (Morat et al 2007) ainsi que de l'abondance et la disponibilité des différentes espèces de proies (Velando et Freire, 1999 et Wanless et al, 1998).

De plus, cette étude a montré la présence de variations interannuelles dans le régime du cormoran huppé. Sur Meaban, les Gadidés très consommés jusqu'en 2012, sont aujourd'hui minoritaires. Ce désintérêt s'est fait au détriment des Athérinidés deux fois plus prédatés qu'en 2012. Les résultats montrent peu de variations dans la consommation des Gobiidés encore aujourd'hui fortement consommés car très représentés et faciles à prédater. Plusieurs espèces d'oiseaux marins de l'Atlantique Nord ont subi une forte réduction de la taille de leur population ainsi que de leur succès reproducteur durant ces dix dernières années. Ce phénomène est certainement la conséquence d'une diminution de l'abondance des proies due aux changements climatiques et à la surpêche (Barret et al, 2006a et Frederiksen et al, 2007). Récemment, Lorensten (2010b) a montré que les populations de Gadidés de groupe 0 et 1 étaient fortement impactées par le ramassage de Varech (algues brunes) qui aurait réduit leur densité de 90% augmentant ainsi leur rareté.

Le régime alimentaire de *P. aristotelis* a été et est encore utilisé pour évaluer le taux de recrutement et l'abondance des populations de poissons (Barret et al, 1990 et Barret et al, 1991). Se nourrissant d'un large panel de poissons benthiques, démersaux et/ou pélagiques, le cormoran huppé est classé comme un consommateur opportuniste (Barret 1991, Grémillet et al 1998) et constitue un parfait indicateur du fonctionnement des écosystèmes côtiers. Leur répartition étant impactée par des facteurs tels que les changements climatiques comme l'augmentation de la température de surface de l'eau qui les affectent directement ou indirectement via la modification de la production primaire et de la distribution des proies (Alvarez et al, 2011), la pêche qui diminue les ressources dont ils dépendent, l'extraction de sédiments marins qui modifie les habitats benthiques cruciaux pour les proies et l'utilisation d'éoliennes marines dont l'utilisation entraînerait un potentiel risque de destruction de leurs habitats, permet de voir sous un autre angle l'utilisation du cormoran huppé comme sentinelles des environnements côtiers.

Bien que peu intrusive et extrêmement utile pour comparer le régime alimentaire aussi bien à l'échelle temporelle que spatiale (Barrett et al, 1990 ; Johnstone et al, 1990 ; Barrett et al, 2006), il semble, cependant, important de préciser que l'utilisation de pelotes de réjections ne peut apporter que des données de type strictement qualitatif sur les populations de proies. En effet, cette méthode permettrait uniquement de connaître les taxons consommés par le cormoran et non la quantité journalière nécessaire pour estimer le stock de poissons disponible. L'éventail de diversité retrouvé dans les pelotes de réjections peut apporter des informations cruciales sur la diversité écosystémique et spécifique présente dans le Mor Braz. Le régime alimentaire de *P. aristotelis* pourrait donc permettre d'estimer la qualité des écosystèmes côtiers au travers de la biodiversité existant.

IV- Bibliographie

- Álvarez D**, et Pajuelo M. 2011. Southern Populations of European Shag *Phalacrocorax A. Aristotelis* Advance Their Laying Date in Response to Local Weather Conditions but Not to Large-Scale Climate. *Ardeola* 58 (décembre).
- Barbault R.** 1997. Ecologie générale : Structure et fonctionnement de la biosphère. Edition MASSON.111-113 pp.
- Barrett R.T.**, Rov N., Loen J et Montevecchi W.A. 1990. Diets of shags *Phalacrocorax aristotelis* and cormorants *P. carbo* in Norway and possible implications for gadoid stock recruitment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 66, 205-218.
- Barrett R. T**, S.-H. Lorentsen and T. Anker-Nilssen. 2006a. The status of breeding seabirds in mainland Norway. *Atlantic Seabirds* 8: 97-126
- Campana S.E.** 2004. Photographic atlas of fish otoliths of the Northwest atlantic ocean. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, 284 pp.
- Croxall, J.P**, Butchart S.H.M, Lascelles B, Stattersfield A.J, Sullivan B, Symes A, Taylor P. 2012. Seabird conservation status, threats and priority actions: a global assessment. *Bird Conserv. Int.* 22, 1–34.
- Duffy D.C** et Laurenson L.J.B. 1983. Pellets of Cape Cormorants as indicators of diet. *Condor* 85:305- 307.
- Enstipp M.R** ,Grémillet D, Jones R.D., 2007. Investigating the functional link between prey abundance and seabird predatory performance. February 2007. *Marine Ecology Progress Series* 331:267-279pp.
- Frederiksen M.**, Edwards M, Mavor R.A et Wanless S. 2007. Regional and annual variation in Black-Legged Kittiwake breeding productivity is related to sea surface temperature. *Marine Ecology Progress Series* 350: 137-143.
- Fortin M**, 2011. Programme CORMOR – rapport d’activité annuel 2011. Rapport technique pour l’Agence des Aires Marines Protégées, 70 pp.
- Fortin M**, Bost C.A., Leicher M., Maes P., 2012. Programme CORMOR, année 2012 rapport d’activité. Rapport technique pour l’Agence des Aires Marines Protégées. 55 pp.
- Furness R.W.**, Camphuysen K., 1997, Seabirds as monitors of the marine environment. *CES Mar.Sci* 54: 726-737.
- Grémillet D.**, Argentin G., Schulte B. & Culik B.M. (1998). Flexible foraging techniques in breeding cormorants *Phalacrocorax carbo* and shags *Phalacrocorax aristotelis*: benthic or pelagic feeding? *Ibis*, 140, 113–119.
- Harris M. P.** et Wanless S. 1993. The diet of shags *Phalacrocorax aristotelis* during the chick-rearing period assessed by three methods. *Bird Study* 40: 135- 139.
- Härkönen T.** 1986. Guide to the Otoliths of the Bony Fishes of the Northeast Atlantic.
- Harvey V.** 2007. Utilisation de l’habitat à différentes échelles spatiales et temporelles par le phoque gris de l’Atlantique Nord-Ouest. M.Sc. Laval University, Québec, QC. 76 pp.
- Hillersoy G.**, Lorentsen S-H. 2012. Annual Variation in the Diet of Breeding European Shag (*Phalacrocorax Aristotelis*) in Central Norway. *Waterbirds*, 35(3):420-429.

Johnstone I.G., Harris M.P., Wanless S. & Graves J.A.1990. The usefulness of pellets for assessing the diet of adult Shags *Phalacrocorax aristotelis*. *Bird Study*, 37, 5-11.

Le Garff B. 1998. Dictionnaire etymologique de zoologie. Delachaux et Niestlé, Paris.

Lorentsen S-H, Nilssen T-A, Erikstad K, et Rov N. 2015. Forage fish abundance is a predictor of timing of breeding and hatching brood size in a coastal seabird. *Marine Ecology Progress Series*. 519 Janvier: 209-20.

Lorentsen S-H, Sjøtun K et Grémillet D. 2010. Multi-trophic consequences of kelp harvest. *Biological Conservation* 143:2054-2062.

Morat F. 2007. Régime alimentaire de la population de cormoran huppé de Méditerranée (*Phalacrocorax aristotelis desmarestii*) de Riou. CEEP – DIMAR, 23 pp.

Potts G.R, Coulson, J.C et Deams, I.R. 1980. Population dynamics and breeding succes of the shag, *Phalacrocorax aristotelis*, on the Farne Islands, Northumberland. *Journal of animal ecology*. 49. 465-484.

Spanneut L. 2008 . Ecosphère, Service du Patrimoine Naturel.

Trauttmansdorff J et Wassermann G. 1995. Number of pellets produced by immature Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis*. *Ardea* 83:133-134.

Union Internationale de Conservation de la Nature

Van Dobben W.H. 1952. The food of the Cormorant in the Netherlands. *Ardea* 40:1-63.

Velando A, Freire J. 1999. Intercolony and seasonal differences in the breeding diet of European Shags on the Galician coast (NW Spain). *Marine Ecology Progress Series* 188: 225-236.

Wanless S. Burger, A. E., & Harris, M.P. 1991. Diving depths of shags breeding on the isle of may. *Ibis* 133:37-42.

Wanless S, Grémillet D, Harris P.M 1998. Foraging Activity and Performance of Shags *Phalacrocorax aristotelis* in Relation to Environmental Characteristics. *Journal of Avian Biology*, Vol. 29, No. 1. pp. 49-54.

Watanuki Y., Daunt, F., Takahashi, A., Newel, M., Wanless, S., Sato, K., Miyazaki, N. 2008. Microhabitat use and prey capture of a bottom-feeding top predator, the European shag, shown by camera loggers. *Marine Ecology progress Series* 356:283-293.

Zijlstra M, Van Eerden M.R. 1995. Pellet production and the use of otoliths in determiniing the diet of cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* : trials with captive birds. *ARDEA* 83(1).

V- *Résumé et abstract*

Les écosystèmes marins sont plus que jamais fragilisés et il existe, de nos jours, une réelle volonté de les protéger. Dans ce but, les chercheurs multiplient les études sur leur fonctionnement. En effet, pour protéger il faut comprendre ; comprendre comment ces systèmes fonctionnent, comprendre les flux circulants, comprendre les interactions entre espèces et l'impact de l'Homme sur ces habitats. Cependant, évaluer la qualité des habitats côtiers est difficile tant les interactions sont complexes. C'est pourquoi certains chercheurs préconisent l'utilisation d'espèces sentinelles tels que les oiseaux marins. Ce travail a pour objectif l'étude de l'utilisation du cormoran huppé en tant qu'indicateur de la qualité des écosystèmes côtiers. Cette étude est basée sur l'analyse du régime alimentaire opportuniste de trois colonies de cormorans huppés (*Phalacrocorax aristotelis*, Linné 1758). La zone d'étude se situe autour de la Baie de Quiberon (56170) et l'archipel de Houat-Hoëdic (56170). Le régime alimentaire est défini à partir de l'analyse de pelotes de réjections récoltées sur les trois colonies. L'échantillonnage est effectué régulièrement sur l'îlot de Meaban et occasionnellement sur les îlots de Er Valueg et Er Vlant depuis 2010. Une année complète a également été échantillonnée sur l'archipel des Glénan (29900). Une fois récoltées, les pelotes sont numérotées puis disséquées et les otolithes triées par taille et classées par familles de téléostéens. Le suivi du régime alimentaire montre une consommation préférentielle de Gobiidés suivi de près par les Gadidés. Il existe cependant des variations spatiales liées aux caractéristiques du milieu. La présence de variations saisonnières synchrones aussi bien sur Meaban que sur les Glénan semblent être reliées à la phénologie de *P.aristotelis*. Lors de la période de reproduction, le régime alimentaire habituel est remplacé par une alimentation plus riche. Les préférences alimentaires reviendront une fois la période de nourrissage finie. La présence de variations interannuelles des proportions de proies consommées confirme le comportement opportuniste du cormoran huppé et met en évidence le lien existant entre les changements environnementaux et la survie de ce top-prédateur. Ainsi, l'étude de la répartition ainsi que de l'écologie des oiseaux marins est un passage obligé du biomonitoring environnemental.

Marine ecosystems are more than ever weakened and there is, nowadays a real wish to protect them. To this end, researchers are multiplying studies on their functioning. Indeed to protect we must ; understand how these ecosystems are functioning, understand circulating flows, understand interactions between species and human impact on these habitats. Nevertheless, assessment of coastal ecosystems quality is not easy because of the vast and complex interactions inside these ecosystems. That is why some researchers use sentinel species such as seabirds. The aim of this work is to study European shag (*Phalacrocorax aristotelis*, Linné 1758) utilisation as an indicator of coastal ecosystems quality. Study is based on the opportunistic behaviour of three shag cohorts. Study area is located around Bay of Quiberon

(56170) and Houat-Hoëdic archipelago (56170). Shag diet is defined by rejection pellets analysis harvested on the colonies. Meaban island has been sampled regularly, Er Valant and Er Valueg islands have been sampled occasionally since years 2010. A full year has also been sampled on The Glenan archipelago (29900). Once harvested, the pellets are numbered then dissected and the otoliths sorted by size and by teleostean families. Diet monitoring shows Gobiidae as favorite closely followed by Gadidae. There are, however, spatial variations related to environmental characteristics. The presence of synchronous seasonal variations on both Meaban and The Glenan seems to be related to *P. aristotelis* phenology. During the breeding period, usual diet is replaced by a more energetic one. Food preferences will return to usual ones once feeding period is over. The presence of interannual variations in prey consumption proportions confirms the opportunistic behaviour of the European shag and highlights strong relationship between environmental changes and the survival of this top predator. Thus, studying seabirds distribution and ecology is a mandatory path for environmental biomonitoring.

Annexe 1 . Un peu d'histoire...

La famille à laquelle les cormorans appartiennent est appelée *Phalacrocoracidae*. Ce terme viendrait du grec Phalacrocorax qui signifierait, étymologiquement, corbeau (korax) et chauve (phalacros) (Cook, 2008 a). Cette famille est dorénavant placée dans l'ordre des Ciconiiformes d'après la classification de Sibley & Monroe (1990). Cet ordre appartenant lui-même à la classe de Oiseaux. Cette classification, bien que pratique, est quelque peu erronée puisque la classe des Oiseaux à proprement parler forme un taxon paraphylétique. Il serait donc plus exact de parler d'amniotes et non d'oiseaux. Cependant la praticité du terme oiseaux amène à son utilisation régulière. C'est en 1760 que Brisson crée le genre Phalacrocorax rassemblant les cormorans (Le Garff, 1998).

Les cormorans seraient apparus à l'Oligocène il y a environ 30 millions d'années en Australasie (Cook, 2008 b). Les premiers cormorans seraient d'origine tropicale mais ont vite colonisé l'ensemble de la planète et en particulier le milieu marin (Fig. A1).



Fig. A1.1. Carte de répartition des espèces de la famille des Phalacrocoracidae (Orta 1992).

La répartition est mondiale, ils sont aussi bien présents en eau douce qu'en eau de mer, des tropiques aux eaux polaires (Cook, 2008 c).

Il existe aujourd'hui 28 espèces fossiles et 39 espèces vivantes (Orta 1992) dont la taille et la forme diffèrent fortement (Fig A1.2).

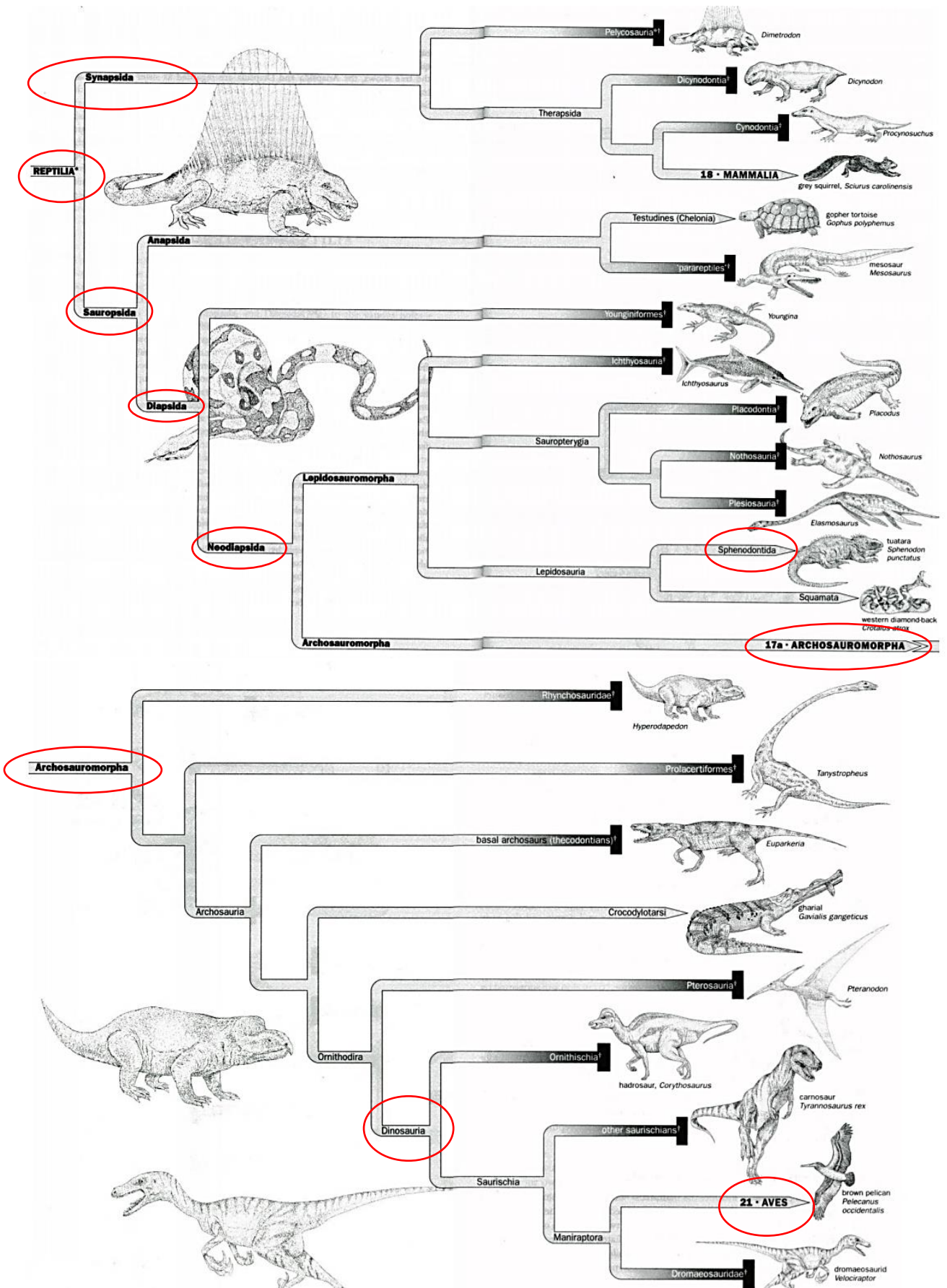


Fig. A1.2. Quelques espèces de cormorans (d'après Cook, 2008) : **a**, *Phalacrocorax urile* (photo anonyme) ; **b**, *Phalacrocorax varius* (Meritt©) ; **c**, *Phalacrocorax pygmaeus* (photo anonyme) ; **d**, *Phalacrocorax punctatus* (photo anonyme) ; **e**, *Phalacrocorax aristotelis* (photo : Jérôme Fournier) ; **f**, *Phalacrocorax gaimardi* (photo anonyme) ; **g**, *Phalacrocorax harrisi* (photo anonyme) ; **h**, *Phalacrocorax atriceps* (photo anonyme) ; **i**, *Phalacrocorax featherstoni* (photo anonyme) ; **j**, *Phalacrocorax auritus* (photo anonyme) ; **k**, *Phalacrocorax penicillatus* (photo anonyme) ; **l**, *Phalacrocorax magellanicus* (photo anonyme).

Les masses et tailles varient fortement selon les espèces respectivement de 500g à 4kg et de 45 à 100 cm de long. La plupart des espèces possède un dimorphisme sexuel rendant les mâles plus gros que les femelles. Les espèces marines nichent en bord de mer, dans les falaises ou les rochers alors que les espèces continentales nichent généralement dans les grands arbres.

Au sein du Mor Braz, est trouvé majoritairement le cormoran huppé *Phalacrocorax aristotelis* et le grand cormoran *Phalacrocorax carbo*. Ce travail s'intéresse uniquement à *P.aristotelis*.

Annexe 2. Classification des oiseaux selon Tudge (2000).



Annexe 3 :

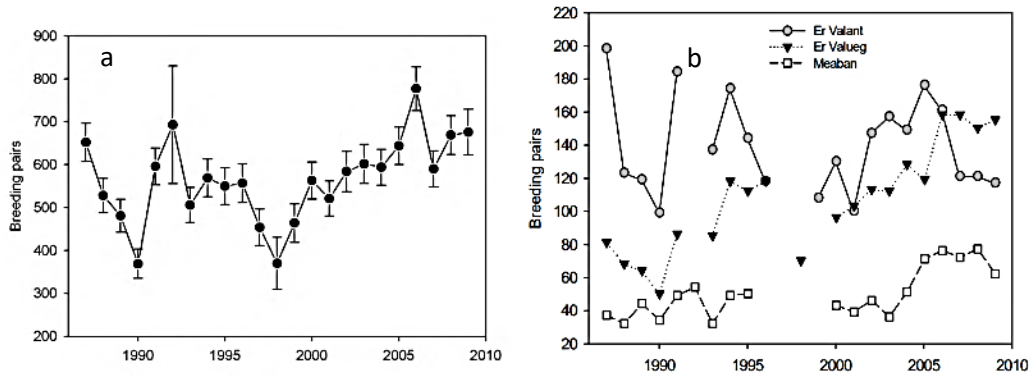


Fig.A3.1. Evolution de la population nicheuse de cormoran huppé pour l'archipel de Houat-Hoedic (a) et pour les trois principales colonies du Mor Braz (b) (1987-2009) (Bretagne Vivante, 2011).

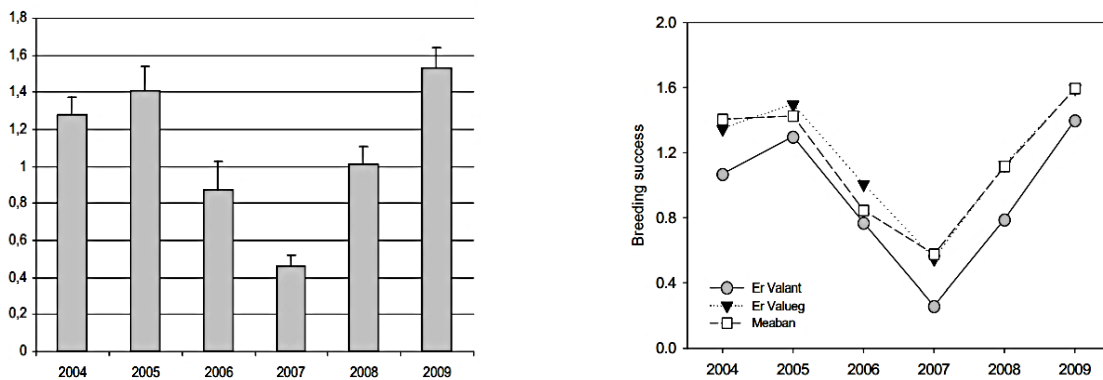


Fig.A3.2. Estimation de la production (nombre de poussins produits par couple) et variation de la production (nombre de poussins produits par couple) pour les trois principales colonies du Mor Braz (Bretagne Vivante, 2011).

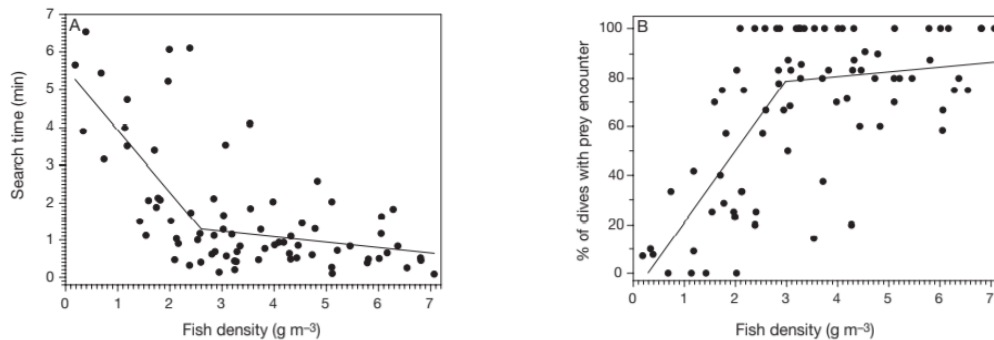


Fig.A3.3. Pourcentage de proies rencontrées par le cormoran à aigrette et temps passé à les chercher en fonction de la densité de poisson en Colombie Britannique (Enstipp et al, 2007). Plus le nombre de poissons augmente, plus les rencontres augmentent et plus le temps passé à chercher un poisson diminue.

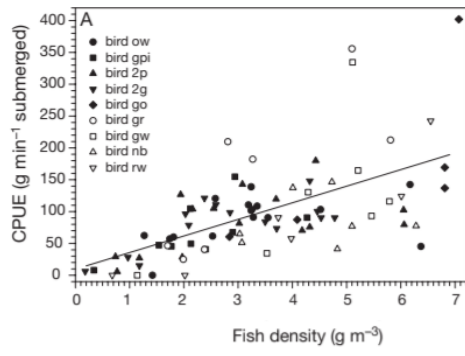


Fig.A3.4. Taux de capture de proie en fonction de la densité de poisson. Plus la densité de poissons augmente, plus le taux de capture augmente de façon proportionnelle.