UNIVERSITÉ DE LORRAINE | UFR SCIENCES FONDAMENTALES ET APPLIQUÉES

CARRE Hugo

Année 2014 -2015
Rapport de stage Master 3E
Spécialité GEMAREC – 1ère année

Influence du dérangement scientifique sur le succès reproducteur d'ardéidés au sein d'une importante colonie d'oiseaux d'eau de Camargue

Réalisé du 15/04/2015 au 14/08/2015 à la Tour du Valat
Sous la direction de :
M. Champagnon Jocelyn, Maitre de stage
M. Danger Michael, Tuteur Universitaire

Mémoire soutenu le 18/06/2015 devant le jury composé de M. Guerold François et Masson Gérard

Tour du Valat
Centre de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes
Le Sambuc – 13 200 Arles – France

TOUR DU VALAT

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier Jocelyn Champagnon de m'avoir accepté au sein de la Tour du Valat. Très disponible et investi, il a été un excellent maître de stage avec lequel il a été très agréable de travailler.

Je souhaite également remercier Yves Kayser et Thomas Blanchon qui ont toujours été présents afin de m'éclairer de leurs connaissances en ornithologie et répondre à mes interrogations.

Merci à Jeremiah Petit, conservateur de la Réserve Naturelle du Scamandre, qui m'a permis d'accéder librement à la colonie.

Un grand merci à Fanny Santucci et Anabelle Vidal d'avoir toutes deux pris de leur temps pour m'apporter leur aide et leurs conseils dans l'utilisation du logiciel R.

Bien entendu, merci aux stagiaires de la « volière » qui ont permis une très bonne ambiance au sein du bureau où il a été fort agréable de travailler.

D'une manière générale, je souhaiterai remercier l'ensemble des stagiaires, volontaires et employés de la Tour du Valat dont la compagnie a été des plus sympathiques et a fait de ce stage un moment des plus agréables entre soirées, matchs de foot, ballades et verres au bar.

UNIVERSITÉ DE LORRAINE | UFR SCIENCES FONDAMENTALES ET APPLIQUÉES

Déclaration sur l'honneur contre le plagiat

Je soussigné
CARRE Hugo

Régulièrement inscrit à l'Université de Lorraine

N° de carte d'étudiant : 31414308
Année universitaire : 2014-2015

Niveau d'études : M1
Parcours : M1 3E

N° UE : Stage

Certifie qu'il s'agit d'un travail original et que toutes les sources utilisées ont été indiquées dans leur totalité. Je certifie, de surcroît, que je n'ai ni recopié ni utilisé des idées ou des formulations tirées d'un ouvrage, article ou mémoire, en version imprimée ou électronique, sans mentionner précisément leur origine et que les citations intégrales sont signalées entre guillemets.

Conformément à la loi, le non-respect de ces dispositions me rend passible de poursuites devant la commission disciplinaire et les tribunaux de la République Française.

Fait à ……, le……..
Signature :

Sommaire

Liste chronologique des tableaux…….. p.2

Liste chronologique des figures ……p.3

Liste des abréviations ……p.4

Organigramme de la structure ……..p.5

Présentation de la structure……..…… p.6

Rapport d'étude :

Introduction ……..p.7

Chapitre I : Synthèse bibliographique…… p.9

Chapitre II : Méthodologie…… p.10

Site d'étude ……..p.10

Suivis ……...…….p.11

Baguage ……...p.12

Dépouillement des donnés……...p.13

Analyses…….... p.14

Chapitre III : Résultats ……p.16

Chapitre IV : Discussion ……..p.20

Chapitre V : Conclusion ……..p.24

Bibliographie ……p.25

Résumé ……...p.28

Mise à jour Août 2015 ……...p.29

Liste chronologique des Tableaux

Tableau I : Date de passage et zone suivie dans la colonie … p.12

Tableau II : Réaction des reproducteurs lors du baguage … p.16

Tableau III : Stade des nids lors du baguage ……. p.17

Tableau IV : Stade des nids le 29 Mai 2015 …… p.17

Tableau V : Tests de comparaison de moyenne ……. p.18

Tableau VI : Qualité des modèles linéaires généralisés ……. p.19

Tableau VII : Résultat des GLM ……. p.19

Liste chronologique des Figures

Figure 1 : Carte de la héronnière ……... p.11

Figure 2 : Manipulation d'un jeune Ibis falcinelle ……... p.13

Figure 3 : Entrée dans la héronnière …….. p.13

Figure 4 : Moyenne du nombre de jeunes par nids ……... p.18

Liste des abréviations

Espèces animales

IF : Ibis falcinelle

Ibis : Désigne uniquement l'espèce Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus*

AG : Aigrette garzette

Aigrette : Désigne uniquement l'espèce Aigrette garzette *Egretta garzetta*

GB : Héron garde-bœuf

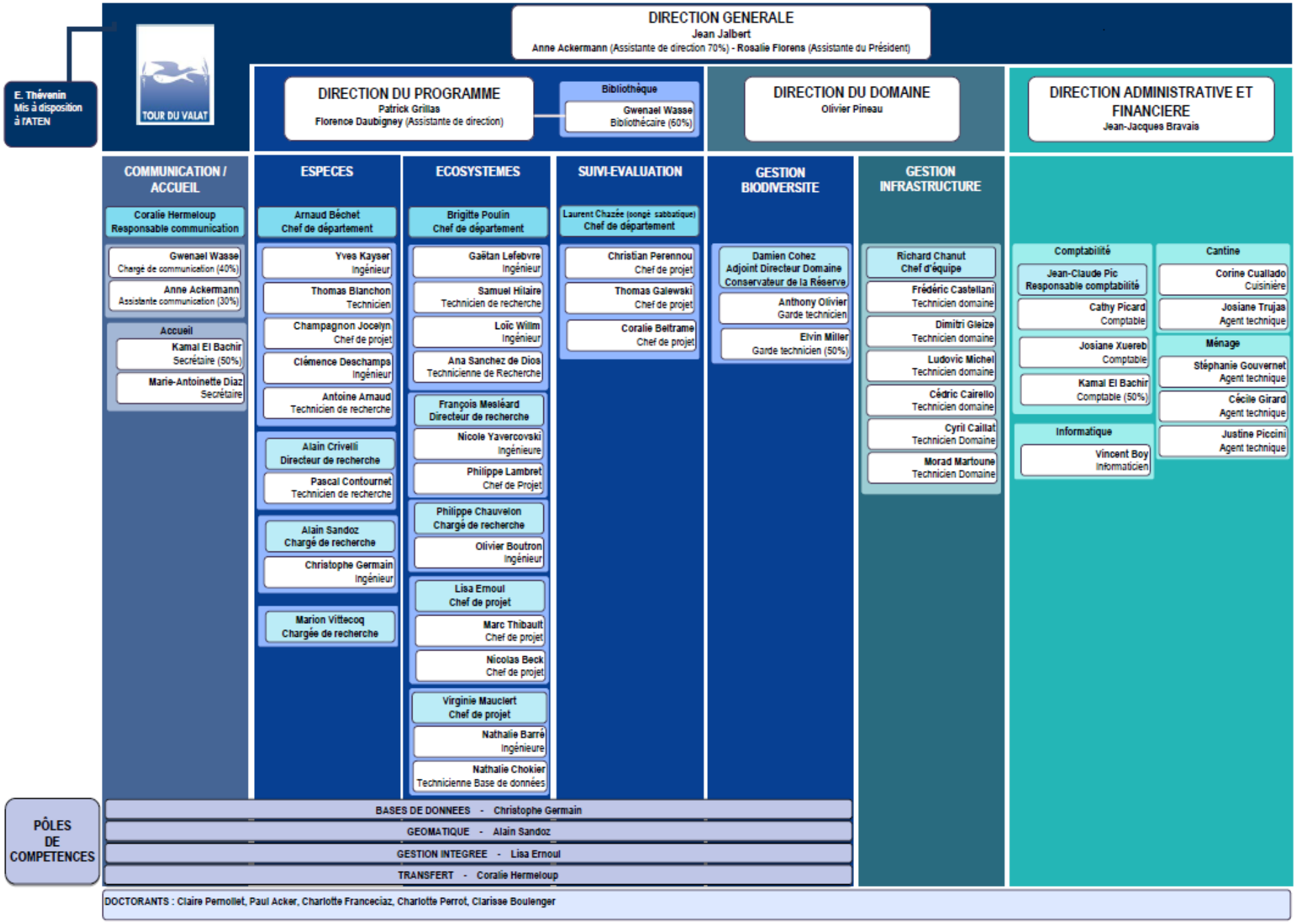
Garde-bœuf : Désigne uniquement l'espèce Héron garde-bœuf *Bubulcus ibis*

Statistiques

GLM : modèle linéaire généralisé (Generalyzed Linear Model)

AIC : Critère d'information d'Akaike (Akaike Information Criterion)

Organigramme de la Tour du Valat



Présentation de la structure

Créée en 1954 par Luc Hoffmann, la Tour du Valat est un organisme de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes avec pour souci constant « Mieux comprendre les zones humides pour mieux les gérer ». Convaincue que ces milieux menacés ne pourront être préservés que si activités humaines et protection du patrimoine naturel vont de pair, la Tour du Valat développe depuis de nombreuses années des programmes de recherche et de gestion intégrée qui favorisent les échanges entre usagers et scientifiques.

Elle s'est donnée pour mission d'arrêter la perte et la dégradation des zones humides méditerranéennes et de leurs ressources naturelles, de les restaurer et de promouvoir leur utilisation rationnelle. La Tour du Valat a la forme juridique d'une fondation à but non lucratif, reconnue d'utilité publique depuis 1978. Son domaine, qui englobe tous les habitats naturels représentatifs de la Camargue fluviolacustre, s'étend sur 2700 hectares dont 1845 sont classés en Réserve Naturelle Régionale. Un certain nombre d'expérimentations des chercheurs de la Tour du Valat y sont réalisées.

Elle emploie près d'une soixantaine de salariés qui interviennent dans toute la Méditerranée. Son équipe scientifique, riche d'une trentaine de spécialistes, développe des programmes de recherche sur le fonctionnement des zones humides et teste des modes de gestion. Les résultats sont transférés par la formation et la mise en place de projets innovants menés en collaboration avec de nombreux partenaires.

Au sein de cet organisme, mon rôle principal a été de mener une étude pour évaluer l'effet du dérangement survenant lors d'opérations de baguage de poussins d'Ibis falcinelle. Parallèlement à cela, j'étais également chargé d'effectuer le suivi des individus bagués au cours des années précédentes.

Introduction

Jusqu'aux années 1990, l'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus* était un nicheur rare en France avec des observations occasionnelles de reproductions réussies (GAUTHIER-CLERC M., KAYSER Y., PETIT J. ,2006a). Au début des années 1990, quelques cas de nidification réussis ont pu être observés en Camargue (PINEAU O., KAYSER Y. & HAFNER H.,1992 ;KAYSER *et al*. ,1996). Ces quelques observations ne sont alors pas propres à la France car de nouveaux cas de présence d'Ibis sont apparus au même moment dans les pays de l'Ouest méditerranéen, à cette période (SANTORO *et al*. 2010 ; BELHADJ G. *et al*. ,2007**).** Cependant, aucun autre cas de nidification n'a pu être enregistré entre 1996 et 2005 (GAUTHIER-CLERC M., KAYSER Y., PETIT J. ,2006a). Le retour de cette espèce en Camargue est observé en 2006 , année à partir de laquelle elle va nicher annuellement et dont les effectifs vont également croître à chaque saison, passant ainsi de 14 couples en 2006 (GAUTHIER-CLERC M., KAYSER Y., PETIT J. ,2006a) à 1237 couples en 2014.

La présence régulière de cette espèce en France a rapidement entrainé un intérêt scientifique important. Afin de mieux comprendre les mécanismes régissant les déplacements de cette nouvelle population, un programme de suivi a été mis en place. Ce dernier s'est traduit par un baguage des jeunes individus à partir de 2007, où, en 5 ans, 1615 poussins ont été marqués (KAYSER *et al.* 2014). Les bagues posées possèdent un code unique permettant la lecture à distance. Des ré-observations d'individus nés et bagués en Camargue ont ainsi pu être faites dans plusieurs pays d'Europe et de Méditerranée bien que l'essentiel des lectures soient réalisées en France et en Espagne.

En Camargue les Ibis nichent au sein de colonies mixtes de hérons arboricoles où sont présent Hérons garde-bœufs *Bubulcus ibis*, Aigrettes garzettes *Egretta garzeta*, Hérons cendrés *Ardea cinerea*, Crabiers chevelus *Ardeola ralloide* et Bihoreau gris *Nycticorax nycticorax* (GAUTHIER CLERC M., KAYSER Y., PETIT J., 2006b). La colonie suivie pour cette étude se trouve dans la Réserve Naturelle Régionale (RNR) du Scamandre. La RNR, d'une surface de 146ha, se trouve en Camargue gardoise, au Sud du département du Gard, sur la commune de Vauvert, au Sud des étangs du Charnier et du Scamandre.

Le baguage des poussins d'Ibis s'effectue au sein de la colonie d'Ardéidés du Scamandre sur les jeunes âgés de 2 à 3 semaines, avant qu'ils ne soient en mesure de s'envoler, ce qu'ils font à l'âge de 28 jours (CRAMP S. & SIMMONS K.E.L. ,1978) ou de fuir trop vers la cime des arbres entre 3 et 4 semaines. C'est une opération qui se déroule avec l'aide de plusieurs personnes, dont le nombre est dépendant des effectifs de poussins à baguer. Il est organisé par des bagueurs habilités par le CRBPO (Centre de Recherches sur la Biologie des Populations d'Oiseaux, organisme français de gestion du baguage, qui dépend du Muséum National d'Histoire Naturelle). Les bagueurs sont expérimentés grâce au baguage annuel de centaines d'individus d'ordres différents. Bien que les personnes chargées d'attraper les jeunes et de les amener aux bagueurs ne soient pas toutes expérimentées, ils sont, au préalable, formés et sensibilisés à cette manipulation.

Pour pouvoir attraper les jeunes, une intrusion dans la colonie est nécessaire ce qui provoque l'envol des adultes présents et la fuite des jeunes vers la cime ou l'eau. En conséquence, les jeunes

sont susceptibles de se blesser à cause de chutes lors de leurs déplacements ou l'incubation sera perturbée par l'absence de parents. Aussi, des précautions sont prises afin de limiter l'effet potentiellement négatif du baguage : L'opération se déroule aux premières heures de la matinée, avant le nourrissage des jeunes dans des conditions météorologiques favorables, avec des vents faibles ou modérés et pas de précipitation. Sa durée n'excède pas 1h00 afin que les parents ne soient pas absents des nids trop longtemps, et que le nombre de poussins bagués soit assez conséquent compte tenu du dérangement occasionné.

Malgré ces précautions, la population d'Ibis étant en expansion, il y a de plus en plus de jeunes produits chaque année dans la colonie du Scamandre. De ce fait, les campagnes de baguage sont de plus en plus conséquentes, mobilisant un plus grand nombre de personnes et nécessitant plusieurs opérations par saison. Ainsi, le dérangement dû au baguage pourrait potentiellement avoir tendance à augmenter et les risques de casse de branches ou, dans des cas rares, de renversement des nids dus au déplacement des personnes entre les tamaris augmenteraient également.

Bien que ce suivi soit mis en place afin de mieux comprendre l'évolution de cette population et ainsi pouvoir mieux la protéger, le dérangement qu'il occasionne n'aurait-il pas une contrepartie négative sur le succès reproducteur des populations perturbées ? C'est ce que nous nous proposons d'évaluer au cours de ce travail.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Les activités humaines sont susceptibles d'avoir un effet négatif sur les populations aviaires. Les formes de ce dérangement peuvent varier, cela peut être dû à de nombreuses formes d'activités de loisir (ROCHELLE S., CATHERINE P., CASTLE J. G. ,2011) ou à la chasse, par exemple (TAMISIER A. *et al.* ,2003). Il arrive parfois que ces effets soient dus à des pratiques scientifiques. Le dérangement scientifique peut être volontaire et suivre un protocole expérimental, afin d'étudier les effets, par exemple, d'un passage répété dans une colonie (TREMBLAY J. & ELLISON L. N. ,1979). Les effets des activités scientifiques sont, dans certains cas, induits par les pratiques elles- mêmes où nous pouvons assister à des blessures ou une mortalité directe des individus (SPOTSWOOD E.N. *et al.* ,2011) ou alors résultant simplement du dérangement occasionné.

Le dérangement est grandement influencé par la distance à laquelle passent les humains. Dans le cas d'étude scientifique de colonies d'oiseaux d'eau, sans dispositif de camouflage, une distance de 200m est conseillée afin de pouvoir observer les populations sans créer de réaction de la part des individus (ERWIN R. M. ,1989). Lorsque cette distance est franchie, pour toute étude nécessitant la manipulation des individus, les effets sur les colonies d'oiseaux sont influencés par différents facteurs. Le rythme des visites influence le succès reproducteur : une colonie visitée 1 fois par semaine ou 1 fois par jour n'entraîne pas les mêmes effets, bien qu'une diminution importante du succès reproducteur soit visible dans tous les cas (BLACKMER A.L, ACKERMAN J.T. & NEVITT G.A. ,2004). Une différence de succès reproducteur sera également occasionnée en fonction du stade de développement de la colonie et des jeunes : un dérangement précoce gêne l'installation de nouveaux individus (TREMBLAY J. J. & ELLISON L. N ,1979) alors que, si ce même dérangement se fait quelques jours plus tard, au début de la période d'incubation, le succès reproducteur sera plus faible que s'il avait eu lieu en fin de période d'incubation (BOLDUC F., GUILLEMETTE M. ,2003). Après l'éclosion, les effets d'un dérangement sont, là encore, différents suivant l'âge des poussins. Chez les sternes, les poussins plus âgés vont fuir plus loin, entraînant un risque plus important de non-retour dû à la prédation, à l'agressivité des voisins ou au fait que le jeune oiseau ne retrouve pas son nid (GOCHFELD M. ,1981).

D'après les études qui ont pu déjà être menées, le dérangement d'une colonie au moment de la reproduction, même s'il est peu fréquent, semble altérer la survie des jeunes individus. Dans cette étude nous nous attendons donc à observer un développement normal de la colonie jusqu'à la date du baguage, à partir de laquelle nous devrions constater une mortalité directe des jeunes, une mortalité indirecte, conséquence de l'absence des parents pendant l'opération, ou une diminution du recrutement due au dérangement survenu pendant l'incubation.

Chapitre II : Méthodologie

Site d'étude

Le climat local est typiquement méditerranéen, caractérisé par une forte variabilité saisonnière, une saison sèche marquée, un régime pluviométrique particulier avec des épisodes orageux brefs et intenses, et des vents fréquents et parfois violents dus au Mistral et à la Tramontane.

La colonie de hérons arboricoles se trouve dans un boisement à tamaris *Tamarix gallica*, au sein d'une masse d'eau temporaire. D'une surface d'environ 1ha, elle abritait 4374 couples d'oiseaux en 2014 dont 992 d'Ibis falcinelles, 1344 d'Aigrettes garzettes et 1416 de Hérons garde-boeufs. Installée en 2004, il s'agit de la plus grande colonie de hérons arboricoles de France (GAUTHIER CLERC, M.; KAYSER, Y.; PETIT, J. ,2006b).

Bien que la gestion hydraulique de ce site ait d'abord été faite de manière à favoriser les pâturages, elle est, depuis 2005, réalisée de façon plus cohérente avec le fonctionnement naturel. Cela se traduit par un niveau le plus bas possible pour la fin de la période estivale et une remise en eau automnale en fonction de la pluviométrie. Bien que de légères variations du niveau de l'eau se soient produites au cours du suivi, le secteur d'étude a toujours eu une profondeur d'eau d'environ 60 centimètres.

Afin de tester l'effet que le baguage peut avoir sur les populations présentes, 2 zones ont été définies. Une zone appelée « Traitement » qui correspond à un secteur où les espèces ont été suivies et où deux opérations de baguage d'Ibis ont été menées et une autre zone appelée « Contrôle » où il n'y a pas eu d'intrusion pour les opérations de baguage (Fig.1). Les 2 zones sont distantes l'une de l'autre de 55m.

Entre elles, nous avons défini une zone tampon non suivie, où le baguage n'a pas eu lieu, afin d'atténuer le dérangement sonore qu'il pourrait occasionner sur la zone Contrôle. Le dérangement au cours des opérations de baguage a été estimé à un minimum d'environ 35m de la zone Contrôle.

Ces secteurs ont été choisis car leur configuration apporte de nombreux avantages pour l'étude. Ils se présentent tous deux sous la forme d'une clairière au cœur de la héronnière. Cet aspect a pour avantage d'offrir une bonne visibilité sur de nombreux arbres dans un espace restreint, accessible et cela sans provoquer de dérangement lorsque l'observateur se trouve dans un affût flottant (décrit ci-après). Les deux clairières sont ouvertes au Nord, afin que leur exposition au soleil et au vent soient le plus proche possible. Cependant, la zone Traitement présente un passage dégagé au Nord donnant sur une grande surface non boisée, ce qui favorise l'entrée du vent dans cette clairière. En plus de cela la zone Contrôle se situe sur la bordure Est de la colonie, ce qui permet de ne pas effectuer le baguage seulement sur une partie de la héronnière.

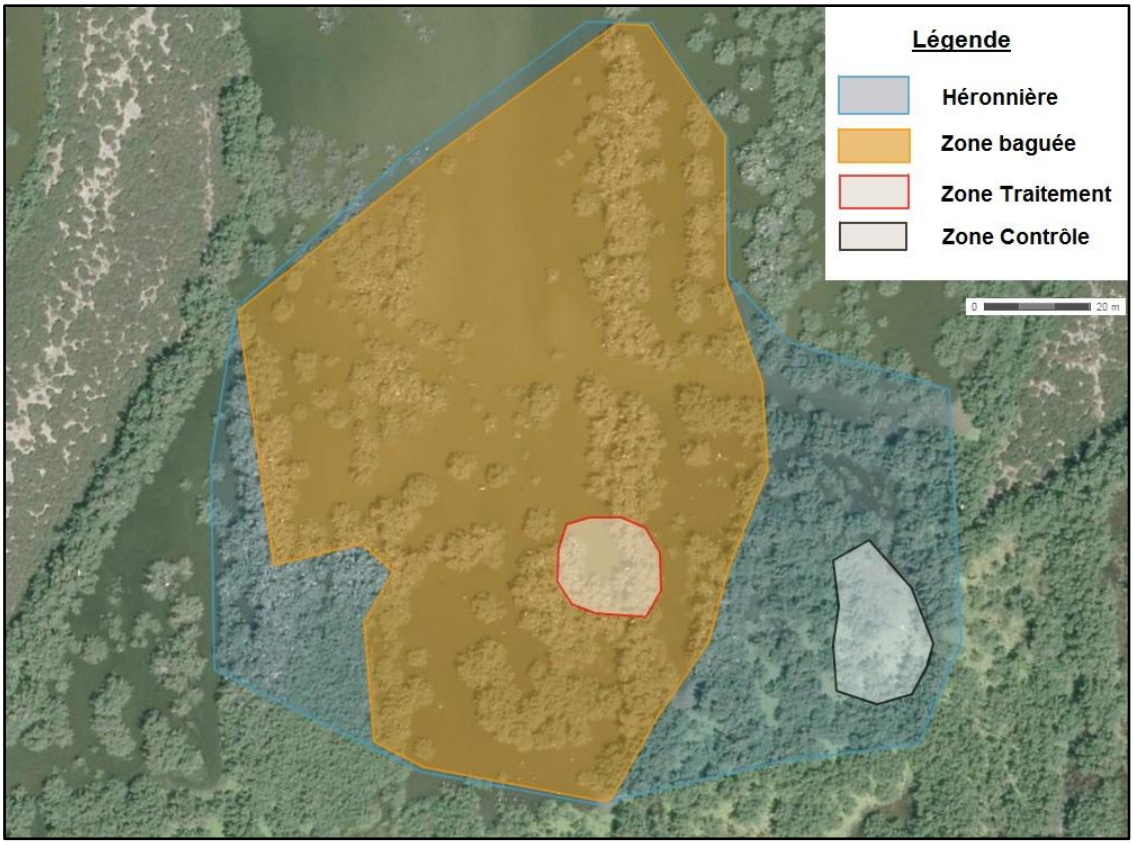


Figure 1 : Carte de la héronnière figurant les secteurs en fonction des opérations

Suivis

Pour chacune des zones, 3 espèces ont été suivies : l'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus* (noté ci après: IF), le Héron garde-bœufs *Bubulcus ibis* (noté ci après : GB), l'Aigrette garzette *Egretta garzeta* (noté ci après: AG). Afin de garantir une bonne robustesse statistique un minimum de 20 nids par espèce et par site a été sélectionné. La position du nid sur l'arbre a été notée en fonction de deux paramètres : la profondeur et la hauteur.

°La profondeur correspond à l'emplacement du nid par rapport à la clairière. Elle a été découpée en 3 modalités. A l'avant de l'arbre, à même distance que le tronc ou à l'arrière de l'arbre.

° La hauteur est une estimation de la hauteur en mètre du nid par rapport au niveau de l'eau. Aucun nid ne se trouvait au-delà de 3m, nous avons donc là aussi 3 modalité (0-1m, 1-2m, 2-3m).

Ces variables n'ont pas fait l'objet de mesures précises, il ne s'agit que d'estimations qui ont été faites.

Le suivi a été fait pour l'ensemble des nids du 29/04/2015 au 29/05/2015 inclus. La date initiale correspond à la période d'installation des espèces dans la colonie et précède toute éclosion. La date de fin de suivi a été définie en raison de contraintes d'échéances pour le rendu du présent rapport et non pour des raisons biologiques. Chacune des sessions d'observation a été réalisée via une cache flottante, aussi appelée affût flottant. C'est un dispositif constitué d'une toile sur une planche flottante, qui permet de se déplacer à une distance d'un à deux mètres des oiseaux, sans provoquer de dérangement.

Au total, 14 sessions pour le suivi ont été effectuées dans la colonie, dont 2 où seulement une des deux zones a été suivie. Chaque session a duré 5h environ, soit un total de travail de terrain (transport non compris) d'environ 60h en un mois. L'horaire de suivi était alterné, une zone suivie le matin l'était l'après-midi lors de la session suivante afin d'observer les nids à des instants différents de la journée. Lorsque c'était possible, nous avons essayé d'effectuer deux passages par semaine. Cependant lors des jours de vents forts ou de pluie nous évitions de nous rendre dans la colonie car l'affut flottant ne se conduit pas convenablement dans ces conditions.

	15-avr	21-avr	22-avr	23-avr	24-avr	29-avr	04-mai	05-mai	07-mai	11-mai	18-mai	20-mai	27-mai	29-mai
Zone	CT	CT	CT	CT	CT	CT	C	T	CT	CT	CT	CT	CT	CT

Tableau I : Date de passage et zone suivie dans la colonie
C signifie que la zone Contrôle a été suivie
T signifie que la zone Traitement a été suivie

Afin d'évaluer le succès reproducteur, un certain nombre de critères ont été observés pour chacun des nids. Durant les premières semaines, nous avons noté le nombre de parents présents au nid ainsi que leur comportement (sur le nid, à proximité, couve). Durant cette phase, lorsqu'ils pouvaient être vus, le nombre d'œufs dans le nid était compté (Stade 0, S0 ci-après). Après l'éclosion, nous avons noté le nombre de jeunes et leur stade de développement. Pour chaque jeune, une estimation de leur âge et de la date d'éclosion est faite : 4 stades ont été considérés correspondant au nombre de semaines de l'individu (Stade 1 (S1) = de 0 à 7 jours ; Stade 2 (S2) =de 8 à 14 jours ; Stade 3 = de 15 à 21 jours ; Stade 4 (S4) = de 21 à 28 jours ; Stade 5 (S5) = de 29 à 36 jours). Dès la première observation d'un jeune au nid, la date d'éclosion a été estimée.

Le baguage

Le premier baguage a eu lieu le 12/05/2015. 36 personnes étaient présentes, réparties en 6 équipes comportant 1 bagueur, 1 secrétaire, et 4 attrapeurs. Chaque équipe occupait un secteur particulier de façon à couvrir la plus grande surface possible (Fig. 1). Pour cette première opération, les bagueurs n'ont été présents dans la zone Traitement que lors des dix dernières minutes du baguage. 259 poussins ont été bagués dans la colonie à la fin de cette session.

Le deuxième baguage a eu lieu le 20/05/2015. 33 Personnes étaient présentes, réparties en 5 équipes de même structure que lors de la première opération. 2 personnes réalisaient des écouvillons sur les jeunes bagués, mais cela en dehors de la zone Traitement afin de ne pas rajouter un stress aux individus. La dernière personne avait un rôle de photographe. Sur cette session 166 poussins ont été bagués.

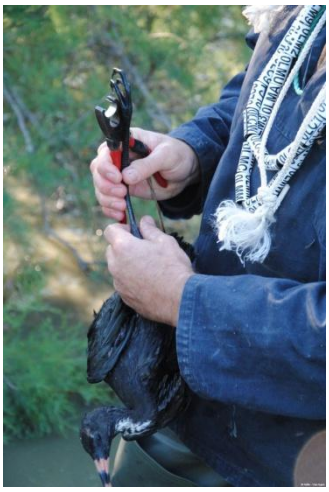


Figure 2 : Manipulation d'un jeune Ibis Falcinelle pour la pose d'une bague. Gwenael Wasse/Tour du valat. 2015

Pour vérifier l'absence de dérangement dans la zone Contrôle et observer la réaction des oiseaux présents dans la colonie, lors de la première opération de baguage, nous avons suivi le comportement des adultes de 4 nids en zone Contrôle et 5 nids en zone Traitement pendant l'intrusion des bagueurs. Pour se faire, deux personnes se sont rendues en affut flottant sur le site 30mn avant le début de la session, une personne pour la zone Contrôle et une pour la zone Traitement. Les critères qui ont été définis sont la présence d'un adulte reproducteur sur le nid, à proximité ou s'il a décollé. Chacune des attitudes a été notée en fonction de l'heure, ainsi que l'heure d'arrivée et de départ des opérateurs du baguage. De plus, pour la zone Traitement, les nids suivis au cours de l'étude où des poussins ont été manipulés (voir Fig.2) ont été notés, de même que les arbres où il y a eu des individus manipulés. Les nids traités lors de la seconde opération de baguage ont, également, été relevés.



Figure 3 : Entrée des équipes dans la héronnière lors du second baguage. Gwenael Wasse. 2015

Dépouillement des données

Une fois les suivis effectués, les données pouvaient présenter une irrégularité dans l'observation des jeunes d'un même nid. Pour exemple il n'est pas rare d'observer 2 jeunes dans un stade lors d'une séance de suivi, et en observer 3 dans un même stade lors de la séance suivante, en particulier durant les stades précoces. Afin de minimiser l'erreur de détection, le maximum d'observations de jeunes par nid pour chaque stade a été conservé. De plus, du fait que les individus aux stades précoces sont moins détectables, le nombre maximum de jeunes observés pour le stade le

plus avancé a été reporté aux stades précédents lorsque que ce dernier était inférieur. Par exemple, si nous avons réussi à voir 2 œufs dans un nid, mais que par la suite nous avons observé 4 jeunes d'une semaine, le nombre d'œuf final est 4, car la présence des jeunes nous indique qu'il y a forcément eu un minimum de 4 œufs dans ce nid.

Bien que des jeunes aient pu être recensés pour un nid jusqu'au stade 5 (S5), nous n'avons pas pris en compte le nombre de jeunes par nid au-delà du stade 3 (S3 : de 14 à 21 jours). A partir de 21 jours, les poussins commencent à se déplacer dans les branches aux alentours du nid (BLONDEL, J. & P. ISENMANN, 1981). La distance entre les jeunes et le nid va augmenter au fil de leur croissance et nous nous sommes rendus compte, lors de cette expérimentation, qu'à partir du stade 4 il n'était pas toujours certain qu'un jeune observé à proximité d'un nid en soit originaire. De plus, l'absence d'un individu de stade 4 d'un nid ne signifie pas obligatoirement un décès de ce dernier, et ne peut donc pas être pris en considération pour l'estimation du succès reproducteur.

Analyses

Pour visualiser l'état des populations pré-baguage et post-baguage nous avons réalisé deux tableaux. Ces derniers rapportent le nombre de nids en fonction du stade de développement le plus avancé des jeunes de ce nid, en fonction de l'espèce et de la zone. L'un d'eux a été réalisé avec les données acquises jusqu'à la veille du baguage (du 29/04/2015 au 11/04/2015) (Tabl. III) tandis que l'autre a été fait avec les données récoltées tout au long du suivi (du 29/04/2015 au 29/05/2015) (tabl.IV). Le but est de décrire le stade dans lequel se trouvait chacune des espèces au moment du premier baguage et à la fin du suivi.

Dans un premier temps, nous avons visualisé les données obtenues pour chaque stade et chaque espèce. Pour ce faire, nous avons réalisé un barplot présentant le nombre moyen (et leur écart-type) d'individus observés pour chacun des stades par nid et par espèce. Pour évaluer un effet Zone (Traitement *vs*. Contrôle), un test simple de comparaison de moyenne a été effectué. Avant cela, nous avons évalué si le nombre moyen d'individus par site dans chacun des stades suivait une loi normale grâce à un test de Shapiro-Wilk. Aucun des échantillons ne suivant une loi normale, nous avons testé la différence entre les moyennes grâce à un test non paramétrique de Mann-Whitney.

Outre ce simple test sur l'effet Zone, nous avons cherché les variables qui pourraient expliquer le nombre moyen d'individus observés aux différents stades. Chez les oiseaux, les meilleurs reproducteurs d'une colonie sont généralement les premiers à s'installer (PERRINS C. M., 1970). Comme nos deux sites ne sont pas synchrones (voir résultats), nous avons voulu vérifier que le nombre de jeunes à chacun des stades soit le reflet de la qualité des parents. D'autre part, la position du nid dans l'arbre, symbolisée par une profondeur et une hauteur, peut influer sur le nombre d'individus observés à chacun des stades ; les nids en hauteur et en bordure de clairière sont potentiellement plus exposés aux vents qui peuvent être très forts dans la région. Pour cela, nous avons testé les variables indépendantes suivantes : Zone (Traitement ou Contrôle), Hauteur (3 modalités), Profondeur (3 modalités) et Date d'éclosion (en nombre de jours par rapport à la première éclosion) en appliquant des modèles linéaires généralisés (GLM). Nos données sont issues d'un comptage d'individus et suivent par conséquent une loi de poisson, la fonction de lien utilisée

pour les tests statistiques a donc été modifiée pour correspondre à une telle loi. Nous avons réalisé une régression séquentielle où les variables indépendantes sont retirées une à une jusqu'à l'obtention d'un modèle final qui n'est plus amélioré selon le critère d'information d'Akaike (AIC). Cette analyse a été répétée pour chacun des stades S1, S2 et S3.

Toutes les analyses statistiques ont été conduites avec le logiciel R (version 3.1)

Chapitre III : Résultats

Le dérangement provoqué par le premier baguage a été estimé qualitativement comme fort dans la zone Traitement (envol de tous les adultes Ibis suivis et agitation importante suivi de l'envol des Aigrettes durant toute la période de dérangement) et faible dans la zone Contrôle (envol d'un adulte Ibis durant la moitié du baguage (Tabl. II).

Nous pouvons observer le retour de 3 des parents sur leur nid très rapidement après le baguage, tandis que 2 ne sont jamais revenus.

Lors de la première opération de baguage, seuls 4 nids d'Ibis ont été manipulés dans la zone Traitement, tandis que 6 nids ont été manipulés lors de la seconde opération.

Zone	Nid	Espèce	Stade jeunes	7h25	7h30	7h35	7h40	7h45	7h50	7h55	8h00	8h05	8h10	8h15	8h20	8h25	8h30	8h35	8h38
Cont.	1	IF	2 Jeunes S1	C	L	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	L	L	C	C
Cont.	2	IF	2 Jeunes S1	P	P	P	P	P	N	N	E	N	N	C	C	C	C	C	C
Cont.	3	IF	Pas de jeunes	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Cont.	4	IF	Pas de jeunes	C	P	P	P	P	P	P	P	E	E	E	E	E	E	E	E
Trait.	1	IF	2 Jeunes S2	C	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Trait.	2	IF	2 Jeunes S1	C	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Trait.	3	IF	1 Jeune S1	C	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	C
Trait.	4	AG	2 Jeunes S1	P	P	P	P	P	P	E	E	E	E	E	E	E	E	C	C
Trait.	5	AG	3 Jeunes S1	C	C	P	P	P	P	P	P	P	E	E	E	E	P	C	C

Tableau II : Comportement des reproducteurs lors du baguage du 12/05/2015. Le baguage a commencé à 7h25 et c'est terminé à 7h30
C : L'adulte est allongé sur le nid. N : L'adulte est en train de nourrir ses jeunes.
P : L'adulte est à proximité du nid. E : L'adulte a décollé et n'est plus sur le nid.
L'intensité du gris est définie en fonction du degré de dérangement estimé que traduit un comportement (blanc : Pas de dérangement ; Gris foncé : Niveau maximal de dérangement)

Le tableau III montre, qu'à partir de la date du premier baguage, la majorité des nids d'Aigrettes et de garde-bœufs n'ont pas encore éclos, alors qu'une majorité des Ibis de la zone Traitement se trouvent déjà dans le stade 2. Ce même tableau met en avant des différences dans les périodes d'éclosion des deux sites, les éclosions en zone Traitement sont plus précoces que pour la zone Contrôle. La date moyenne de première éclosion estimée pour les nids d'Ibis de la zone Contrôle est le 06/05/2015 ± 3jours (Ecart type) ; tandis que pour la zone Traitement elle est le 30/04/2015 ± 9. Pour les garde-bœufs, l'éclosion moyenne en zone Contrôle est le 19/05/2015±3jours et le 14/05/2015±5jours pour la zone Traitement. Concernant les Aigrettes, l'éclosion de la zone Contrôle a eu lieu en moyenne le 13/05/2015±4jours et celle de la zone Traitement le 10/05/2015±5jours.

	Total	Non éclosion	S1	S2	S3
AG					
Contrôle	26 (100)	22 (84,6)	4 (15,4)		
Traitement	24 (100)	15 (62,5)	9 (37,5)		
GB					
Contrôle	43 (100)	43 (100)			
Traitement	22 (100)	19 (86,4)	3 (13,6)		
IF					
Contrôle	22 (100)	7 (31,8)	13 (59,1)	2 (9,1)	
Traitement	36 (100)	6 (16,7)	4 11,1)	19 (52,8)	7 (19,4)

Tableau III : Nombre de nids dont le stade maximal de développement des poussins à la date du 1er baguage est dans l'une des catégories.
Non-éclosion signifie qu'aucun jeune n'a été aperçu dans le nid.
Les valeurs entre parenthèses correspondent au pourcentage du nombre de nids suivis pour chaque espèce et chaque zone

La lecture du tableau IV, au moment de l'arrêt du suivi pour ce rapport, montre que les garde-bœufs et les Aigrettes n'ont pas tous atteint leur stade maximale de développement Cela est dû au fait que ces deux espèces ont eu une période d'éclosion plus tardive que celle des Ibis. La fraction relativement faible de nids ou de jeunes de stade 3 qui a pu être comptée pour les Aigrettes et les garde-bœufs ne témoigne donc pas d'un succès reproducteur plus faible, mais d'un arrêt trop précoce du suivi. Pour cette raison, ces deux espèces ne seront pas prises en compte dans les analyses suivantes. En revanche, l'ensemble des individus des Ibis de la zone Contrôle comme de la zone Traitement ont atteint un stade S3 ou plus. Nous permettant de faire des analyses statistiques sur ce jeu de données.

	Total	Non éclosion	S1	S2	S3
AG					
Contrôle	26 (100)	6 (23,1)	5 (19,2)	6 (23,1)	9 (34,6)
Traitement	24 (100)	5 (20,8)	2 (8,3)	4 (16,7)	13 (54,2)
GB					
Contrôle	43 (100)	22 (51,2)	8 (18,6)	10 (23,3)	3 (7,0)
Traitement	22 (100)	9 (40,9)	3 (13,6)	5 (22,7)	5 (22,7)
IF					
Contrôle	22 (100)	4 (18,2)	0 (0)	2 (9,1)	16 (72,7)
Traitement	36 (100)	6 (16,7)	1 (2,8)	6 (16,7)	23 (63,9)

Tableau IV : Nombre de nids dont le stade maximal de développement des poussins à la fin du suivi est dans l'une des catégories.
Non-éclosion signifie qu'aucun jeune n'a été aperçu dans le nid.
Les valeurs entre parenthèses correspondent au pourcentage du nombre de nids suivi pour chaque espèce et chaque zone

A la lecture des tableaux III et IV simultanément, tous les nids non-éclos d'Ibis de la zone Traitement n'ont jamais éclos et 3 des 4 nids avec des jeunes au stade S1 sont arrivés au stade S2 suivant. Le baguage a donc touché principalement les individus lorsqu'ils se trouvaient déjà au stade S2. Ils n'ont donc connu aucune perturbation jusqu'au second stade.

Nous ne prédisons donc pas d'effet au stade S1 et S2, mais potentiellement au stade S3.

La figure 4 permet de visualiser la donnée qui a été obtenue après un mois de suivi .Bien que nous puissions observer graphiquement une différence entre les stades des deux zones, celle-ci n'est pas significative (tabl. V).

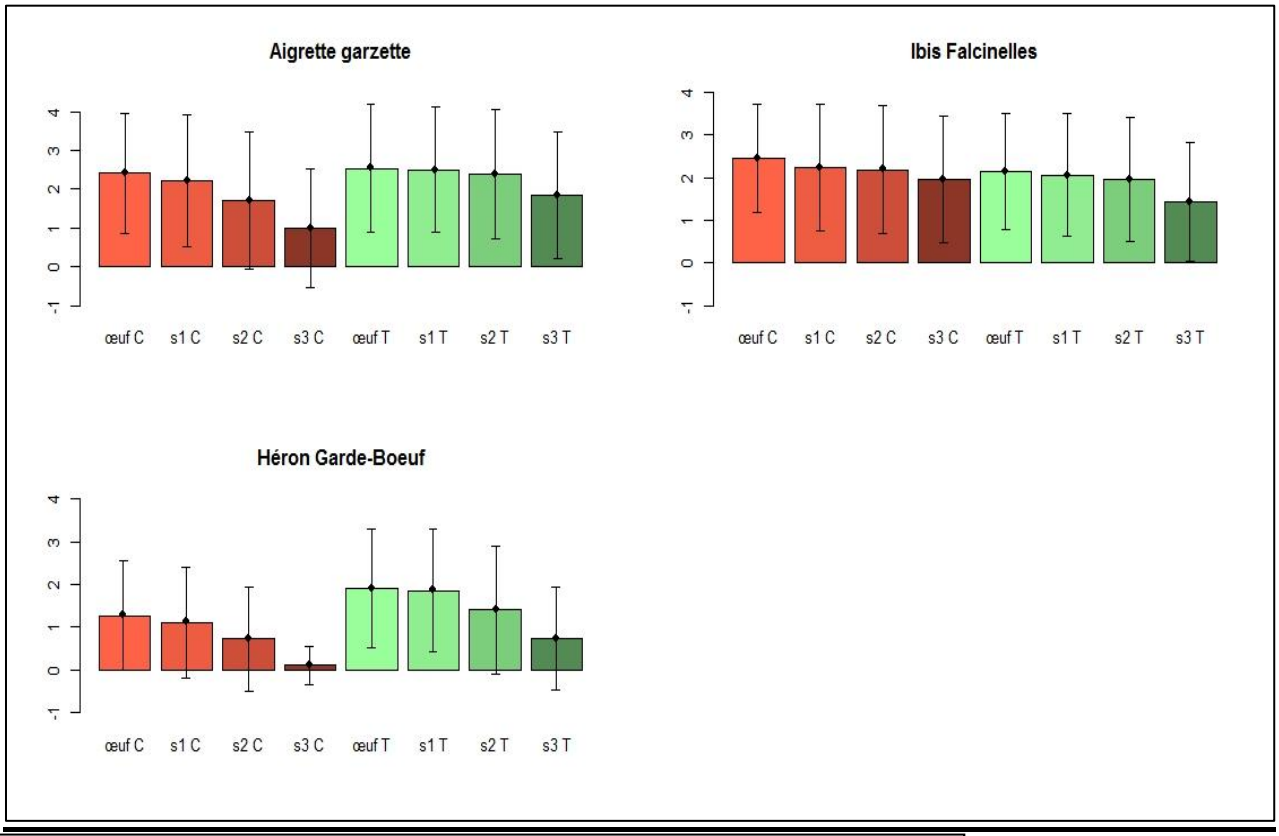


Figure 4 : Moyenne des jeunes observés par nid avec leur écart-type
C désigne la moyenne d'un stade pour la zone Contrôle
T désigne la moyenne d'un stade pour la zone Traitement

Espèce	Stade	Test de Mann-Whitney p value	Différence Significative
IF	Œuf ou S0	0.5735	Non
IF	S1	0.7379	Non
IF	S2	0.5882	Non
IF	S3	0.1977	Non

Tableau V : Significativité des tests statistiques effectués entre le nombre moyen de jeunes par nid en fonction de la zone. Si P-value<0.05, on définit que les valeurs sont significativement différentes entre elles ou par rapport à une distribution normale.

Au cours de 3 tests indépendants, nous avons testé si le nombre moyen d'individus par nid aux stades S1, S2, et S3 s'explique par l'une des variables indépendantes

Stade	Variables du modèle de départ	AIC (départ)	Variables du modèle final	AIC (Final)
S1	Hauteur + Profondeur + Date d'éclosion + Zone	161.53	Date d'éclosion	157.03
S2	Hauteur + Profondeur + Date d'éclosion + Zone	164.41	Date d'éclosion + Hauteur	161.32
S3	Hauteur + Profondeur + Date d'éclosion + Zone	173.14	Date d'éclosion + Hauteur	170.59

Tableau VI : Qualité des modèles complets et des meilleurs modèles proposés par l'analyse de régression séquentielle

Quelques soient les jeux de données, la date d'éclosion est comprise, dans le meilleur modèle, pour les 3 stades. C'est, de plus, la seule variable retenue pour l'explication des différences de répartition du stade S1. Pour les 2 âges suivants, c'est la hauteur combinée à la date d'éclosion qui forme le modèle de meilleure qualité. Dans le cadre de cette étude, il est important de souligner l'absence de la variable Zone dans la totalité des cas.

Stade	Variable	Coefficient de corrélation	P
S1	Date éclosion	-0.02389	0.263
S2	Date éclosion	-0.03089	0.1751
S2	Hauteur	0.23085	0.1685
S3	Date éclosion	-0.01246	0.616
S3	Hauteur	0.24557	0.182

Tableau VII : Résultats du modèle linéaire généralisé.
Le coefficient de corrélation permet de connaître le sens d'évolution de la variable dépendante.
Si P>0,05 la variable est définie comme corrélée significativement au nombre de jeunes par nid

En accord avec le principe d'installation prioritaire des meilleurs reproducteurs (PERRINS C. M. ,1970), plus la date d'éclosion est tardive, moins le nombre de jeunes est important (coefficient de corrélation négatif dans le tableau VII). Cependant, ces effets comme les autres retenus à l'issue de la régression séquentielle ne sont pas significatifs (P>0.05, Tabl. VII)

Chapitre IV : Discussion

A travers cette étude, nous avons pu effectuer plusieurs approches de notre problématique. Les résultats statistiques des deux méthodes d'analyses vont dans le même sens. Il n'y a pas de différence significative entre aucun des stades de la zone Contrôle et de la zone Traitement. De même, les résultats fournis par la régression séquentielle ont éliminé l'effet Zone des variables pouvant être corrélés à la répartition des jeunes dans le nid. Nous ne constatons donc pas d'effet du baguage sur le succès reproducteur des Ibis falcinelles.

Concernant les autres espèces, bien que les données brutes puissent laisser suggérer un effet positif du baguage sur le succès reproducteur des garde-bœufs et des Aigrettes (Fig. 4), ces données n'ont pas été jugées exploitables puisque le travail de terrain est encore en cours (Tabl. III).

En moyenne, nous pouvons voir que les dates d'éclosion sont toujours plus tôt dans l'année pour la zone Traitement que pour la zone Contrôle. Dans ce type de colonies, les oiseaux s'installent premièrement en un point particulier du secteur, dont les caractéristiques sont de meilleures qualités pour la nidification. La densité d'individus va augmenter au fil du temps puis les installations vont se continuer en périphérie de ce point jusqu'à former la colonie totale (BLONDEL, J. & P. ISENMANN ,1981). Les individus installés en premier vont effectuer leur ponte plus tôt, comme c'est le cas pour la zone Traitement. Ce noyau de la colonie serait donc plus proche de la zone Traitement que de la zone Contrôle, offrant ainsi de meilleures conditions pour les individus qui y sont installés. Nous savons également que les meilleurs reproducteurs s'installent plus tôt au sein d'une colonie (PERRINS C. M. ,1970). Les adultes reproducteurs de la zone Traitement sont donc, potentiellement, de meilleurs reproducteurs que ceux de la zone Contrôle. Nous avons voulu contrôler ce biais dans nos analyses statistiques en incorporant la date d'éclosion comme variable dans nos modèles linéaires généralisés pour expliquer le possible meilleur succès reproducteur des individus dans la zone Traitement.

Lors du premier baguage, les Ibis de la zone Traitement ont déjà tous éclos, mais ce n'est pas le cas pour l'ensemble des nids des deux autres espèces or il est avéré que, pour d'autres genres d'oiseaux, plus le dérangement a lieu tôt lors de l'incubation, plus les effets sont importants (BOLDUC F., GUILLEMETTE M. ,2003). De plus, pour les garde-bœufs, la résistance à l'hypothermie augmente avec l'âge du poussin (HUDSON J. W., DAWSON W. R. & HILL R. W. ,1973). Un dérangement important lors des premiers jours pourrait avoir un effet marqué. Egalement, la réaction des jeunes est différente selon les âges : plus l'individu est âgé, plus il a tendance à fuir loin (GOCHFELD M. ,1981), augmentant les risques de chutes dans un milieu tel qu'un bois de tamaris. Il serait donc possible que nous puissions observer un effet du dérangement grâce aux données des Aigrettes garzettes et des Hérons garde-boeufs une fois que les informations sur la croissance des jeunes seront complètes.

En effet, le suivi n'est pas arrivé à son terme et les résultats concernant les autres espèces que l'Ibis falcinelle sont préliminaires. Nous ne disposons donc pas de l'intégralité des données nécessaires afin de répondre à la problématique de base. Les analyses ont pu être faites sur les Ibis dont la population a atteint le stade maximal et que nous pouvions suivre, mais cela ne représente

qu'une espèce sur les trois qui sont suivies. Une fois les données des 2 autres espèces complètes, nous disposerons du suivi de plus de 80 nids par zone pour effectuer nos analyses. Le pouvoir statistique sera plus fort pour détecter un effet Zone. Nous pourrons, à partir de ce moment-là, inclure l'espèce et les interactions espèces/zone comme variables explicatives. L'évolution des espèces pourra être comparée afin de déterminer si elles réagissent différemment au baguage et, ainsi, nuancer ou confirmer les résultats préliminaires présentés dans ce rapport aujourd'hui.

L'arrêt de la prise de données ayant été assez tardif, le temps consacré aux analyses a été relativement court. Ces dernières pourront être affinées et améliorées par la suite. L'une des pistes qui devra être explorée concerne la réduction du biais d'observation. Bien que cela ait été amoindri par ce protocole en utilisant le maximum d'observations des stades ainsi qu'en reportant les observations de jeunes de stade supérieur aux stades inférieurs, il existe tout de même une perte d'informations quant à la quantité réelle d'individus présents dans les nids. Cela est particulièrement vrai pour le stade d'œuf et de jeunes d'une semaine, car les parents les couvent encore à cette période là. De plus l'observation se fait depuis le niveau de l'eau, l'observation de ces stades où la progéniture est de petite taille est donc d'autant plus difficile qu'elle doit se faire souvent à travers les branches du nid.

Afin de pallier au problème de la qualité d'observation, il sera également possible de le minimiser en modifiant le protocole, s'il devait être appliqué à nouveau. Les nids ont été sélectionnés en fonction de leur appartenance à l'un des arbres sélectionné ou non**.** Ainsi certains nids étaient bien plus difficiles à observer que d'autres, créant ainsi une différence dans la fiabilité des informations. Ce problème concernait essentiellement les nids situés en profondeur des arbres, dont la visibilité pouvait être limitée par les nombreuses branches en avant. Il aurait peut-être été judicieux de choisir un plus grand nombre d'arbres et de ne pas suivre les nids dont l'observation était trop difficile, afin d'améliorer la qualité de cette dernière. Bien qu'en opérant ainsi nous biaiserions l'analyse de l'effet que la profondeur peut avoir sur les nids. De plus, la floraison des tamaris a commencé durant la période de l'étude, la visibilité des nids a donc été modifiée au cours de cette période, diminuant également les facilités d'observation de ces derniers. Bien que ce dernier point soit difficile à prendre en compte au moment de la sélection des nids, il est important de le souligner tant il peut affecter la récolte des données.

Une autre approche, afin d'atténuer les problèmes liés à l'observation, aurait été d'augmenter le nombre de passages dans la colonie. Cela aurait eu pour effet d'augmenter l'effort de capture, améliorant ainsi directement la qualité des observations et augmentant les chances de pouvoir voir un nid en l'absence des parents, ce qui aurait simplifié l'observation des œufs ou des jeunes de premier stade. Cependant, l'effort de récolte de données durant ce stage est jugé important avec 13 sessions complètes de suivis réalisés, d'en moyenne 5h chacune, augmenter le nombre de sessions de suivi sur la même durée serait difficile.

Une façon de contourner l'ensemble de ces problèmes sera d'appliquer des modèles de capture-marquage-recapture car même si les individus ne sont pas marqués, ils sont identifiés au sein d'un nid. Cette approche sera menée dans les mois à venir et nous permettra de modéliser une probabilité de détection et une probabilité de survie des poussins pour chacun des stades. Ces

modèles utiliseront l'ensemble des données temporelles. Ainsi la probabilité de détection pourrait alors être modélisée en fonction du temps, de la profondeur du nid, de sa hauteur, du stade. La probabilité de survie des poussins entre chaque stade pourra dépendre de l'espèce. Par ailleurs, cela permettrait de tester des événements temporels sur la survie tels que l'effet de fortes rafales de vent entre deux sessions, l'effet de pluies abondantes ainsi que l'effet de chacune des opérations de baguage.

L'un des biais possible du protocole tient à la méthode de récolte des données. Les observations des nids se sont faites en se déplaçant au sein de la colonie et des zones d'étude dans un affût flottant. Bien que cette technique n'entraine pas un dérangement important, nous en avons observé un malgré tout. Lors des premiers passages, les oiseaux réagissaient à la présence de la cache. Cela pouvait simplement être des adultes qui se levaient sur le nid, mais dans certains cas nous pouvions observer un déplacement dans les arbres des adultes qui arrêtaient ainsi leur activité de couvaison. Bien que cet effet ait tendance à diminuer au cours des passages, certains parents réagissent encore à la présence de l'affut flottant même lors des derniers passages. De plus, quelques semaines après l'éclosion, les jeunes s'éloignent du nid lorsque notre présence est trop proche, alors que leur déplacement dans les branches n'est pas encore très sûr. Il serait cependant très compliqué d'évaluer les effets que pourraient avoir la présence de l'affut au sein de la colonie. Une façon de minimiser cet effet pourrait être de laisser une cache vide au sein des deux zones de suivi afin d'acclimater les individus à cette présence au moment de leur installation.

Le succès reproducteur estimé des Ibis que nous avons suivis est tout de même inférieur à celui qui peut être attendu pour cette espèce. Deux études (A. NEFLA , R. OUNI AND S. NOUIRA, 2012 ; BOUCHEKER A. *et al*. ,2009) réalisées en Algérie et en Tunisie montrent respectivement un succès de reproduction d'en moyenne (± écart-type) 2.65 ± 1.17 et 2.7 ± 0.9 12 jours après l'éclosion, ce qui équivaut au Stade 2 où nous avions un succès reproducteur de 2,18 ± 1,5 jeunes en zone Contrôle et 1,95 ± 1,45 jeunes en zone Traitement. Ces résultats sont également inférieurs à ce qui a déjà pu être observé en Camargue en 2006 où 14 couples avaient donné naissance à 45 jeunes, soit un succès reproducteur de 3,02 jeunes par nids (GAUTHIER-CLERC M., KAYSER Y., PETIT J. ,2006a). Cependant le dérangement n'est pas la seule variable influençant le succès reproducteur. Ces résultats peuvent être le fait d'un mauvais climat pour la saison où plusieurs épisodes de vent violent ont eu lieu.

Dans un cadre plus général, le succès reproducteur est dépendant de nombreux facteurs. Les héronnières doivent faire face à de rares cas de prédation de la part de plusieurs espèces (Busard des roseaux *Circus aeruginosus*, Choucas *Corvus monedula*, Couleuvre de Montpellier *Malpolon monspessulanus*, Epervier *Accipiter nisus*) (BLONDEL, J. & P. ISENMANN ,1981), mais les espèces extérieures ne sont pas celles qui ont le plus d'effet sur les individus de la colonie. Au sein de la colonie une compétition interspécifique se développe, où les individus des différentes espèces cherchent, dans certains cas, à profiter des sites de meilleure qualité en déplaçant les individus déjà installés (DAMI, L. BENNETTS, R.E. HAFNER, H. ,2006). La compétition est également intra-spécifique où les jeunes d'un même nid luttent pour obtenir la nourriture amenée par les parents. Au cours de cette compétition la mort de l'un des jeunes peut arriver car ce dernier est trop peu compétitif pour accéder à la ressource alimentaire, ou lors d'affrontements directs (FUJIOKA M. ,

1985). D'autre cas de destructions volontaires peuvent aussi arriver au sein d'une colonie. Les parents peuvent, à certaines occasions, tuer directement les jeunes, ou quelques œufs ou tous les œufs d'une ponte (FUJIOKA M, 1986).

Chapitre V : Conclusion

Le dérangement occasionné lors d'une opération de baguage d'une population aviaire est un fait acquis. Des techniques de capture et de manipulation sont établies en fonction des genres et des espèces afin de limiter au maximum le stress causé à l'individu et les blessures pouvant être occasionnées lors de la pose de la bague ou toute autre opération (BUB H. ,1996). L'ensemble des acteurs d'une opération de baguage sont impliqués dans la conservation de populations qu'ils étudient, ils sont, par conséquent, très sensibles au dérangement qu'ils provoquent. Par exemple, à la Tour du Valat, les programmes de suivi de population sont mis en place en fonction de la faisabilité des études et, si une étude est trop risquée pour la population, elle n'est pas entreprise. Réaliser la critique de son activité de recherche est rare et c'est sans doute pour cela qu'on trouve plus de littérature sur le dérangement provoqué par les activités récréatives tels que tourisme ou chasse, ou infrastructure que celle provoquée par les propres chercheurs et qui peut être non négligeable.

Les données traitées dans ce rapport sont préliminaires, sur 3 espèces suivies, seule 1 a atteint une maturité suffisante pour être analysée. Pour répondre à la question d'origine, les différents résultats donnent des informations convergentes. Il n'y a pas de différence dans les moyennes du nombre de jeunes par nid (Tabl. V) et il n'existe aucune corrélation entre ces moyennes et la zone suivant qu'elle ait été dérangée ou non (Tabl. VI). Mais cette étude a permis d'aller plus loin que de seulement traiter les différences entre les deux zones, et ainsi tester plusieurs autres variables. Cependant aucune d'entre elles ne permet d'expliquer la répartition des jeunes dans les nids (Tabl. III ; Tabl. VII).

Il est toutefois intéressant de se poser une question : si un effet du dérangement occasionné par le baguage est décelé, en quoi cela affectera-t-il cette pratique ? Le baguage des juvéniles sera-t-il poursuivi malgré tout ou arrêté si l'effet décelé est faible ? L'apport de connaissances sur la population obtenu par le baguage est précieux. L'information apportée par la lecture d'individus bagués permet de nombreuses études et modélisation en dynamique des populations. Est-il concevable de penser que l'information apportée par ce suivi mérite d'accepter la perte de quelques individus juvéniles ? La potentielle exploitation de ces données afin de mieux protéger l'espèce suffit- elle à compenser cette perte ? N'existe-t- il pas des mécanismes densités-dépendant capable de pallier au niveau populationnel les effets de ce dérangement ?

Bibliographie

BELHADJ G. ,CHALABI B. , CHABI Y. , KAYSER Y. ,GAUTHIER-CLERC M. ,(2007). Le retour de l'Ibis falcinelle (*Plegadis falcinellus*) nicheur en Algérie. *Aves*, 44 (1) 2007 : 29 – 36

BLACKMER A.L, ACKERMAN J.T. & NEVITT G.A. (2004) Effects of investigator disturbance on hatching success and nest-site fidelity in a long-lived seabird, *Leach's storm-petrel*. Biological Conservation, 116, 141-148

BLONDEL J. & P. ISENMANN(1981). Guide des oiseaux de Camargue. Paris, Delachaux & Niestlé, 1981

BOLDUC F., GUILLEMETTE M. ,(2003). Human disturbance and nesting success of Common Eiders: interaction between visitors and gulls. *Biological Conservation* Volume 110, Issue 1,March 2003, Pages 77–83

BOUCHEKER A., NEDJAH R., SAMRAOUI F., MENAÏ R. AND SAMRAO B. ,(2009). Aspects of the Breeding Ecology and Conservation of the Glossy Ibis in Algeria. *Waterbirds* 32(2): 345-351, 2009

BUB H. ,(1996) Bird Trapping and Bird Banding: A Handbook for Trapping Methods All Over the World. Cornell University Press; 1 edition (Jan. 25 1996)

CRAMP S., SIMMONS K.E.L, (1978) Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa: The Birds Of The Western Palearctic, Vol.1: Ostrich To Ducks

DAMI L. ,BENNETTS R.E. ,HAFNER H. ,(2006). Do Cattle Egrets exclude Little Egrets from settling at higher quality sites within mixed-species colonies? . *Waterbirds: The International Journal of Waterbird Biology* Vol. 29, No. 2 (Jun., 2006), pp. 154-162

ERWIN R. M. ,(1989). Responses to Human Intruders by Birds Nesting in Colonies: Experimental Results and Management Guidelines. *Colonial Waterbirds* 12(1): 104-108, 1989

FUJIOKA M. ,(1985). Sibling competition and siblicide in asynchronously-hatching broods of the cattle egret *Bubulcus ibis. Animal Behaviour* Volume 33, Issue 4, November 1985, Pages 1228–1242

FUJIOKA M. ,(1986). Infanticide by a male parent and by a new female mate in colonial egrets. *The Auk*, 619-621.

GAUTHIER-CLERC M., KAYSER Y., PETIT J. ,(2006a). Nouveaux cas de nidification de l'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus* en Camargue en 2006. *Ornitho* 13-5 (2006)

GAUTHIER CLERC M. ,KAYSER Y. ,PETIT, J. ,(2006b): Une *colonie* exceptionnelle *de herons* arboricoles en Camargue gardoise. *Ornithos*: 320-322.

GOCHFELD M. ,(1981). Differences in behavioral responses of Young Common Terns and Black Skimmers to intrusion and handling. *Colonial waterbirds* 4: 47-53 1981

HUDSON J. W. ,DAWSON W. R. & HILL R. W. ,(1973) Growth and development of temperature regulation in nestling Cattle Egrets. *Comp. Biochem. Physiol*., 1974, Vol. 49A, pp. 717 to 741

KAYSER Y., BLANCHON T., GAUTHIER-CLERC M., POULIN B., THIBAULT M., MASSEZ G., TINE R., CHERAIN Y., VANDEWALLE P., SADOUL N., PIN C., VIALET E., PAULUS G., VINCENT-MARTIN N., PONCHON C., PILARD P., FLITTI A., & BECHET A. ,(2014) - Compte-rendu ornithologique Camargue-Crau-Alpilles pour les années 2007-2012.

KAYSER Y., BLANCHON Th., GAUTHIER-CLERC M., PETIT J. ,(2009). L'Ibis falcinelle Plegadis falcinellus nicheur régulier en camargue. *Ornitho* 16-6 (2009)

KAYSER Y., DIDNER E., DIETRICH L. & HAFNER H. ,(1996). - Nouveau cas de reproduction de l'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus* en Camargue en 1996. *Ornithos* 3-4 : 200-201

NEFLA A., OUNI R. AND NOUIRA S. ,(2012). The Breeding Status of the Glossy Ibis *Plegadis falcinellus* in the Lebna Dam in Cap Bon, Tunisia. *Journal of Life Sciences* 6 (2012) 776-782

PERRINS C. M. ,(1970). The Timing Of Birds' Breeding Seasons. *Ibis* Volume 112, Issue 2, pages 242–255, April 1970

PINEAU O., KAYSER Y. & HAFNER H. ,(1992). Nidification de l'Ibis falcinelle (*plegadis falcinellus*) en camargue en 1991. *L'oiseau* RFO 62 : 174-178

ROCHELLE S., CATHERINE P., CASTLE J. G. ,(2011). A review of the impacts of nature based recreation on birds. *Journal of Environmental Management* Volume 92, Issue 10, October 2011, Pages 2287–2294

SANTORO S., MANEZ M., GREEN A.J., FIGUEROLA J. ,(2010) Formation and growth of a herony in a managed wetland in Doñana, southwest Spain. *Bird Study*, 57:4, 515 – 524

SPOTSWOOD E. N., KARI R. GOODMAN, J. CARLISLE, R. L. CORMIER,D. L. HUMPL, J. E ROUSSEAU, S. L. GUERS & G. G. BARTON ,(2011). How safe is mist netting? evaluating the risk of injury and mortality to birds. *Methods in Ecology and Evolution.* Volume 3, Issue 1, pages 29–38, February 2012

TAMISIER A. ,BECHET A., JARRY G., LEFEUVRE J.-C., LE MAHO Y. ,(2003). Effets du dérangement par la chasse sur les oiseaux d'eau : revue de littérature. *Revue d'écologie* – 2003 N°4 p. 435-450

TREMBLAY J. & ELLISON L. N. ,(1979). Effects of Human Disturbance on Breeding of Black-Crowned Night Herons. *The Auk* Vol. 96, No. 2 (Apr., 1979), pp. 364-369

Résumé

L'objectif de cette étude est de quantifier les effets du dérangement occasionné par le baguage de poussins d'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus* nichant au sein d'une colonie d'Ardéidés en Camargue Gardoise. Ces effet ont été mesurés en fonction du succès reproducteur de 3 espèces majoritairement présentes dans la colonie : les Ibis falcinelles, les Aigrettes garzettes *Egreta garzetta* et les Hérons garde-bœufs *Bubulcus ibis*. Pour ce faire, les nids de deux zones (une zone où le baguage a eu lieu et une zone Contrôle) ont été suivis pendant 1 mois. La variable étudiée est le nombre de poussins et leur stade de développement (Œuf, 1 semaine, 2 semaines, 3 semaines). Dus à un décalage dans les dates de ponte des espèces et un arrêt précoce du suivi pour ce rapport, seuls les résultats des Ibis falcinelles sont traités. Un test de différence de moyenne montre que le nombre de poussins par nid en fonction de leur stade n'est pas différent d'une zone à l'autre. De plus une régression linéaire sur les mêmes variables ne montre pas de corrélation entre elles. La précocité de ce rapport par rapport à la récolte des donnés est un élément important à signaler. Les conclusions tirées peuvent cependant être nuancées une fois la totalité des suivis effectuées. D'autres approches pourront être tentées, et les effets sur les 2 espèces n'ayant pas pu être testés ici pourront s'avérer différents.

The aim of this study is to measure the effects of disturbance caused by chicks banding of the Glossy Ibis *Plegadis falcinellus* nesting in a Camargue Gardoise's heronry. These effects have been measured according to the reproductive success of the three main species of this colonie: Glossy Ibis, Little Egret *Egreta garzetta* and Cattle Egret *Bubulcus ibis*. To do so, nests of two areas (one where a banding took place and a control area) have been monitored for a month. The study variable is the number of chicks and their development stage (egg, 1 week, 2 weeks, 3 weeks). Due to a difference in egg-laying dates between the species and an early stop of the monitoring for this report, only the results of the Glossy Ibis are traited. A comparison average-to-average test shows that the number of chicks per nest depending on their stage is not significantly different between the areas. Moreover, a generalized linear model with same variables shows no correlation between them. The early stop of data collection for this report is an important component to report. Conclusions made can be modified once the study is finished. Other approaches could be done in the future, and the effects on the two other species could be different.

Mise à jour Août 2015 : Sommaire

Analyses 30
Loi binomiale 30
Exploration des données et Validation du protocole expérimentale 30
Test d'un effet du baguage 32
Analyse N°1 : analyse espèce par espèce 33
Sélection de modèle 33
Interprétation 35
Hauteur 35
Zone 36
Analyse N°2 37
Sélection de modèle 37
Interprétation 39
Succès de reproduction moyen 40
Discussion générale 41
Amélioration du protocole 41
Scripts R 43
Modele averaging : Analyse N°1 43
Survie moyenne par espèce 44
Modèle averaging : Analyse N°2 45
Graphique des dates d'eclosion 45
Bibliographie 42

Mise à jour Août 2015 : Analyses

Nous disposons premièrement des données récoltées sur le terrain et corrigées tel qu'expliqué dans le paragraphe « dépouillement des données » de la partie « Méthodologie ». Le suivi a été fait jusqu'à la croissance maximale de tous les poussins, ce qui correspond au 25/06/2015. Ces données sont disponibles à deux temps, au moment du premier baguage et à la fin du suivi. Afin de tester la présence d'un effet nous comparons l'évolution des populations en zone Contrôle et en zone Traitement avant et après le premier baguage. Nous nous attendons à mettre en évidence une différence qu'après le baguage effectué.

Loi binomiale

A partir des données, nous avons déterminé la proportion de jeunes survivants d'un stade donné à un stade supérieur tout en prenant en compte le nombre de jeunes présents par nid. Les données ainsi analysées suivent une loi binomiale.

Exploration des données et Validation du protocole expérimentale

Afin de vérifier l'absence de corrélation entre les covariables, nous avons procédé à un test de colinéarité. Ces covariables sont : la Zone, La hauteur du nid, la Profondeur du Nid, et la date d'éclosion lorsqu'elle a eu lieu. Cela a été testé avec la fonction « vif » du paquet « car ». La colinéarité est testée par espèce et en fonction du temps d'éclosion. La fonction vif renvoi un indice GVIF qui témoigne d'une colinéarité s'il est supérieur à 3 (Zuur *et al*, 2009 ; p387). Ici, le GVIF est toujours inférieur à 3 ; aucune de nos variables ne sont colinéaires quelque soit l'espèce regardée (Tabl.1).

Cependant ce même test sur la survie des jeunes de S0 à S3 et incluant la covariable Espece montre une colinéarité qui est due aux différences entre Espèces des dates d'éclosion (modèle réduit, Tabl. 2)

Ibis	GVIF
Zone	1,22
Hauteur	1,23
Profondeur	1,27

Garde-bœuf	GVIF
Zone	1,12
Hauteur	1,22
Profondeur	1,14

Aigrette	GVIF
Zone	1,05
Hauteur	1,05
Profondeur	1,05

Tableau 1 : Valeur de GVIF pour les variables prises en compte. Le test est fait en fonction de la variable Eclosion

	GVIF	GVIF (Modèle réduit)
Zone	1,55	1,37
Hauteur	1,69	1,34
Profondeur	1,21	1,08
Eclosion	4,43	1,52
Espèce	4,71	

Tableau 2 : Test de colinéarité en fonction du GLM testant un effet des covariables (Espece compris dans la première colonne uniquement ; Analyse N°2) sur la probabilité de survie des jeunes éclos du stade S0 à S3.

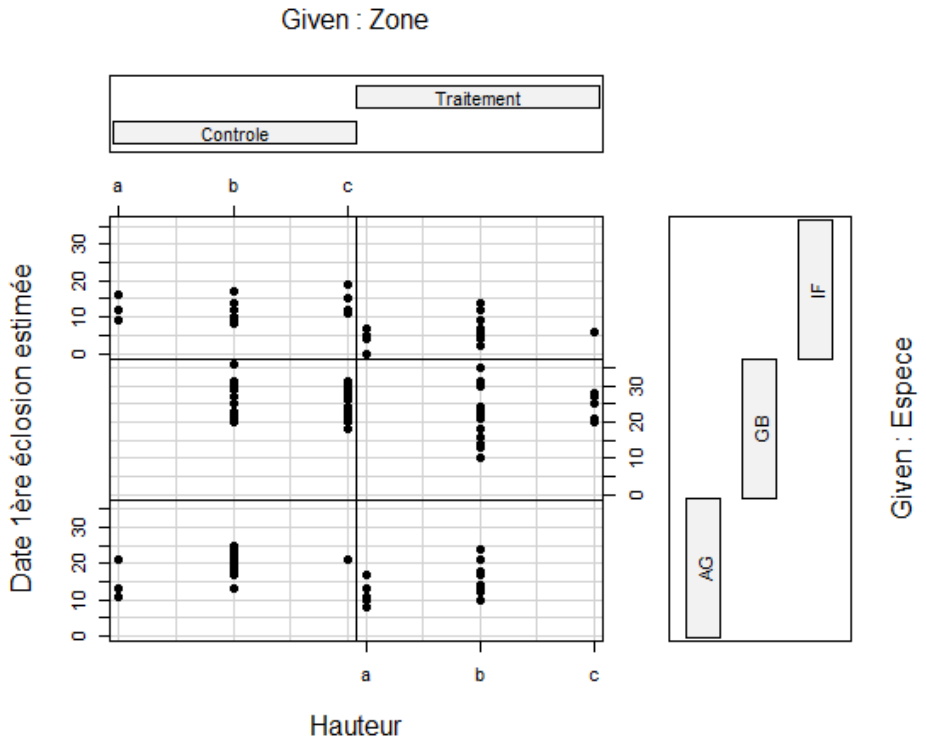


Figure 1 : Présentation des données mettant en relation la date d'éclosion estimée (0 correspond au 25/04/2015), en fonction de la Hauteur du nid pour chacune des Espèces et de la Zone.

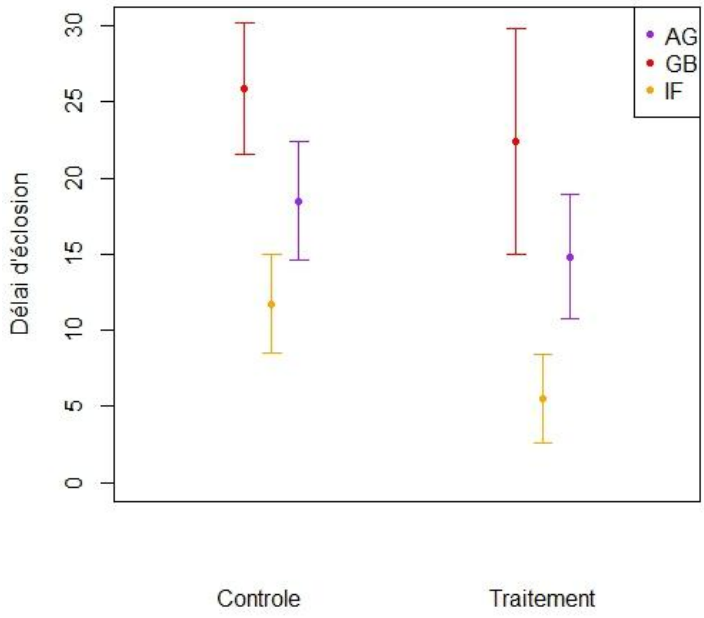


Figure 2 : Délai d'éclosion moyen (avec Ecarts-type) des œufs en fonction des espèces. Le délai d'éclosion correspond au nombre de jours entre l'éclosion d'un nid et la date d'éclosion du premier nid ayant éclos (Ibis falcinelle le 25/04/2015)

La figure 1 et 2 ainsi que des tests de contingence de la répartition du nombre de données entre Zone et Hauteur (non significatifs et non présentés) ne suggèrent pas d'un déséquilibre du protocole expérimental entre les zones, ni d'un effet de la hauteur sur la date d'éclosion. Il est à noter tout de même que la date d'éclosion est plus précoce pour les Ibis falcinelles dans la zone Traitement.

Test d'un effet du baguage

Nous observons le stade dans lequel se trouve la majorité des nids situés dans la zone Traitement lors du premier baguage afin de tester une différence entre les zones avant (témoin) et après le dérangement provoqué par le premier baguage. D'après le tableau suivant (Tabl. 3) nous voyons que les Ibis falcinelles de la zone Traitement se trouvent majoritairement dans le stade 2 lors du 1er dérangement. Pour cette espèce, nous comparons donc le succès reproducteur du stade oeuf (S0) au stade 2 en guise de témoin, et ensuite le succès reproducteur du stade 2 au stade 3 pour évaluer l'effet du baguage. Concernant les deux autres espèces, elles se trouvent en majorité au stade oeuf lors du 1er baguage. Nous ne disposons donc pas pour elles de témoin possible, en conséquence nous comparons l'évolution du stade 0 au stade 3 pour déceler l'effet potentiel du baguage.

Sur le tableau 3, nous pouvons voir que les stades de chaque nids ne sont pas semblables en fonction des zones. Ceci est du à une différence dans les dates d'éclosion que nous pouvons voir sur la figure 2.

Baguage	Total	S0	S1	S2	S3
AG					
Contrôle	26	22	4	0	0
Traitement	24	15	9	0	0
GB					
Contrôle	43	43	0	0	0
Traitement	22	18	4	0	0
IF					
Contrôle	22	7	13	2	0
Traitement	37	6	5	19	7

Final	Total	S0	S1	S2	S3
AG					
Contrôle	26	6	3	0	17
Traitement	24	5	1	1	17
GB					
Contrôle	43	10	2	1	30
Traitement	22	2	0	1	19
IF					
Contrôle	22	4	0	2	16
Traitement	37	6	2	5	24

Tableau 3 : Stade des poussins pour chaque nid au moment du baguage et à la fin du suivi (25/06/2015). Les valeurs indiquent le nombre de nid

Analyse N°1 : analyse espèce par espèce

Sélection de modèle

La sélection du modèle permettant d'expliquer au mieux la survie des poussins par nid se fait en plusieurs étapes.

Les nids où l'éclosion n'a pas eu lieu sont retirés du jeu de donnée, car ils ne possèdent pas de date d'éclosion ce qui empêche l'application de la méthode suivante. [Sous R, commande « na.omit »]

Tout les modèles réalisables sans interaction entre les variables sont ensuite testés (soit 16 modèles, comportant le modèle nul). Les modèles sont classés selon leur AICc (Critère d'Information d'Akaike pour petits échantillons). [Sous R, commande « dredge »]

D'après le tableau 4 nous voyons que l'effet de la variable Zone est présent dans la totalité des modèles retenus pour les Aigrettes garzettes et les Hérons garde-bœufs. Cela suggère la présence d'un effet Zone. A partir de ces modèles nous réalisons leur moyenne en fonction de leur poids respectif afin d'obtenir des estimations les plus robustes possibles [Modèle averaging ; Sous R, commande « model.avg »].

Ibis falcinelle S0 à S2

E	H	P	Z	DL	AICc	ΔAICc	Poids
	+			**3**	**50.9**	**0.00**	**0.419**
	+		**+**	**4**	**52.7**	**1.76**	**0.173**
+	+		+	5	53.1	2.21	0.138
+	+			4	53.2	2.23	0.137
	+	+		5	55.0	4.06	0.055
	+	+	+	6	57.3	6.37	0.017
+	+	+		6	57.4	6.51	0.016
				1	58.0	7.06	0.012
+	+	+	+	7	58.4	7.44	0.010
			+	2	59.7	8.81	0.005
+				2	60.0	9.07	0.004
		+		3	60.2	9.24	0.004
+			+	3	60.5	9.61	0.003
+		+		4	62.3	11.32	0.001
		+	+	4	62.4	11.52	0.001
+		+	+	5	63.8	12.83	0.001

Ibis falcinelle S2 à S3

E	H	P	Z	DL	AICc	ΔAICc	Poids
				1	**93.0**	**0.00**	**0.165**
	+			**3**	**93.0**	**0.02**	**0.164**
	+		**+**	**4**	**93.1**	**0.07**	**0.160**
			+	**2**	**93.8**	**0.76**	**0.113**
+	**+**			**4**	**94.6**	**1.56**	**0.076**
+				**2**	**94.7**	**1.65**	**0.072**
+	+		+	5	95.5	2.50	0.047
		+		3	95.8	2.78	0.041
+			+	3	96.0	3.01	0.037
	+	+	+	6	96.5	3.46	0.029
	+	+		5	96.7	3.65	0.027
		+	+	4	96.7	3.72	0.026
+		+		4	97.5	4.54	0.017
+	+	+		6	98.0	5.03	0.013
+	+	+	+	7	99.2	6.19	0.007
+		+	+	5	99.2	6.21	0.007

Aigrette garzette S0 à S3

E	H	P	Z	DL	AICc	ΔAICc	Poids
	+		**+**	**4**	**90.0**	**0.00**	**0.444**
+	**+**		**+**	**5**	**91.3**	**1.29**	**0.233**
	+			3	92.1	2.01	0.163
+	+			4	94.4	4.40	0.049
	+	+	+	6	95.0	4.98	0.037
+			+	3	96.2	6.13	0.021
+	+	+	+	7	96.5	6.44	0.018
	+	+		5	96.6	6.54	0.017
+				2	99.0	8.92	0.005
+		+	+	5	99.2	9.11	0.005
+	+	+		6	99.4	9.32	0.004
				1	100.6	10.53	0.002
			+	2	101.6	11.52	0.001
+		+		4	102.9	12.87	0.001
		+		3	103.9	13.85	0.000
		+	+	4	104.9	14.87	0.000

Héron garde-bœuf S0 à S3

E	H	P	Z	DL	AICc	ΔAICc	Poids
			+	**2**	**85.3**	**0.00**	**0.365**
	+		**+**	**3**	**86.7**	**1.39**	**0.183**
+			+	3	87.4	2.12	0.126
+	+		+	4	89.0	3.67	0.058
	+			2	89.0	3.68	0.058
				1	89.2	3.94	0.051
		+	+	4	89.5	4.20	0.045
+				2	90.3	4.96	0.031
+	+			3	90.6	5.30	0.026
	+	+	+	5	91.1	5.82	0.020
+		+	+	5	91.8	6.54	0.014
	+	+		4	93.5	8.19	0.006
		+		3	93.5	8.25	0.006
+	+	+	+	6	93.6	8.33	0.006
+		+		4	94.7	9.44	0.003
+	+	+		5	95.3	10.05	0.002

Tableau 4 : Résultats de la totalité des modèles appliqués aux données par espèce.
E : variable Eclosion **H** : variable Hauteur
P : variable Profondeur **Z** : Variable Zone
Les modèles en gras correspondent aux modèles retenus pour les analyses suivantes. Les modèles sélectionnés sont ceux dont le ΔAICc est inférieur à deux (Burnham and Anderson, 2002).

En appliquant la technique du model averaging, nous obtenons les résultats suivants pour chacune des variables retenues :

Ibis Falcinelle

S0 à S2	Corrélation	Erreur type	Pr(>|z|)	Significativité
(Intercept)	1.2857	0.6358	0.04848	*
Hauteurb	2.3380	0.7868	0.00381	**
Hauteurc	17.9403	1909.9027	0.99270	
ZoneTraitement	-0.6804	0.9037	0.46376	

Ibis Falcinelle

S2 à S3	Corrélation	Erreur type	Pr(>|z|)	Significativité
(Intercept)	1.42051	0.84614	0.0971	.
Hauteurb	1.48402	0.66211	0.0292	*
Hauteurc	1.36446	0.93365	0.1553	
ZoneTraitement	-0.84696	0.65295	0.2067	
Eclosion	0.05364	0.06663	0.4336	

Aigrette Garzette

S0 à S3	Corrélation	Erreur type	Pr(>|z|)	Significativité
(Intercept)	-0.81617	1.01229	0.43118	
Hauteurb	1.87503	0.56163	0.00125	**
Hauteurc	17.38942	1863.92133	0.99282	
ZoneTraitement	1.15504	0.55591	0.04464	*
Eclosion	0.08125	0.07084	0.26865	

Héron Garde-bœuf

S0 à S3	Corrélation	Erreur type	Pr(>|z|)	Significativité
(Intercept)	1.5440	0.3660	3.61e-05	***
ZoneTraitement	1.5720	0.7835	0.0502	.
Hauteurc	-0.4971	0.5393	0.3683	

Tableau 5 : Résultats des GLM après avoir appliqué le modele averaging sur les modèles retenus (ΔAICc<2).

Interprétation

Hauteur

Ces résultats apportent plusieurs informations. La première est l'importance de la hauteur du nid pour les Ibis falcinelles et pour les Aigrette garzettes, ou la survie des jeunes est significativement meilleure dans les nids de hauteur intermédiaire. Les Hérons garde-bœufs ne comportant pas de nid sous 1m (Fig.3 ; Fig.6) nous ne pouvons observer cet effet. Pour les Aigrettes garzettes, seul 1 nid se trouvait au delà de 2m, la valeur que nous pouvons lire pour la hauteur c n'est donc pas à prendre en compte.

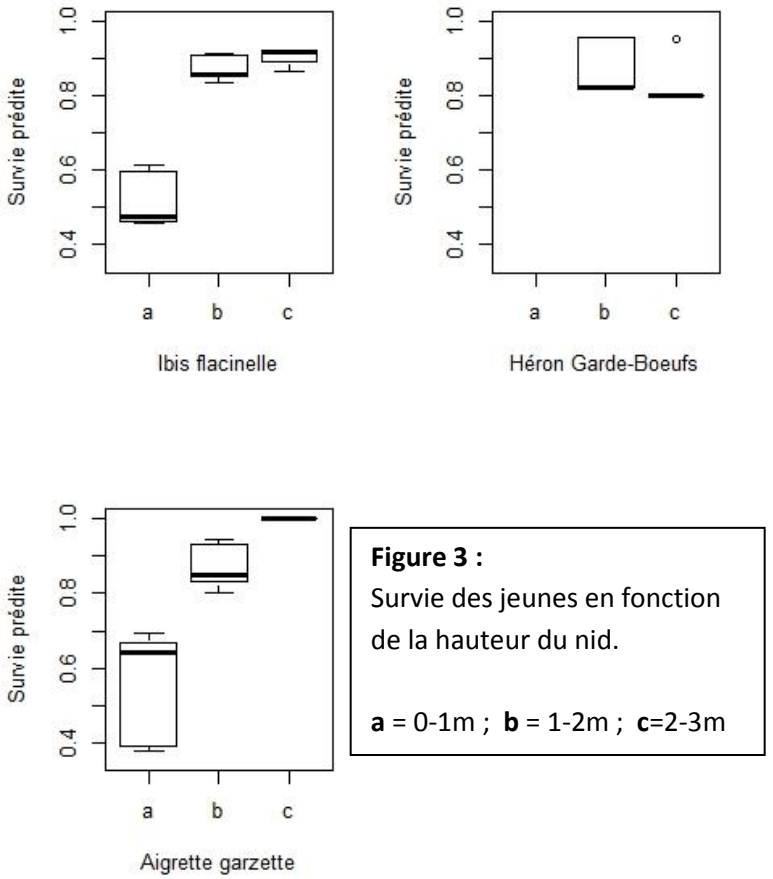


Figure 3 :
Survie des jeunes en fonction de la hauteur du nid.

a = 0-1m ; **b** = 1-2m ; **c**=2-3m

Les niveaux d'eau étant restés stable tout au long de l'étude, la cause d'une telle différence de survie n'est pas due à une inondation des nids. Les raisons pouvant expliquer cette répartition sont nombreuses. La héronnière étant par moment parcourus par des taureaux, il existe un risque de renversement du nid, ou de casse des branches qui le soutiennent. Une autre hypothèse est que la présence d'un grand nombre de nid au dessus entraine la chute de fientes à proximité du nid, ce qui est susceptible d'entrainer un dérangement, ou d'alourdir la branche pouvant entrainer sa casse. Une explication plus simple est l'exposition aux prédateurs tels que les rats ou les *rallidae* qui s'attaquent aux nids les plus proches de l'eau.

Zone

Le résultat le plus marquant vis-à-vis de notre problématique est la présence d'une différence quasi-significative ou significative entre les deux zones pour les Hérons garde-bœufs (p-value = 0.0502) et les Aigrettes garzettes (p-value = 0.04464) (Tabl.5). La corrélation étant positive, cela signifie que la zone Traitement possède de meilleures qualités pour la reproduction que la zone Contrôle pour ces deux espèces là. Nous supposons que le dérangement lié au baguage ne peut avoir un effet positif, il est donc possible que la qualité de la zone Traitement, où le

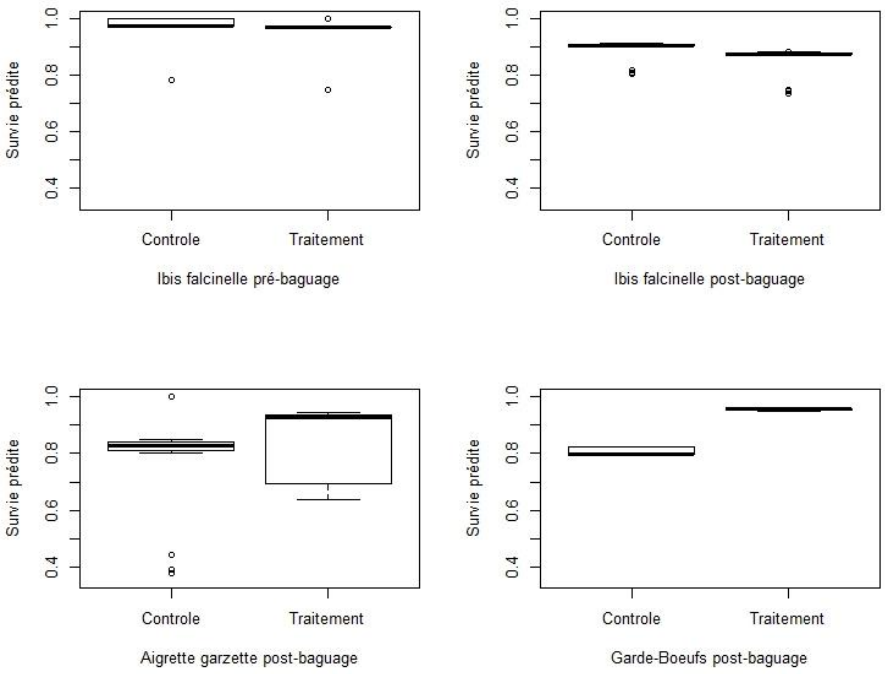


Figure 4 : Barplot des valeurs prédites de survie des jeunes après modèle averaging

succès reproducteur y est meilleur, masque les effets potentiels du dérangement lié au baguage. Cependant ce résultat ne semble pas s'appliquer aux Ibis falcinelle, qui réagissent de façon similaire pour les deux zones, avant et après le baguage. Les Ibis sont présents en plus grand nombre et plus tôt dans la zone Traitement, laquelle est située au cœur de la colonie, ce qui laisse suggérer que ce secteur est de meilleure qualité et que les individus qui s'y trouvent sont de meilleurs reproducteurs. On ne trouve cependant pas de meilleure survie des jeunes sur cette zone. Cela pourrait être dû à un effet lié au baguage, ou une autre hypothèse plausible est que la plus grande présence des Ibis dans cette zone entraine des mécanismes densité-dépendants du à la proximité des autres nids d'Ibis qui compensent les effets positifs liés au secteur.

Les valeurs prédites par ces modèles sont présentés dans les barplots (Fig. 4) ce qui permet de visualiser les taux de survie estimés entre les deux zones.

Analyse N°2

Avec cette deuxième approche, nous avons effectué la même démarche que pour la sélection de modèle, mais en y intégrant en tant que variable « l'espèce » ainsi que l'interaction de l'espèce et de la zone. Pour ce faire, nous avons donc appliqué la méthode précédente à l'ensemble du jeu de donné, toutes espèce confondus en observant la survie des poussins du Stade 0 au Stade 3 uniquement.

Sélection de modèle

Nous pouvons voir sur le tableau 6 que le deuxième modèle proposé possède un ΔAICc supérieur à 2. Nous ne retenons donc que le premier modèle et par conséquent il n'est pas nécessaire d'effectuer la moyenne des modèles.

Eclosion	Espece	Hauteur	Profondeur	Zone	Zone-Espece	DL	AICc	ΔAICc	Poids
	+	**+**		**+**	**+**	**8**	**284.2**	**0.00**	**0.355**
		+				3	286.3	2.08	0.125
+	+	+		+	+	9	286.5	2.28	0.114
		+		+		4	286.8	2.54	0.100
	+	+	+	+	+	10	287.3	3.12	0.075
+		+				4	288.4	4.20	0.043
+		+		+		5	288.6	4.35	0.040
		+	+			5	289.0	4.77	0.033
		+	+	+		6	289.6	5.38	0.024
+	+	+	+	+	+	11	289.7	5.47	0.023
	+	+				5	290.5	6.28	0.015
	+	+		+		6	290.9	6.71	0.012
+		+	+			6	291.2	6.93	0.011
+		+	+	+		7	291.3	7.09	0.010
+	+	+				6	292.7	8.46	0.005
+	+	+		+		7	292.7	8.51	0.005
	+	+	+			7	293.3	9.06	0.004
	+	+	+	+		8	293.9	9.65	0.003
+	+	+	+			8	295.5	11.31	0.001
+	+	+	+	+		9	295.6	11.43	0.001
						1	308.6	24.35	0.000
	+			+	+	6	308.7	24.49	0.000
+				+		3	309.6	25.39	0.000
+						2	309.7	25.48	0.000
+	+			+	+	7	309.9	25.63	0.000
				+		2	309.9	25.70	0.000
			+			3	310.6	26.40	0.000
	+		+	+	+	8	311.0	26.75	0.000
	+					3	311.4	27.21	0.000
+			+	+		5	311.6	27.36	0.000
+			+			4	311.8	27.55	0.000
			+	+		4	312.0	27.76	0.000
+	+		+	+	+	9	312.2	27.96	0.000
	+			+		4	312.4	28.18	0.000
+	+			+		5	312.8	28.62	0.000
+	+					4	313.2	28.98	0.000
	+		+			5	313.7	29.51	0.000
	+		+	+		6	314.6	30.41	0.000
+	+		+	+		7	315.0	30.82	0.000
+	+		+			6	315.6	31.36	0.000

Tableau 6 : Caractéristiques de la totalité des modèles en tenant compte de l'interaction de l'espèce et de la zone. En gras le modèle retenue pour la présentation des résultats dans la suite

Interprétation

D'après cette modélisation nous pouvons voir qu'il existe une différence significative entre les deux zones, la corrélation positive par rapport à la zone Traitement montre ici aussi la meilleure qualité de cette dernière. Cependant les 3 espèces ne réagissent pas de la même manière avec les jeunes Ibis qui voient leur survie diminuer dans la zone Traitement alors que les Aigrettes et Hérons garde-bœufs ont une meilleure survie là où le baguage a eu lieu (Tabl.7 ; Fig.5). Ceci peut s'expliquer par la proximité biologique plus importante entre ces deux espèces comparés aux Ibis, ou alors cela peut être la résultante d'une plus grande proximité des dates d'éclosion entre ces espèces. Cette méthode met également en évidence un effet de la hauteur du nid sur la survie des jeunes, les nids en dessous d'un mètre sont ceux sur lesquelles la survie est la plus faible (Fig.6)

	Corrélation	Erreur type	z value	Pr(>|z|)	Significativité
(Intercept)	-0.36583	0.42706	-0.857	0.391655	
EspeceGB	-0.07265	0.48154	-0.151	0.880076	
EspeceIF	1.01207	0.56941	1.777	0.075501	.
ZoneTraitement	1.03166	0.50719	2.034	0.041944	*
Hauteurb	2.01987	0.38133	5.297	1.18e-07	***
Hauteurc	1.78221	0.53278	3.345	0.000823	***
EspeceGB:ZoneTraitement	0.51800	0.93475	0.554	0.579475	
EspeceIF:ZoneTraitement	-1.97098	0.76192	-2.587	0.009686	**

Tableau 7 : Résultat des GLM pour le seul modèle explicatif retenu

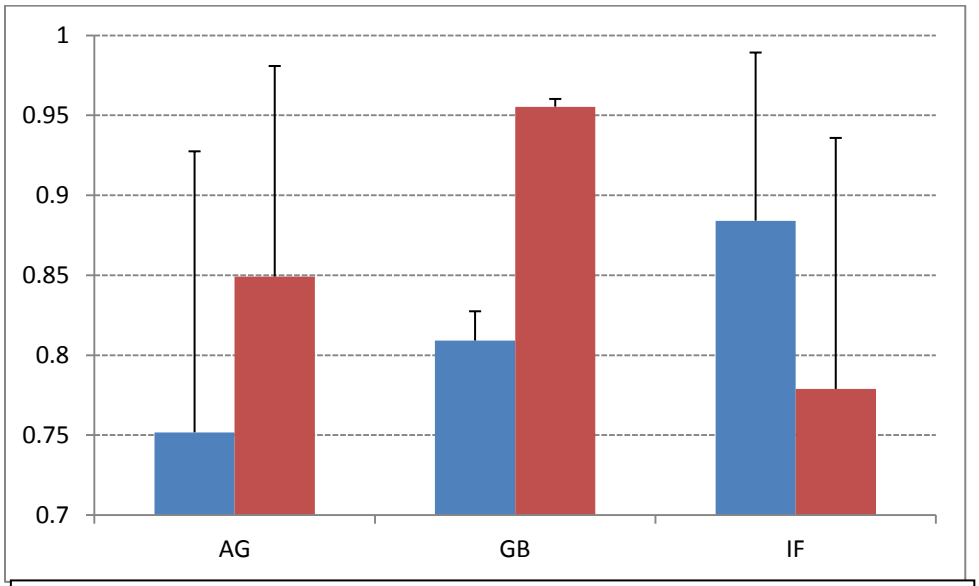


Figure 5 : Moyenne (et écart type) de la survie estimée par le modèle retenu en tenant compte de l'interaction zone x espèce. En bleu : la zone Contrôle, en rouge : la zone Traitement

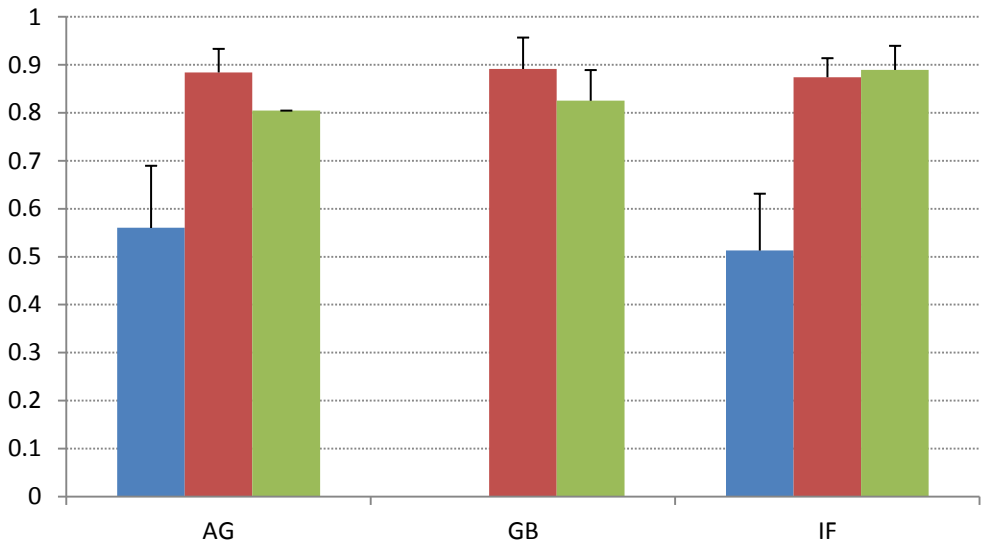


Figure 6 : Valeurs prédites et leurs écarts types selon le modèle sélectionné de la probabilité de survie des jeunes (de l'éclosion à la troisième semaine) des Aigrettes garzettes (AG), Hérons garde-bœufs (GB) et Ibis falcinelles (IF) en fonction de la hauteur du nid dans la héronnière (en bleu, de 0 à 1m au dessus du niveau de l'eau, en rouge, de 1 à 2 m et en vert au dessus de 3m).

Succès de reproduction moyen

Espèce	Contrôle	Traitement	Moyenne	Littérature
AG	**1,96 ± 1,68** (N=26)	**2 ± 1,65** (N=24)	**2,14 ± 1,66** (N=50)	**2,84** (N=1857 Œufs)
GB	**1,58 ± 1,19** (N=43)	**2 ± 1,06** (N=22)	**1,72 ± 1,16** (N=65)	**3,53** (N=82 Œufs)
IF	**2 ± 1,54** (N=22)	**1,94 ± 1,61** (N=37)	**1,96 ± 1,57** (N=59)	**2,65 ± 1,17** (N=29)

Tableau 8 : Nombre moyen (± Ecart-type) de jeunes atteignant le stade de 21 jours par nids lors de cette étude. N = Nombre de nids pris en compte. La colonne « Littérature » correspond aux valeurs extraites d'une colonie mixte en Camargue en 1977 pour les Aigrettes et les Garde-bœufs ; d'après Blondel et & Isenmann (1981) et d'une colonie mixte en Tunisie de 2008 à 2010 pour les Ibis ; d'après Nefla A., Ouni R., Nouira S. (2012)

Au cours de cette année (Tabl.8), le succès de reproduction des 3 espèces est plus faible que ce qui a pu être observé pour ces mêmes espèces à d'autres endroits ou d'autres années. Le fait que ce succès reproducteur soit inférieur pour toutes les espèces et pour les deux zones laisse suggérer qu'il est l'effet de facteurs globaux, tel que le site de la héronnière, densité dépendance ou une météo particulière survenue cette année.

Discussion générale

Les deux analyses concordent dans les résultats obtenus avec une reproduction identique ou légèrement plus faible des Ibis en zone Traitement alors qu'au contraire les Aigrettes garzettes et les Hérons garde-bœufs présentent une survie plus importante là où s'est déroulé le baguage.

Cette étude a permis une analyse de l'effet du dérangement occasionné lors du baguage dont les résultats laissent supposer un effet potentiel sans autant apporter une réponse évidente. Réaliser une deuxième fois cette étude suivant un protocole similaire pourrait permettre d'améliorer la qualité des données obtenues, et permettre de répondre avec plus de certitude à notre problématique principale. Nous avons pu voir que les deux biais principaux sont la qualité d'observation et le choix des zones.

Amélioration du protocole

Nous avons pu voir que la profondeur n'influe pas sur le succès reproducteur des espèces étudiés, de ce fait, il est possible de ne sélectionner pour le suivi que des nids faciles à observer afin d'améliorer la qualité des observations. En plus de cela il serait intéressant d'installer des pièges photos avant l'installation des individus afin de pouvoir suivre pour quelques nids le déroulement complet de l'installation et de la reproduction. Cela apporterait pour un petit nombre de nid une information de très grande qualité. De plus, cela permettrait d'obtenir avec précision les dates d'installation, d'éclosion et la mortalité des poussins. Couplé à un suivi régulier cela renforcerait les informations disponibles pour cette étude.

Le biais principal à corriger est le choix des zones. Il est clair que les résultats obtenus sont largement influencés par la qualité des individus qui s'installent dans les deux zones choisies. Afin d'éviter de choisir des zones où les dates d'installation diffèrent, un suivi dès l'installation est proposé (suivi dès le mois de mars). Le choix des zones Traitement et la zone Contrôle devront se trouver à une distance équivalente du noyau de la colonie. Nous proposons donc de changer la zone Traitement pour une zone en périphérie de la colonie où les oiseaux s'installent en même temps que dans la zone Contrôle (Fig. 7). En plus de cela, si les moyens humains le permettent, il serait très intéressant de définir deux zones Traitement et deux zone Contrôle afin de limiter les chances de choisir un secteur aux conditions particulières par rapport au reste de la colonie.

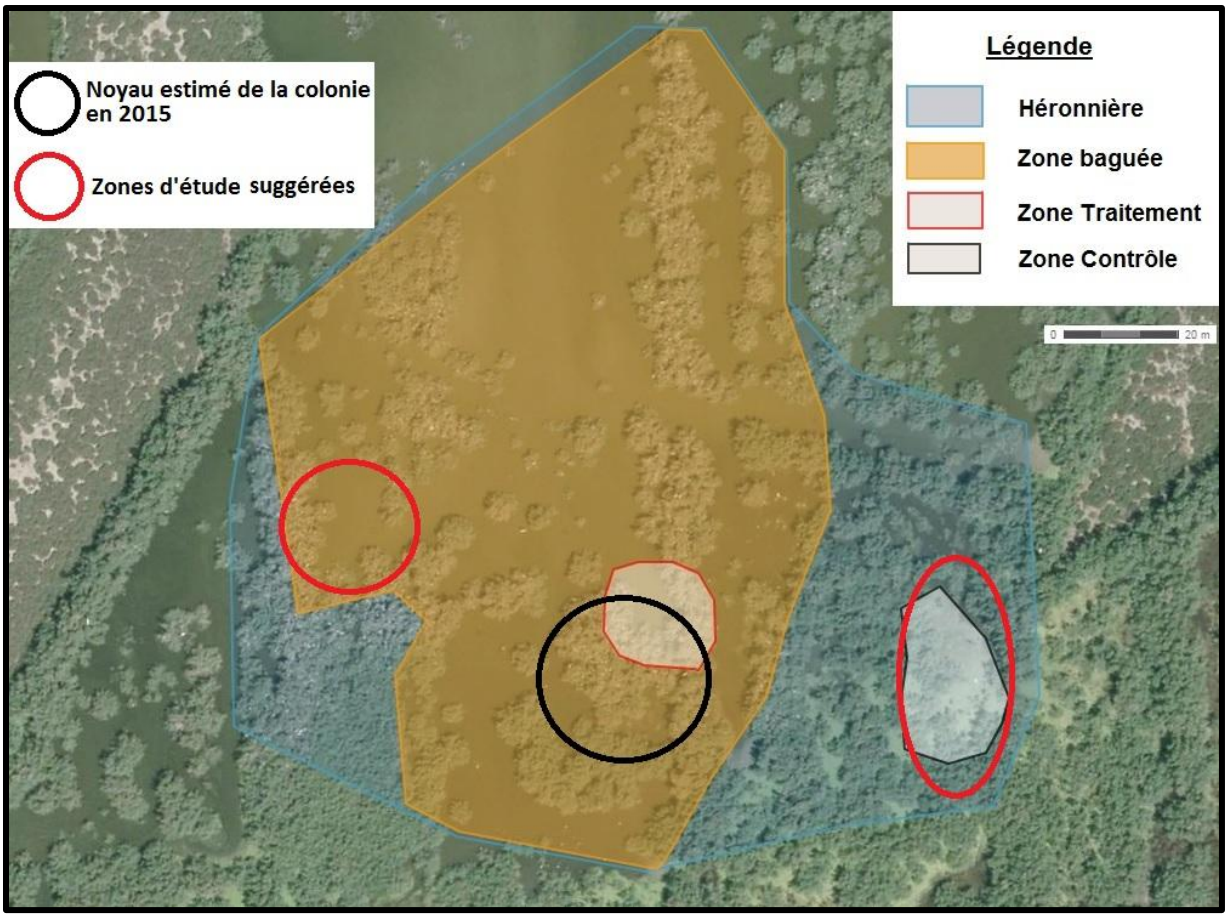


Figure 7 : Vue aérienne de la colonie
Les zones d'études suggérées correspondent aux secteurs intéressants à suivre dans le cadre d'une seconde étude, si le noyau de la colonie se trouve au même endroit.

Mise à jour Août 2015 : Bibliographie

BURNHAM AND ANDERSON, *Model Selection and Multimodel Inference*, New York, Springer-Verlag, 2002, 488p.

ZUUR A., IENO E. N., WALKER N., SAVELIEV A. A., & SMITH G. M. *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. Springer Science & Business Media, 2009

Mise à jour Août 2015 : Scripts R

```
setwd("C:/Users/Hug/Desktop/Stage/Stats")
data<- read.csv("Data.csv",sep=";", header=T)

dataIF <- subset(data, Espece=="IF")
dataGB <- subset(data, Espece=="GB")
dataAG <- subset(data, Espece=="AG")

dataIFnoNA<- na.omit(dataIF)
dataAGnoNA<- na.omit(dataAG)
dataGBnoNA<- na.omit(dataGB)
```

Modele averaging : Analyse N°1

```
# Ibis
library(MuMIn)
glm.binIFpre<-glm(cbind(dataIFnoNA$S2,(dataIFnoNA$S0-dataIFnoNA$S2))
        ~dataIFnoNA$Zone+dataIFnoNA$Eclosion+dataIFnoNA$Hauteur+dataIFnoNA$Profondeur,
        family="binomial")
options(na.action="na.fail")    #vérfie qu'il n'y a pas de NA
binIFselectpre<-dredge(glm.binIFpre,rank="AICc")
top.modelsIFpre<-get.models(binIFselectpre, delta<2)
bestavgIFpre<-model.avg(top.modelsIFpre)
summary(bestavgIFpre)
predict(bestavgIFpre,type="response")
plot(predict(bestavgIFpre,type="response")~dataIFnoNA$Zone,
        xlab="Ibis falcinelle pré-baguage", ylab="Survie prédite", ylim = c(0.35,1))

glm.binIFpost<-glm(cbind(dataIFnoNA$S3,(dataIFnoNA$S2-dataIFnoNA$S3))
        ~dataIFnoNA$Zone+dataIFnoNA$Eclosion+dataIFnoNA$Hauteur+dataIFnoNA$Profondeur,
        family="binomial")
options(na.action="na.fail")
binIFselectpost<-dredge(glm.binIFpost,rank="AICc")
top.modelsIFpost<-get.models(binIFselectpost, delta<2)
bestavgIFpost<-model.avg(top.modelsIFpost)
summary(bestavgIFpost)
predict(bestavgIFpost,type="response")
plot(predict(bestavgIFpost,type="response")~dataIFnoNA$Zone,
        xlab="Ibis falcinelle post-baguage", ylab="Survie prédite", ylim = c(0.35,1))
```

```
#AG
glm.binAG<-glm(cbind(dataAGnoNA$S3,(dataAGnoNA$S0-dataAGnoNA$S3))
        ~dataAGnoNA$Zone+dataAGnoNA$Eclosion+dataAGnoNA$Hauteur
        +dataAGnoNA$Profondeur, family="binomial")
options(na.action="na.fail")
binAGselect<-dredge(glm.binAG,rank="AICc")
top.modelsAG<-get.models(binAGselect, delta<2)
bestavgAG<-model.avg(top.modelsAG)
summary(bestavgAG)
predict(bestavgAG,type="response")
plot(predict(bestavgAG,type="response")~dataAGnoNA$Zone
        , xlab="Aigrette garzette post-baguage", ylab="Survie prédite", ylim = c(0.35,1))

#GB
glm.binGB<-glm(cbind(dataGBnoNA$S3,(dataGBnoNA$S0-dataGBnoNA$S3))
        ~dataGBnoNA$Zone+dataGBnoNA$Eclosion+dataGBnoNA$Hauteur
        +dataGBnoNA$Profondeur, family="binomial")
options(na.action="na.fail")
binGBselect<-dredge(glm.binGB,rank="AICc")
binGBselect
top.modelsGB<-get.models(binGBselect, delta<2)
bestavgGB<-model.avg(top.modelsGB)
summary(bestavgGB)
predict(bestavgGB,type="response")
plot(predict(bestavgGB,type="response")~dataGBnoNA$Zone
        , xlab="Garde-Boeufs post-baguage", ylab="Survie prédite", ylim = c(0.35,1))
```

Survie moyenne par espèce

```
boxplot(predict(bestavgIF,type="response")
        ~dataIFnoNA$Espece=="IF", xlab="Ibis flacinelle", ylab="Survie prédite", ylim = c(0.35,1))
boxplot(predict(bestavgGB,type="response")
        ~dataGBnoNA$Espece=="GB", xlab="Héron Garde-Boeufs", ylab="Survie prédite", ylim =
c(0.35,1))
boxplot(predict(bestavgAG,type="response")
        ~dataAGnoNA$Espece=="AG", xlab="Aigrette garzette", ylab="Survie prédite", ylim =
c(0.35,1))
```

Modèle averaging : Analyse N°2

```
datanoNA<-na.omit(data)

library(MuMIn)
glm.bin<-glm(cbind(datanoNA$S3,(datanoNA$S0-datanoNA$S3))~datanoNA$Espece+datanoNA$Zone+datanoNA$Espece:datanoNA$Zone+datanoNA$Eclosion+datanoNA$Hauteur+datanoNA$Profondeur, family="binomial")
options(na.action="na.fail")
binselect<-dredge(glm.bin,rank="AICc")
binselect
top.models<-get.models(binselect, delta<2)
best.model<-glm(cbind(datanoNA$S3,(datanoNA$S0-datanoNA$S3))~datanoNA$Espece+datanoNA$Zone+datanoNA$Espece:datanoNA$Zone
+datanoNA$Hauteur, family="binomial")
summary(best.model)
predict(best.model,type="response")
plot(predict(best.model,type="response")~datanoNA$Hauteur, xlab="Aigrette garzette post-bue", ylab="Survie prédite", ylim = c(0.35,1))
plot(predict(best.model,type="response")~datanoNA$Zone, xlab="Aigrette garzette post-bue", ylab="Survie prédite", ylim = c(0.35,1))
```

Graphique des dates d'eclosion

```
library("plotrix")
plotCI(1:2,dataeclosion$Moyenne[dataeclosion$Espece=="IF"],uiw=dataeclosion$Ecart.type[dataeclosion$Espece=="IF"],ylim=c(0,30), xlim=c(0.5,2.5),col="orange",pch=20, ylab="Délai d'éclosion", xlab="Controle                    Traitement", xaxt='n')
plotCI(1:2-0.1,dataeclosion$Moyenne[dataeclosion$Espece=="GB"],uiw=dataeclosion$Ecart.type[dataeclosion$Espece=="GB"],col="red",pch=20,add=T)
plotCI(1:2+0.1,dataeclosion$Moyenne[dataeclosion$Espece=="AG"],uiw=dataeclosion$Ecart.type[dataeclosion$Espece=="AG"],col="purple",pch=20,add=T)
legend("topright",legend=dataeclosion$Espece[1:3],col=c("purple","red","orange"),pch=20)
```