

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 8 MAI 1945-GUELMA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
et des Sciences de la Terre et l'Univers

Laboratoire de Conservation des Zones Humides
Département d'Ecologie et Génie de l'Environnement



THESE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de
Doctorat 3^{ème} cycle en Sciences Biologiques
Option : Ecologie et Conservation

Ecologie de reproduction de la cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) dans un milieu anthropisé, Dréan, nord-est d'Algérie

Présentée par : BOURIACH Mohammed

Devant le jury :

Président :	KACHI Slimane	Pr	U. Guelma
Directeur de thèse :	SAMRAOUI Boudjema	Pr	U. Annaba
Examinatrice :	SOUIKI Linda	Pr	U. Guelma
Examineur :	OULDJAOUI Abdallah	M.C.A	U. O Elbouaghi
Examineur :	NEDJAH Riad	M.C.A	U. Guelma

Année Universitaire : 2015/2016

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 8 MAI 1945-GUELMA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
et des Sciences de la Terre et l'Univers

Laboratoire de Conservation des Zones Humides
Département d'Ecologie et Génie de l'Environnement



THESE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de
Doctorat 3^{ème} cycle en Sciences Biologiques
Option : Ecologie et Conservation



**Ecologie de reproduction de la cigogne
blanche (*Ciconia ciconia*) dans un milieu
anthropisé, Dréan, nord-est d'Algérie**

Présentée par : BOURIACH Mohammed

Devant le jury :

Président :	KACHI Slimane	Pr	U. Guelma
Directeur de thèse :	SAMRAOUI Boudjemaa	Pr	U. Annaba
Examinatrice :	SOUIKI Linda	Pr	U. Guelma
Examineur :	OULDJAOUI Abdallah	M.C.A	U. O Elbouaghi
Examineur :	NEDJAH Riad	M.C.A	U. Guelma

Le 16 juin 2016

Résumé

Cette étude a pour objectif le suivi de la dynamique de la population d'une colonie de cigognes blanche *Ciconia ciconia* installée dans un milieu anthropisé, pendant deux saisons de reproduction consécutives 2011 et 2012, un total de 109 et 100 nids ont été inspecté respectivement du début décembre jusqu'à la mi-août. Nous présenterons les résultats du suivi des paramètres de reproduction, de la phénologie de ponte et des paramètres de croissance des poussins. Le timing de la reproduction et de l'emplacement des nids chez les oiseaux coloniaux peut avoir des conséquences sur leur fitness. En particulier, il a été démontré que les reproducteurs périphériques sont moins performants que ceux du centre de la colonie, la date de ponte moyenne variait considérablement entre les années et différait entre le centre et le périphérique avec de ponte plus précoce survenant dans le centre de la colonie. La ponte dans les grands nids commence plus tôt que dans les petits dans la zone centrale, mais ni la taille du nid, ni la position du nid le long du gradient centre-périphérie eu aucune influence sur les paramètres de reproduction étudiés. Ex. La taille des couvées, le succès d'éclosion et la productivité en termes de poussins. Il n'y avait aucune différence inter annuelle pour la taille de la couvée qui a été en moyenne $4,7 \pm 0,7$ œuf (N= 156 couvées). La productivité moyenne en terme de poussin était plus élevée en 2012 ($2,85 \pm 1,21$ poussin) par rapport à 2011 ($2,29 \pm 2,28$ poussins) et a été légèrement associée à la date de ponte. En revanche, le succès de nidification a diminué avec le retardement de la date de reproduction. Les résultats suggèrent que le faible taux de prédation, les ressources abondantes et le compromis possible entre les composants de fitness peuvent confondre la sélection adaptative d'élevage-habitat dans Cigogne blanche. À la lumière de ces résultats qui montrent le rôle important joué par la colonie de Dréan pour l'abri du nombre considérable des couples reproducteurs de la cigogne blanche, nous proposerons des recommandations pour la protection du site et par conséquent de l'espèce.

Mots clés : *Ciconiiformes*, Dréan, milieu anthropisé, colonialité, la taille du nid, succès de reproduction, les oiseaux d'eau.

Abstract

This study aims to monitor the population dynamics of a white stork *Ciconia ciconia* colony installed in an anthropic environment, for two consecutive breeding seasons 2011 and 2012, a total of 109 and 100 nests were inspected respectively from early December until mid-August. We will present the results of monitoring reproductive parameters, phenology of laying and chick growth parameters. The timing of breeding and nest location in colonial birds may have fitness consequences. In particular, it has been demonstrated that peripheral breeders perform less well than core breeders do. Mean egg-laying dates varied significantly between years and differed between core and peripheral nests with more precocious laying occurring in the center. Egg-laying in larger nests started earlier than in smaller ones in the core area but neither nest size nor nest position along the core-periphery gradient had any influence on studied breeding parameters i.e. clutch size, hatching success and chick productivity. There was no yearly difference in clutch size which averaged 4.7 ± 0.7 eggs (N = 156 clutches). Mean chick productivity was higher in 2012 (2.85 ± 1.21 chicks) than in 2011 (2.29 ± 2.28 chicks) and was marginally associated with egg-laying date. In contrast, nesting success declined with delayed onset of breeding. Results suggest that a low predation rate, abundant resources and a possible trade-off between fitness components may confound adaptive breeding-habitat selection in White Stork. In light of these results, which show the important role played by the Dréan's colony as shelter of the large number of breeding pairs of the white stork, we propose recommendations for the protection of the site and therefore of the species.

Keywords : *Ciconiiformes*, Drean, anthropic environment, coloniality, size of nest, breeding success, water birds.

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى رصد ديناميكيات العشائر من مستعمرة اللقالق البيضاء *Ciconia ciconia* المثبتة في منطقة مأهولة بالسكان. على امتداد موسمي التكاثر 2011 و 2012 ما مجموعه 109 و 100 عش تم اكتشافه على التوالي انطلاقاً من أوائل ديسمبر وحتى منتصف أوت. نقوم بتقديم محصلة مراقبة نواتج فينولوجيا التكاثر وكذا نتائج متابعة نمو الافراخ. توقيت انطلاق عملية التكاثر وتموقع الاعشاش في داخل مستعمرات الطيور يمكن أن تؤثر على لياقتهم البدنية. على وجه الخصوص، فقد تبين أن الاعشاش المتمركزة في أطراف المستعمرة أقل كفاءة من تلك التي في الوسط، متوسط تاريخ التعشيش شهد تفاوتاً كبيراً بين السنوات واختلاف بين المركزي والمحيط مع تسجيل بداية وضع البيض في وقت سابق على مستوى مركز مستعمرة. وضع البيض في الأعشاش الكبيرة بدأ في وقت أسبق بالمقارنة مع الأعشاش الأصغر حجماً في المنطقة الوسطى، ولكن لم يكن لحجم العش أو موقعه أي تأثير على معالم التكاثر، على سبيل المثال، وحجم الإباضة، نجاح التفقيس والإنتاجية من حيث الكتاكيت لم يكن هناك اختلاف بين السنتين فيما يخص حجم الإباضة السنوي الذي بلغ متوسط $0,7 \pm 4,7$ بيضة (ن=156 عش). وكان متوسط الانتاجية من حيث عدد الافراخ أعلى في عام 2012 ($2,85 \pm$ 1,21 كتكوت) مقارنة بعام 2011 ($2,29 \pm 2,28$ كتكوت) وكان مرتبطاً بشكل طفيف مع التاريخ الإباضة. ومع ذلك، انخفض نجاح الإباضة مع تأخير موعد التكاثر. وتشير النتائج إلى أن معدلات الافتراس المنخفضة، ووفرة الموارد الغذائية وكذا التسوية الممكنة بين مكونات اللياقة البدنية يمكن ان تخلق بين التكيف مع الوسط وقرار تربية عدد معتبر من الصغار عند طائر اللقالق الابيض.

على ضوء هذه النتائج، التي تبين الدور الهام الذي تلعبه مستعمرة الذرعان لحماية عدد كبير من أزواج اللقالق الأبيض، نقدم توصيات لحماية الموقع، وبالتالي حماية اللقالق الابيض.

الكلمات الدالة: اللقالق، الذرعان، بيئة مأهولة بالسكان، المستعمرات، حجم العش، نجاح التكاثر، الطيور المائية.

Remerciements

J'aimerais en premier lieu remercier mon dieu 'ALLAH' le tout-puissant, qui m'a donné la volonté, le courage et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

La réalisation de cette thèse fut une occasion merveilleuse de rencontrer et d'échanger avec de nombreuses personnes. Je ne saurais pas les citer toutes sans dépasser le nombre de pages raisonnablement admis dans ce genre de travail. Je reconnais que chacune, à des degrés divers, mais avec une égale bienveillance, a apporté une contribution positive à sa finalisation. Mes dettes de reconnaissance sont, à ce point de vue, énormes à leur égard.

*Je ne remercierais jamais assez et, comme bon nombre de mes devanciers, je serai toujours infiniment reconnaissant envers celui qui m'a donné l'occasion de faire cette thèse, le **Professeur Boudjemaa SAMRAOUI**, directeur du laboratoire d'Écologie et conservation, promoteur de cette étude, qui m'a beaucoup aidé, m'a soutenu moralement, toujours accordé un soutien sans failles et m'encourage durant la rédaction de ce document. Je le remercie très sincèrement pour la confiance et l'intérêt qu'il m'a témoigné et de m'avoir supporté pendant ces 5 longues années. Mieux, il m'a donné la possibilité de travailler avec lui. Sa confiance envers moi et l'estime qu'il me porte m'ont toujours permis d'améliorer et je suis très redevable envers lui. Je remercie également au **Professeur SAMRAOUI-CHENAFI Farah**, pour la finesse de ses attitudes sur le plan aussi bien humain que scientifique. Ses remarques successives ont permis d'améliorer les différentes versions de ce travail. Mes discussions avec eux ont été très enrichissantes pour moi et ses encouragements très chaleureux. Je les remercie très sincèrement.*

*Toutes mes reconnaissances pour **P^r KACHI Sliman**, professeur à l'université de Guelma d'avoir accepté de présider le jury, je remercie également, les membres de jury: **P^r SOUIKI Linda**, professeur à l'université de Guelma, **D^r OULDJAOUI Abdallah**, maître de conférence à l'université d'Oum El-Bouaghi et **D^r NEDJAH Riad**, maître de conférence à l'université de Guelma, qui ont fait preuve de beaucoup d'enthousiasme dans leurs rôle de rapporteur. Je vous remercie tous les trois avec reconnaissance.*

Je tiens également à remercier *Mr Haroun CHANCHOUNI*, maître -assistant à l'université de Tébessa, pour l'aide apporté durant la recherche bibliographique, ainsi que les membres de Laboratoire de Conservation des Zones Humides de Guelma (L.C.Z.H), en particulier, *Fethi AYAICHIA*, *Amel MESBAH* et *Assia DJELAILIA* ainsi que *Fares BOURIACHI* (du laboratoire L.E.G), leurs présences durant les différentes parties de réalisation de ce travail m'a beaucoup aidée sur le plan moral et scientifique par des discussions scientifiques très fructueuses.

Remerciement et dédicace spéciale à l'égard de mes Co-laboratoires, les accompagnants de terrain, je pense à l'équipe de recherche saison I, *Ramzi SOUILAH*, *Imen* (Randa) *HOUMA*, *Imen RAZKALLAH* et également l'équipe du Saison II, *Malek HABES*, *Mouna MEDDOUR* et *Naima MAIZI*, et bien sûr notre agent de transport *Rida* (Rita).

Mon ultime remerciement et gratitudes sont à l'égard de ceux qui m'ont élevé à aimer l'éducation et la science, '*mes chers parents*', « Vous avez tout sacrifié pour vos enfants n'épargnant ni santé ni efforts. Vous m'avez donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. Je suis redevable d'une éducation dont je suis fier ». Et aussi à ma fiancée '*Sarah*' qui a tenu à mes côtés sans relâche durant toutes les étapes de réalisation de ce travail.

Tous ont attendu avec patience le fruit de ce travail.

Je dédie ce modeste travail :

A la mémoire de ma grande mère Mesaouda
..... *A mes parents, Hocine et Zahia*
..... *A mes frères Fateh, Fares et Louaye*
..... *A mes sœurs Rima et Roumaïssa*
..... *A ma Fiancée Sarah*

Table des matières

1	INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
1.1	Introduction	1
1.2	L'action anthropique sur les espèces vivantes	6
1.3	Les décharges à ciel ouvert en Algérie	8
2	MODÈLE BIOLOGIQUE ÉTUDIÉ	11
2.1	Histoire de vie de la cigogne blanche	11
2.2	Distribution et tendance de la population mondiale.	16
2.3	Etat actuel de la population de la cigogne blanche <i>C. ciconia</i>	19
2.4	Migration	20
2.5	Hivernage	24
2.6	Estivage	25
2.7	Biologie de reproduction	26
2.8	Ecologie trophique	29
2.9	Menaces et facteurs de déclin	32
3	MATÉRIEL ET MÉTHODES	35
3.1	Cadre général sur la zone d'étude	35
3.2	Diversité biologique	38
3.3	Le site d'étude (Dréan)	40
3.4	Caractéristiques climatiques	44
3.5	Méthodologie générale	52
3.6	Les paramètres de reproduction	57

3.7	Traitement statistiques	57
4	RÉSULTATS	59
4.1	Phénologie de reproduction de la cigogne blanche <i>Ciconia ciconia</i>	59
4.2	Caractéristique physiques des œufs	69
4.3	Date et évolution d'éclosion	77
4.4	Analyse démographique et phénologique de la reproduction	77
4.5	Les facteurs déterminants de la performance de reproduction de la cigogne blanche <i>C. ciconia</i>	83
4.6	Périodes de saisons de reproductions	88
4.7	Étude de la croissance des poussins de la cigogne blanche	91
4.8	La réduction de la nichée	102
4.9	Opérations de baguage des poussins de la cigogne blanche	109
5	DISCUSSION	112
5.1	Analyses phénologiques de la reproduction de la cigogne blanche de Dréan	112
5.2	Analyse démographique de la cigogne blanche de Dréan	119
5.3	Les facteurs déterminants de la performance de reproduction	123
5.4	La croissance des poussins de la cigogne blanche	126
5.5	La réduction de la nichée	128
5.6	Conservation et protection	129
6	CONCLUSION GÉNÉRALE	131
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	134
Annexes		
A.1	Figures annexes	I
A.2	Tableaux annexes	III

Liste des figures

1.1	Cigogne blanche <i>Ciconia ciconia</i> dans la décharge de Dréan, El Tarf (2012).	10
2.1	Cigognes blanche de la colonie de Dréan, photos présent le 23 juin 2012	12
2.2	Phylogénétique de la famille <i>Ciconidae</i> selon Kahl (1979)	14
2.3	Distribution de la famille <i>Ciconidae</i> dans le monde	15
2.4	Distribution des zones de reproduction la Cigogne Blanche <i>C. ciconia</i>	17
2.5	Répartition Européenne de la cigogne blanche et voies de migrations.	21
2.6	Voies de migration de la cigogne blanche <i>Ciconia ciconia</i>	22
3.1	Situation de la Numide oriental (Google Earth 2013)	36
3.2	Situation géographique de la zone d'étude	41
3.3	Vue général de la colonie (A) 2011 et (B) 2012 (Google earth,)	43
3.4	Précipitations total annuelle entre 1983-2013	47
3.5	Humidité relative moyenne de la région au cours de la période 1983-2013.	48
3.6	Température moyenne de la région entre 1987-2013	48
3.7	Climagramme ombrothermique de la région de Dréan, période 1983-2013.	51
3.8	Marquage des nids actifs par des codes alphanumériques	54
3.9	Matériel et techniques de suivi des nids	55
3.10	Matériel et techniques de suivi des poussins	56
4.1	Comportement de copulation	60
4.2	Distribution des nids actifs de la cigogne blanche dans la colonie de Dréan	62
4.3	Taux d'occupation de la colonie de Dréan en 2011 et 2012	64

4.4	Phénologie de ponte de la cigogne blanche en 2011 et 2012	65
4.5	Proportion relative du nombre des nids comportant 2 à 6 œufs	66
4.6	Variation de la grandeur de ponte entre 2011 et 2012.	66
4.7	Variation de la grandeur de ponte moyenne selon la taille des nids.	68
4.8	Paramètres biométriques des œufs de la cigogne blanche	70
4.9	Corrélation entre la longueur et le diamètre des œufs	71
4.10	Variation du volume des œufs en fonction de la grandeur de ponte	73
4.11	Variation du volume des œufs en fonction d'ordre de ponte	75
4.12	Evolution du taux d'éclosion des œufs de la cigogne blanche par semaine	76
4.13	Variation du nombre moyen de jeunes par couple (JZa) selon la grandeur de ponte	81
4.14	Variation du succès de reproduction (JZm) selon la grandeur de ponte	81
4.15	Succès de reproduction moyen (JZm) selon les différentes tailles des nids	82
4.16	Boxplots des dates d'initiation de la ponte dans le centre et la périphérie de la colonie.	85
4.17	Changement saisonnier du volume du nid dans le centre et la périphérie de la colonie en 2011	85
4.18	Variation du succès de reproduction entre 2011 et 2012.	87
4.19	Probabilité estimée du succès de reproduction de la Cigogne blanche au Dréan	87
4.20	Cycle biologique de la cigogne blanche dans la colonie de Dréan (2011-2012). . .	90
4.21	Corrélation entre le volume des œufs et le poids des poussins à l'éclosion. . . .	94
4.22	Variation de M.C des poussins à l'éclosion en fonction d'ordre d'éclosion	95
4.23	Croissance total des paramètres biométriques des poussins de la cigogne blanche	98
4.24	Variation de la masse corporelle des juvéniles à l'envol selon l'ordre d'éclosion	100
4.25	Taux d'éclosion et taux d'échec en 2011 et 2012	101
4.26	Causes de mortalité des poussins de la cigogne blanche	104
4.27	Distribution de la mortalité des poussins selon l'ordre d'éclosion	104
4.28	Variation de la mortalité des poussins selon les différentes tailles des couvées .	105
4.29	Distribution de la mortalité selon l'âge des poussins	105

4.30 Taux de mortalité (Moy \pm ET) des poussins de la Cigogne blanche	106
4.31 Mortalité chez les poussins	107
4.32 Mortalité chez les adultes	108
4.33 Taux des poussins bagués	110
4.34 Opérations de baguage des poussins de la Cigogne blanche de Dréan.	111
5.1 Nombre des nids occupés par les couples nicheurs (HPa) en Algérie (1935-2007)	121
5.2 Variation du succès de reproduction (JZm) dans les différentes régions d'Algérie	121
A.1 Comportements individuel et de confort	I
A.2 Comportements sexuelle	II

Liste des tableaux

2.1	Nombre de nids occupés (HPa) dans les différentes régions d’Algérie entre 1995 et 2007	18
2.2	Résultats préliminaires du sixième recensement international de la Cigogne blanche en Europe	19
2.3	Nombre et cause de mortalité de la Cigogne blanche trouvé en Europe	32
3.1	Données thermométriques moyennes de la région d’étude entre 1983 et 2013 .	46
3.2	Moyennes mensuelles de la vitesse du vent entre 1983-2013.	46
4.1	Mensurations des nids de la cigogne blanche de la colonie de Dréan	59
4.2	Fréquence d’occurrence du nombre des œufs selon la grandeur de ponte	63
4.3	Variation de la grandeur de ponte selon les tailles des nids	67
4.4	Moyenne et rang des mensurations des œufs de la cigogne blanche	69
4.5	Variation du volume des œufs selon l’ordre de ponte	72
4.6	Variation du volume des œufs selon la grandeur de ponte	74
4.7	Paramètres démographiques de la Cigogne blanche de Dréan	79
4.8	Variation du succès d’éclosion (JZa) selon les différentes grandeurs de ponte .	79
4.9	Variation du succès à l’envol (JZm) selon les différentes grandeurs de ponte . .	79
4.10	Paramètres estimés pour la régression linéaire multiple du volume de nid de la Cigogne blanche de Dréan	83
4.11	Les paramètres estimés pour la régression logistique du succès de reproduction de la Cigogne blanche de Dréan.	86
4.12	Mensurations biométriques des poussins de la cigogne blanche à l’éclosion . .	93

4.13	Variation de la M.C des poussins à l'éclosion en fonction d'ordre de ponte	93
4.14	Taux de croissance relatif (R) en 2011.	97
4.15	Taux de croissance relative (R) en 2012.	97
4.16	Variation de la masse corporelle des juvéniles à l'envol selon l'ordre d'éclosion	99
4.17	Mensurations biométriques moyenne des juvénile bagués	110
5.1	Données comparatives de la grandeur de ponte moyenne dans des différentes régions du pays et du monde.	115
5.2	Paramètres démographiques de la Cigogne blanche dans les différentes régions d'Algérie	122
A.1	Caractéristiques climatologiques moyennes mensuelle en 2011 et 2012	III

Chapitre 1

INTRODUCTION GÉNÉRALE

« Va prendre tes leçons dans la Nature »

Léonard de Vinci

Sommaire

1.1 Introduction	1
1.1.1 Objectif de la thèse	4
1.1.2 Organisation de la thèse	5
1.2 L'action anthropique sur les espèces vivantes	6
1.2.1 Zones Humides-Homme : Relation Irréversible	7
1.2.2 Conservation	7
1.3 Les décharges à ciel ouvert en Algérie	8
1.3.1 Législation	8
1.3.2 Les décharges à ciel ouvert dans la région d'étude	9



1.1 Introduction

LES oiseaux sont un élément familier de notre environnement et occupent une place particulière parmi les vertébrés dans les écosystèmes. En effet, leur présence dans tous les types de milieux, leur fidélité au biotope natal, leur place dans les chaînes alimentaires, les fonctions qu'ils remplissent dans les écosystèmes, leur aptitude à coloniser l'espace dans ses trois dimensions, et, surtout leur grande sensibilité aux modifications de l'habitat, en ont fait, de bons indicateurs écologiques, susceptibles de renseigner sur l'état de santé d'un territoire. Les oiseaux sont également considérés comme de bons sujets pour explorer un certain nombre de questions d'importance écologique (Urfi, 2003).

Indicateur de l'état de son habitat, la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* (Linnaeus, 1775) est l'échassier le plus facile à observer, un oiseau commun et typique de la campagne ouverte et cultivée dans de nombreuses parties de son aire de répartition. C'est une espèce anthropophile, considérée comme alliée de l'agriculture par la quantité d'insectes, parfois ravageurs, qu'elle consomme notamment par leur préférence alimentaire aux Orthoptères (Boukhemza et al., 1997), elle partage plusieurs éléments de leurs niches écologiques (Sbiki, 2008) et donne une bonne illustration sur les disponibilités faunistiques des milieux qu'elle fréquente constituant ainsi des modèles et des indicateurs biologiques de choix pour la connaissance de l'état des écosystèmes et leur évolution (Kushlan et Hafner, 2000 *in* Boukhemza et al., 2006). A cet effet, il est clair de parler d'une utilité effective de la Cigogne blanche à l'agriculture, suite à la capture des insectes, ainsi que de certains mammifères tels que les muridés dont les dégâts sont connus (Fellag, 1995), cependant on lui reproche de nuire à ce même domaine économique en consommant des vers de terres (Bloesch, 1989 *in* Djerdali et al., 2008a).

L'homme avait montré son intérêt envers la cigogne blanche depuis des longues années (Creutz 1988 *in* Wickert, 2007). La première inventaire à grande échelle dans le monde a été exercée dans la Pologne en 1876 (Profus, 2005). Après le colloque international d'ornithologie de Liège sur l'expansion et la régression des espèces aviennes (Jacob et Clotuche, 1989 *in* Boukhemza, 2000), La cigogne blanche a attiré l'attention de la communauté mondiale par l'organisation de quatre colloques internationaux à Walsrode, à Metz, à Bâle et à Hambourg (*in* Boukhemza, 2000) et un colloque en Algérie, organisé à Tizi Ouzou (Boukhemza et al., 1996).

La population mondiale de la cigogne blanche a observé un déclin depuis les années 1930, ce déclin s'est accentué après 1950, notamment la population d'Europe occidentale (Schüz, 1980 *in* Djerdali, 2010) et celle d'Afrique du Nord (Bouet, 1936). Suite à ce déclin

marqué, cette population a fait l'objet de nombreuses études traitant fondamentalement de sa dynamique de population dans des régions distinctes à travers son aire de nidification, nous on cite entre autres les travaux de Baudouin (1973), de Jacob (1991) en France, et Brauneis (1973) et Creutz (1988) en Allemagne, de Körös (1991) et de Lazaro et Bourguinou (1991) en Hongrie (*in* Boukhemza, 2000) et (Tortosa et Redondo, 1992 ; Aguirre et Gordo, 2006) en Espagne, (Tryjanowski et al . 2004 ; 2006) en Polonais.

L'étude de reproduction comme caractéristiques d'histoire de vie des êtres vivant avait été débuté depuis les cinquantaines du siècle passé, Darwin dans son livre « L'origine des espèces » a relié l'augmentation du nombre d'œufs à la fluctuation de disponibilité alimentaire, la fécondité et à la taille de population. De son tour, Lack (1947, 1954) suggère qu'une réduction de la taille de la nichée par rapport à la couvée est une réponse adaptative des oiseaux aux variations stochastiques des disponibilités en ressources alimentaires. Cette réduction peut découler de l'abandon, de l'infanticide ou du fratricide d'un ou de plusieurs jeunes (Djerdali et al., 2008b).

Des synthèses récentes sur les expérimentations par apport de nourriture confirment l'idée que généralement l'apport de nourriture augmente le succès reproducteur, la taille des couvées, le volume des œufs et la survie des oiseaux (Christians, 2002 ; Robb et al., 2008). Le manque d'alimentation peut réduire la production des œufs (et même l'arrêtée complètement) ainsi, affecte la grandeur de ponte (Ricklefs, 1974). Par conséquent, l'approvisionnement alimentaire (e.g. nourriture supplémentaire) est également important pour la femelle en terme de permettre la production d'œufs (Christians, 2002 ; Tortosa et al., 2002 ; Aguirre et Gordo, 2006).

La performance de reproduction est connue pour être influencé par de nombreux facteurs tels que le manque de nourriture, la prédation, les conditions météorologiques et l'âge des couples (Furness, 1982 ; Saether, 1990 ; Martin, 1995 ; Rodríguez et Bustamante, 2003). L'un des principaux déterminants de succès de reproduction chez les oiseaux coloniaux est la position du nid dans la colonie (Coulson, 1968 ; Tenaza, 1971 ; Hoogland et Sherman, 1976). Cependant, il existe de nombreux facteurs de confusion tels que la structure spatiale de la colonie, la densité des nids, la qualité des parents, l'âge et le comportement de reproducteurs qui peuvent interagir avec la position du nid et entre eux.

La colonialité peut être considérée en termes de coûts et d'avantages lorsque le groupement des individus ont certains bénéfiques comme un spectre plus large des partenaires potentiels, une vigilance accrue contre les prédateurs et une meilleure information sur les ressources inégales, contre des inconvénients comme la vulnérabilité aux maladies infectieuses, la polygamie et les interactions intra-spécifiques indésirables (Wittenberger et Hunt,

1985 ; Brown et Brown, 1986 ; Danchin et Wagner 1997 ; Anderson et al., 2004 ; Ashbrook et al., 2008). Une colonie d'oiseaux peut être assimilée à un « troupeau égoïste », où le fitness d'un individu est lié au nombre et à l'emplacement de ses voisins (Hamilton, 1971). Comme l'asymétrie entre les individus au sein d'une colonie existe (Rendón et al., 2001), certains oiseaux se comportent comme les premiers inters pairs. Ainsi, l'accès aux ressources ne peut pas être distribué en fonction de la "distribution idéale libre " (Fretwell et Lucas, 1970). Constamment, les nids situés à la périphérie ont de moins bons résultats que les nids centrales (Furness, 1984 ; Forster et Phillips, 2009). Cependant, l'emplacement du nid peut être confondu par âge/expérience (Vergara et al., 2010) ou de la structure de l'habitat (Minias et al., 2013).

En plus, d'autres facteurs affectent également le succès reproductif, l'emplacement du nid peut affecter le microclimat du nid et ainsi le succès d'élevage des poussins (Tortosa et Villafuerte, 1999 ; Tortosa et Castro, 2003), les facteurs climatiques ont un impact direct sur la survie à la fois des adultes et leurs poussins sous l'effet des conditions extrêmes de température et précipitations (Burger, 1948, Farner et Mewaldt 1952 *in* Gocek, 2006) et indirectement pendant la période migratoire (Nevoux et al., 2008).

Il y a une évidence considérable que la production des œufs et l'incubation chez les oiseaux sont coûteuses en terme d'énergie (Monaghan et Nager, 1997), selon la théorie de l'histoire de la vie, il y a un compromis entre l'investissement d'un individu dans ses jeunes contre son propre chance de survivre et de se reproduire dans le futur (Roff, 1992 ; Stearns, 1992 *in* Gocek, 2006). Malgré le grand nombre d'études sur la variation de la taille des œufs dans la même nichée, la signification de ce mécanisme est encore équivoque (Christians, 2002).

Dans cette étude, nous avons examiné la performance de reproduction d'une colonie de Cigogne blanche *Ciconia ciconia*. La nominale forme *Ciconia c. ciconia*, est un oiseau migrateur avec aire de reproduction réparti sur l'Europe, l'Afrique du Nord et Moyen-Orient (Cramp et Simmons 1977). La population de Cigogne blanche en Algérie, située à la limite sud du rang de l'espèce, est principalement confinée à la zone côtière et les Hauts plateaux avec quelques nids dispersés sur les franges nord du Sahara (Heim de Balsac et Mayaud, 1962 ; Isenmann et Moali, 2000 ; Samraoui et Samraoui, 2008). Les couples reproducteurs isolés de la Cigogne blanche peuvent être trouvés mais l'espèce se reproduit principalement dans des colonies dispersées ou plus compactes, profitant de grands arbres, des vergers et des structures artificielles.

Les tendances démographiques en Algérie ont reflété celles de l'Europe occidentale (Samraoui et al., 2011 ; Moali-Grine et al., 2012), ce qui suggère des causes communes de la forte baisse enregistrée et provoquant une recherche de facteurs qui conduisent ces changements

marqués d'acquérir des connaissances des processus affectant la dynamique de l'espèce (Saether et al., 2006). Les études concernant la Cigogne blanche ont principalement porté sur les recensements des colonies et sur la niche trophique (Jespersen, 1949 ; Mebarki, 1993 ; Moali-Grine, 1994 ; Boukhemza et al., 1995 ; Fellag, 1995 ; Douadi et Cherchour, 1998 ; Boukhemza, 2000 ; Zennouche, 2002 ; Moali-Grine, 2005 ; Djeddou et Benbada, 2006 ; Fellag, 2006 ; Sbiki ; 2008 ; Boukhatach, 2009). L'écologie de la reproduction de Cigognes blanches de l'Afrique du Nord a été largement négligée jusqu'à récemment (Boukhemza et al., 2007 ; Djerdali et al., 2008a ; Si Bachir et al., 2013 ; Benharzallah et al., 2015).

1.1.1 Objectif de la thèse

La présente étude vise à dresser une approche sur l'écologie de reproduction de la cigogne blanche à travers l'étude des paramètres de reproduction. Commencant par noter l'arrivée et l'ordre d'occupation des couples nicheurs puis noter l'ordre de ponte de chaque couple dans leur nichée et effectivement la grandeur de ponte moyenne, suivre la colonie jusqu'à l'éclosion afin de pouvoir suivre la croissance des poussins jusqu'à l'âge l'envol.

Au-delà des valeurs de la grandeur de ponte, de la taille des œufs et la productivité de la colonie, l'intérêt repose sur la comparaison :

1) du volume des œufs en fonction de la taille de ponte :

L'investissement des reproducteurs porte-t-il sur la taille de la ponte, et donc de la nichée, ou plutôt sur la taille des œufs et donc la taille des poussins à la naissance, ou bien n'y a-t-il pas de compromis taille de ponte/taille des œufs ?

2) du volume des œufs en fonction des années et à la taille de ponte semblable :

La stratégie de reproduction varie-t-elle selon les conditions environnementales propres à chaque année ?

3) de la productivité de la colonie en terme des poussins

On a analysé la productivité de la colonie en termes de poussins envolés pendant les deux saisons de reproduction 2011 et 2012, avec un suivi à des intervalles de temps réguliers des poussins afin de pouvoir analyser leurs croissances à partir de leurs paramètres biométriques (bec-tête, tarse, aile et la masse corporelle).

4) Tester la performance reproductrice de la colonie en présence d'un gradient centre-périphérie :

L'objectif principal était de comparer la performance de reproduction (grandeur de ponte, productivité et résistance contre les facteurs climatiques) de la Cigogne blanche qui niche dans le centre de la colonie à celle qui niche dans la périphérie (le bord). Basé sur la littérature, les prédictions suivantes ont été faites :

- Les premiers arrivistes au site choisiront de grands nids au premiers, laissant les petits nids aux retardateurs.
- La date de ponte varie entre le centre et les nids de périphérie
- L'issue de la reproduction des premières arrivistes et/ou des nids de centre sera supérieure à celui des retardateurs et/ou des nids de périphérie.

1.1.2 Organisation de la thèse

Chapitre I : Ce chapitre représente une introduction général au thème abordé avec explication des objectifs visés et la problématique d'étude.

Chapitre II : Dans ce chapitre, on présente le modèle biologique étudié avec des détails sur sa biologie de reproduction, sa distribution mondiale et en Algérie et son écologie comportementale.

Chapitre III : Dans ce chapitre, on illustre le matériel utilisé et les méthodes de travail adoptés durant le suivi de cette espèce pendant les deux saisons de reproduction 2011 et 2012.

Chapitre IV : Dans ce chapitre, on présente les résultats de la phénologie de la ponte (les dates d'arrivée, d'occupation, de première ponte et d'éclosion jusqu'à l'envol), le suivi de la biométrie des œufs, et l'étude de la croissance des poussins durant les deux saisons de reproduction 2011 et 2012.

Chapitre V : Ce chapitre représente une discussion générale des résultats obtenus pendant le suivi de l'espèce.

Chapitre VI Ce chapitre représente une conclusion général et les perspectives de futures recherches.

1.2 L'action anthropique sur les espèces vivantes

L'homme moderne, (*Homo sapiens sapiens*) de par sa capacité à agir à tous les niveaux de son écosystème, a profondément transformé son environnement. Il s'est imposé à la diversité des autres espèces, notamment aux autres hominidés et à travers la domestication des plantes et des animaux, il a remanié les écosystèmes via la modification des paysages et l'exploitation des ressources (Filayson, 2005). L'expansion de l'homme coïncide en partie avec une série de rapides et profonds changements environnementaux (Cooper et al., 2001). Parallèlement, une érosion considérable du nombre d'espèce, principalement de la mégafaune, se produit à travers le monde (Mihoub, 2009).

L'élimination des espèces à travers la chasse, la surexploitation, la modification des paysages où l'introduction des pathogène, prédateurs associés aux déplacements humains sont autant de pression liés à l'arrivée de l'Homme, les continents ont ainsi connu la perte d'une grande part de leurs biodiversités préhistoriques. (Filayson, 2005 ; Mihoub, 2009).

Dans le but de restaurer des populations viables sur des territoires où l'espèce a aujourd'hui disparu mais qu'elle occupe autrefois, l'homme adopte « la réintroduction » qui vise à relâcher des individus en milieu naturel (IUCN, 2012). Les réintroductions sont des réalisations humaines, particulièrement enclines à favoriser la préservation des espèces emblématiques (Seddon et al., 2005), réalisé souvent à partir des effectifs restreints (Griffith et al., 1989). Mais cette action est une arme à double tranchant envers la biodiversité naturelle.

Les petites populations isolées sont généralement plus fragiles, une baisse des performances dans la réalisation des paramètres démographiques à faible densité peut résulter de facteurs numériques ou génétiques (eg. Stochasticité démographique). Les animaux ne sont pas distribués aléatoirement dans l'espace (Serrano et al., 2008 ; Barton et al., 2009). Les critères de sélection d'habitat disponible sont soit des facteurs abiotiques, tels que la configuration des reliefs et le climat, soit des facteurs biotiques, tels que la présence de ressources alimentaires, de sites adéquats à la reproduction ou la densité de prédateurs (Orians et Wittenberger 1991 ; Martin, 1998) et aussi les facteurs sociales qui pourraient changer profondément le comportement de sélection d'habitat (Danchin et al., 2004).

La réintroduction des espèces animales vise à lutter contre l'érosion de la biodiversité biologique, cependant, ces tentatives connaissent un fort taux d'échec, malgré l'ampleur des moyens déployés pour leurs réalisations. Après avoir identifier l'importance des comportements de dispersion et de sélection d'habitat dans les échecs des programmes de réintroduction visant des espèces à forte mobilité (Mihoub, 2009).

1.2.1 Zones Humides-Homme : Relation Irréversible

Les zones humides, ces milieux qui font partie des ressources les plus précieuses sur le plan de la diversité biologique et de la productivité naturelle. Aujourd'hui, nous savons que les zones humides jouent un rôle important dans les processus vitaux, entretenant des cycles hydrologiques et accueillant une flore importante, des poissons et des oiseaux migrateurs (Samraoui et De Bélair, 1998).

L'Algérie abrite plusieurs zones humides classées par la convention de Ramsar 1971, la région d'El Tarf avec le parc national d'El-kala représente le complexe le plus important dans la méditerranée, caractérisé par une grande diversité éco-systémique dotée d'une richesse biologique inestimable. Malgré ces avantages, de nombreuses menaces pèsent sur les zones humides qui sont détruites à un rythme sans précédent. Parmi les majeurs menaces de la biodiversité, les activités humaines qui érodent implacablement les zones humides (Samraoui et De Bélair, 1998) :

1. Pompage : Pratiquement tous les espaces des zones humides sont menacés par ces actions.
2. Eutrophisation : Les cours d'eau sont les milieux les plus touchés par la pollution et cette dégradation a probablement atteint un seuil alarmant.
3. Surpâturage, défrichage, surexploitation des ressources : Le pâturage, géré de manière rationnelle, peut accroître la diversité floristique et indirectement faunistique des milieux.
4. Introduction des espèces exogènes : Il faut éviter à tout prix l'introduction d'espèces exotiques, au pire, il faut étudier son écologie et évaluer son impact potentiel avant son introduction.
5. Industrie et urbanisme : L'industrie touristique, très exigeante en eau, se révélera, probablement, une menace pour les zones humides (voir cas de l'Espagne, Tunisie, etc.).

1.2.2 Conservation

La cigogne blanche *Ciconia ciconia*, une espèce avec un mode de reproduction solitaire ou colonial (Cramp et Simmons, 1977) avait un haut intérêt de conservation et ses populations ont connu des changements considérables durant les dernières décennies (Thomsen et Hotker, 2006). Diverses mesures et actions peuvent être entreprises avec un minimum d'investissement, ceux-ci relevant plus de l'intelligence ou de l'utilisation des compétences existantes et sous-utilisées (Samraoui et De Bélair, 1998).

1.2.1 Zones Humides-Homme : Relation Irréversible

Les zones humides, ces milieux qui font partie des ressources les plus précieuses sur le plan de la diversité biologique et de la productivité naturelle. Aujourd'hui, nous savons que les zones humides jouent un rôle important dans les processus vitaux, entretenant des cycles hydrologiques et accueillant une flore importante, des poissons et des oiseaux migrateurs (Samraoui et De Bélair, 1998).

L'Algérie abrite plusieurs zones humides classées par la convention de Ramsar 1971, la région d'El Tarf avec le parc national d'El-kala représente le complexe le plus important, caractérisé par une grande diversité éco-systémique dotée d'une richesse biologique inestimable. Malgré ces avantages, de nombreuses menaces pèsent sur les zones humides qui sont détruites à un rythme sans précédent. Parmi les majeurs menaces de la biodiversité, les activités humaines qui érodent implacablement les zones humides (Samraoui et De Bélair, 1998) :

1. Pompage : Pratiquement tous les espaces des zones humides sont menacés par ces actions.
2. Eutrophisation : Les cours d'eau sont les milieux les plus touchés par la pollution et cette dégradation a probablement atteint un seuil alarmant.
3. Surpâturage, défrichage, surexploitation des ressources : Le pâturage, géré de manière rationnelle, peut accroître la diversité floristique et indirectement faunistique des milieux.
4. Introduction des espèces exogènes : Il faut éviter à tout prix l'introduction d'espèces exotiques, au pire, il faut étudier son écologie et évaluer son impact potentiel avant son introduction.
5. Industrie et urbanisme : L'industrie touristique, très exigeante en eau, se révélera, probablement, une menace pour les zones humides (voir cas de l'Espagne, Tunisie, etc.).

1.2.2 Conservation

La cigogne blanche *Ciconia ciconia*, une espèce avec un mode de reproduction solitaire ou colonial (Cramp et Simmons, 1977) avait un haut intérêt de conservation et ses populations ont connu des changements considérables durant les dernières décennies (Thomsen et Hotker, 2006). Diverses mesures et actions peuvent être entreprises avec un minimum d'investissement, ceux-ci relevant plus de l'intelligence ou de l'utilisation des compétences existantes et sous-utilisées (Samraoui et De Bélair, 1998).

Un programme de suivi, bien conçu, des écosystèmes est destiné à pallier à ce manque de donnée. L'information recueillie doit, impérativement, contribuer à l'efficacité du plan de gestion. Afin de réduire le risque inhérent à l'utilisation d'un programme de suivi, le respect d'un cadre de conception d'un programme de suivi des zones humides est nécessaire (Finlayson, 1996 *in* Samraoui et De Bélair, 1998).

1.3 Les décharges à ciel ouvert en Algérie

Le code de l'environnement définit le déchet comme "tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit abandonné ou que son détenteur destiné à l'abandon" (article L541-1 du code de l'environnement). En effet la filière traditionnelle d'élimination des déchets solides en Algérie est essentiellement la mise en décharge, méthode la plus ancienne et la plus largement pratiquée du fait de son faible coût.

L'enquête réalisée par les services du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE) fait ressortir plus de 3 200 décharges sauvages implantées à travers le territoire national, occupant une superficie de plus de 150 000 hectares et situées le plus souvent sur des terres agricoles ou le long des oueds.

La plupart de ces dépotoirs sont des décharges non contrôlées et à ciel ouvert, les déchets y sont rejetés sous une forme mixte (ménagère, industrielle et hospitalière) et sans aucun traitement préalable. Actuellement, ils sont à l'origine de graves nuisances pour l'environnement et pour la santé humaine. Parmi ces nuisances, nous pouvons citer les problèmes de dégradation des eaux souterraines et de surface, des sols, de l'atmosphère et les risques en matière de santé publique. La source principale de la dégradation de la qualité des eaux de la nappe est liée à l'infiltration et la percolation des eaux de lixiviats (percolât issue de la dégradation des déchets).

1.3.1 Législation

L'Algérie a mis en place un dispositif de textes qui régit la gestion des déchets urbains solides et notamment de la loi 01-19. (Journal officiel; 2001). Cette loi vise à organiser la gestion, le contrôle et l'élimination des déchets sur la base des principes suivants :

1. La prévention et la réduction de la production et de la nocivité des déchets à la source ;
2. L'organisation du tri, de la collecte, du transport et du traitement des déchets ;

3. La valorisation des déchets par leur réemploi, leur recyclage et toute autre action visant à obtenir, à partir de ces déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie ;
4. Le traitement écologique rationnel des déchets ;
5. L'information et la sensibilisation des citoyens sur les risques présentés par les déchets et leurs impacts sur la santé et l'environnement, ainsi que les mesures prises pour prévenir, réduire ou compenser ces risques.

1.3.2 Les décharges à ciel ouvert dans la région d'étude

De nombreuses zones humides sont le réceptacle à ciel ouvert de dépôts sauvages des déchets, c'est le cas de la région d'El-Taraf abritant pratiquement une décharge pour chaque zone humide, sont toutes situées soit dans le bassin versant où très proche de la zone humide proprement dite.

La majorité de ces décharges sont à vocation rurale implantées sur des milieux naturels reconnus, plan d'eau, zones humides (prairie humide, marais ...) et dans plusieurs cas, elles se trouvent très proches des eaux de surfaces (lac, Oued, mer). Elles se reposent généralement sur des formations argileuses, rarement sur des sables. On peut trouver des déchets de toute nature tels que les papiers, carton, textiles ; déchets vert ; déchets hospitaliers ; déchets organiques ... etc (Zaafour, 2012).

La décharge de '**Dréan**' par exemple, est un dépotoir à ciel ouvert, avec l'absence totale de toute forme de gardiennage ou de clôture, encourageant ainsi les dépôts sauvages non contrôlés, et la présence des récupérateurs qui fouillent dans ces décharges afin de valoriser certains produits et en tirer profit.

Par le dépôt direct des déchets toxiques ou dangereux, le risque de contamination des riverains ou de leur cheptel est très élevé particulièrement pour ceux qui résident près de la décharge. Cette contamination peut se manifester par plusieurs maladies respiratoires, cutanées ou à la limite une fragilisation de l'organisme qui devient très sensible à toute agression (Zaafour, 2012).

Il est donc impératif de prendre en charge la gestion de ces décharges par des méthodes et techniques utilisés à travers le monde et qui permettent une valorisation des déchets et une rentabilisation de ces milieux.



FIGURE 1.1 – Cigogne blanche *Ciconia ciconia* dans la décharge de Dréan, El Tarf (2012).

Chapitre 2

MODÈLE BIOLOGIQUE ÉTUDIÉ

« La façon dont une nation s'occupe des animaux reflète fidèlement sa grandeur et sa hauteur morale. »

Gandhi

Sommaire

2.1 Histoire de vie de la cigogne blanche	11
2.1.1 Caractéristique général	11
2.1.2 Importance de l'espèce	13
2.1.3 Difficultés d'identification	13
2.1.4 Phylogénie et position systématique	13
2.2 Distribution et tendance de la population mondiale.	16
2.2.1 Dans le monde	16
2.2.2 En Algérie	18
2.3 Etat actuel de la population de la cigogne blanche <i>C. ciconia</i>	19
2.4 Migration	20
2.4.1 Période de migration	23
2.4.2 Voies de migration	23
2.4.3 Vitesse de migration	24
2.5 Hivernage	24
2.5.1 Hivernage en Afrique	24
2.5.2 Sédentarité de la cigogne blanche	25
2.6 Estivage	25
2.6.1 Comportement des non-reproducteurs	25

2.7 Biologie de reproduction	26
2.7.1 Budget temps et utilisation d'habitat	26
2.7.2 Construction du nid	26
2.7.3 Choix de couple	27
2.7.4 Ponte et incubation	27
2.7.5 Suivi après l'éclosion	28
2.7.6 Développement des poussins	28
2.8 Ecologie trophique	29
2.8.1 Milieux d'alimentation	29
2.8.2 Technique d'alimentation	29
2.8.3 Régime alimentaire	30
2.8.4 Recherche de la nourriture	31
2.8.5 Capture et digestion des proies	31
2.8.6 L'alimentation intra-nid	31
2.9 Menaces et facteurs de déclin	32



2.1 Histoire de vie de la cigogne blanche

2.1.1 Caractéristique général

LA cigogne blanche (*Ciconia ciconia*, Linnaeus 1758) est un grand échassier semi-aquatique de la famille des *Ciconiidae* existe en Europe, Afrique du nord, moyen orient et en Asie. Elle mesure 100-115 cm d'hauteur et 115-165 cm d'envergure et pèse 2600 – 4500 g. La distinction du sexe est très difficile, le mâle a une taille moyenne légèrement supérieure à celle de la femelle, chez l'adulte, la mue complète s'étale sur presque toute l'année (Cramp, 1998 *in* Surmacki et Kosicki, 2009).

L'adulte est entièrement blanc aux rémiges et aux grandes couvertures noires. Le bec, les yeux et les pattes sont rouges, au vol, elle a le cou tendu en avant (Cramp, 1998 *in* Surmacki et Kosicki, 2009). Des études récentes ont révélé que ces phanères sont colorés par l'astaxanthine, qui est un pigment caroténoïde (Negro et al., 2000 *in* Surmacki et Kosicki, 2009). Dans certaines populations espagnoles des cigognes blanches qui ont un régime alimentaire riche en caroténoïde, les poussins ont le bec et les tarsi qui sont presque aussi rouges comme ceux des adultes (Surmacki et Kosicki, 2009).

Le plumage juvénile est acquis quand les cigogneaux quittent leur nids la fin de juillet (stade d'envol), et est généralement similaire à celui de l'adulte sauf que le plumage est teinté en marron, le bec et les pattes sont de couleur rouge brunâtre qui vont graduellement changer en rouge (Cramp, 1998 *in* Surmacki et Kosicki, 2009). Dû à l'absence des organes vocaux, les adultes sont surtout silencieux mais peuvent produire des cris monotones sous forme de claquement du bec (Sciamarella, 2008). En vol, l'espèce présente une silhouette facilement reconnaissable caractérisée par le cou allongé, les longues pattes dépassant la queue et la digitation très marquée des rémiges primaires (Cramp et Simmons, 1977).

La Cigogne blanche est quasiment muette, excepté quelques chuintements précédant les claquements de bec très sonores. Ces craquements semblables au bruit de castagnettes se manifestent au cours de comportements d'excitation (salutations, rencontres, querelles). En revanche, les jeunes au nid émettent des vocalisations ressemblant à de curieux miaulements et grincements lors des nourrissages. La cigogne blanche est considérée comme une hôte pour un infra-communauté des ectoparasites comprenant quatre espèces de poux : *Ardeicola ciconiae*, *Neophilopterus incompletus*, *Colpocephalum zebra* et *Ciconiaphilis quadripustulatus*, se localise principalement dans les plumes et sur la peau (Touati, 2014).



FIGURE 2.1 – Cigognes blanche de la colonie de Dréan, photos prises le 23 juin 2012

2.1.2 Importance de l'espèce

La cigogne blanche est une espèce protégée conformément à la loi sur la protection de la nature, la convention de Bonn, la convention de Berne et la convention de Ramsar. Selon les critères de l'IUCN, le statut de la cigogne blanche est en préoccupation mineure. La tendance de la population semble augmenter (10000 individus avec un déclin de - 10 % durant les dernières dix années), l'espèce n'approche pas au seuil vulnérable conformément au critère de la tendance des populations (- 30 % de déclin sur dix ans où trois générations) (IUCN, 2012).

La cigogne blanche est une espèce indicatrice de la qualité du milieu qu'elle fréquente en association avec d'autres espèces animales comme les insectes, les poissons, les amphibiens. Généralement classée au sommet de la chaîne alimentaire, l'étude et le suivi de cette espèce peut servir à la conservation d'un écosystème entier. L'animal est facile à détecter, farouche et préféré par l'homme, donne une bonne illustration sur les disponibilités faunistiques des milieux qu'elle fréquente constituant ainsi un modèle et un indicateur biologique de choix pour la connaissance de l'état des écosystèmes et de leur évolution.

2.1.3 Difficultés d'identification (similitudes)

En vol, à une grande distance ou à contre-jour, la Cigogne blanche peut être confondue avec la Grue cendrée (*Grus grus*) dont le gris apparaît très pâle, voire blanc sous certaines conditions de lumière, ou avec la Cigogne noire *Ciconia nigra* dont la silhouette est identique, et avec le Percnoptère d'Égypte *Neophron percnopterus*. Ce dernier est un vautour de taille moindre, mais qui présente sur le dessous une répartition de blanc et de noir très contrastée aux ailes qui rappelle le plumage de la Cigogne blanche.

2.1.4 Phylogénie et position systématique

La Cigogne blanche *Ciconia ciconia* est une espèce polytypique, Kahl (1979) a devisé la famille Ciconidae en 6 genres et 17 espèces appartenant aux 5 groupes, respectivement : *Mycteria*, *Anastomus*, *Ciconia*, *Ephippiorhynchus*, *Jabiru* et *Leptoptilos*, avec une exception que *Jabiru* et *Ephippiorhynchus* sont dans le même groupe, la cigogne blanche *Ciconia ciconia* appartient au troisième groupe (Wood, 1984). D'après Wood (1984), Kahl, (1972) et Cramp et Simmons (1977) Il existe dans le monde trois sous espèces de la cigogne blanche :

- *Ciconia ciconia ciconia* (Linnaeus, 1758) : Niche dans une partie de l'Asie mineure, en Europe centrale (Autriche, Bulgarie, Portugal), en Afrique du Nord (du Maroc à la Tunisie), en Afrique du Sud (province du Cap), rencontrée en Afrique de l'Ouest tous les mois de l'année sauf au mois de juin (Dekeyser et Derivot, 1966 *in* Sbiki, 2008).
- *Ciconia ciconia asiatica* (Severtzov, 1872) : Son aire de reproduction se situe en Asie centrale et niche donc au Turkestan, la Russie, Ouzbékistan, Tadjikistan et à l'extrême ouest de Sin-Kiang en Chine (Creutz, 1988 *in* Sbiki, 2008).
- *Ciconia ciconia boyciana* (Swinhoe, 1873) : Se reproduit en Asie Orientale, de la Russie à la Corée et au Japon, maintenant, considérée comme une espèce distincte (Coulter et al., 1991 *in* Sbiki, 2008).

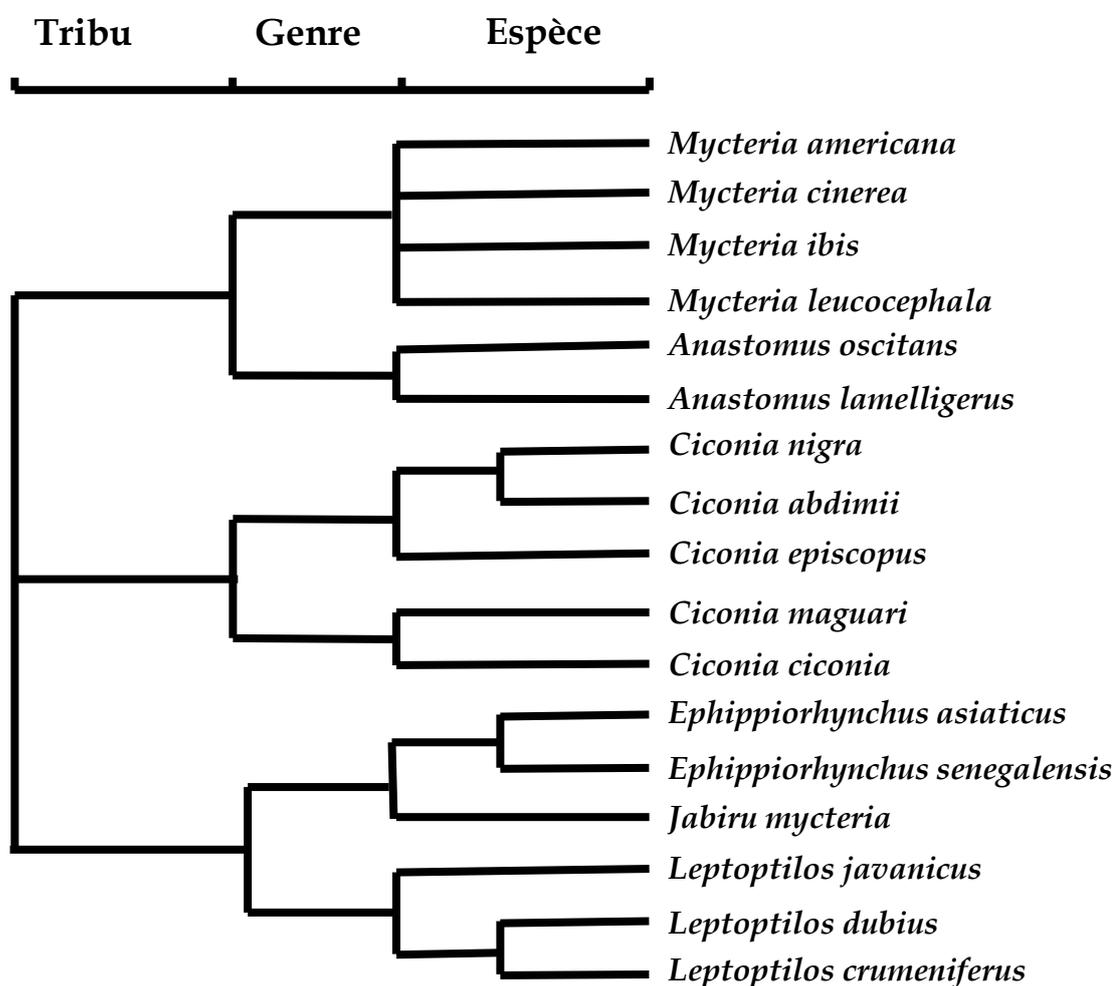


FIGURE 2.2 – Phylogénétique de la famille Ciconiidae selon Kahl (1979)

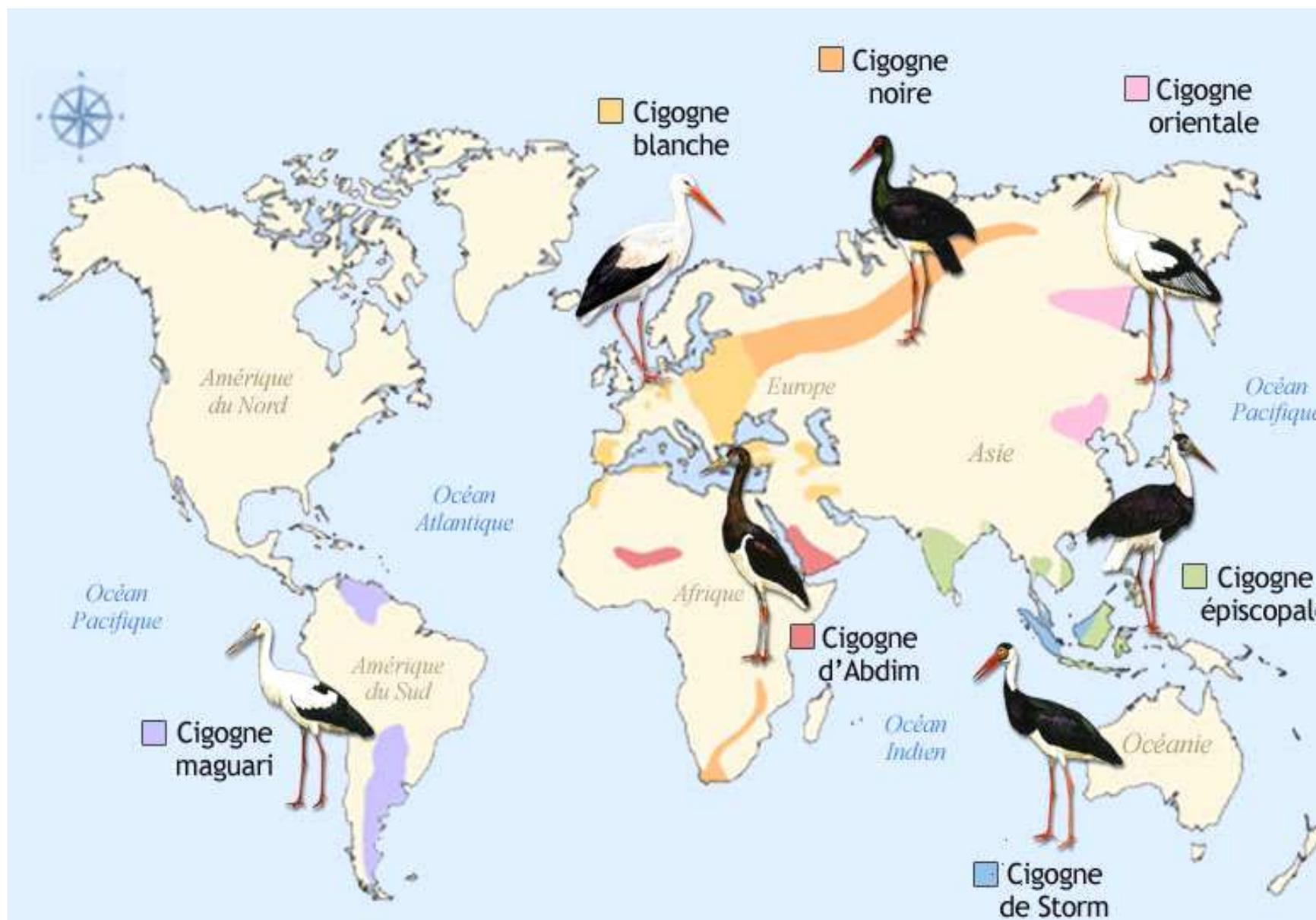


FIGURE 2.3 – Distribution de la famille *Ciconiidae* dans le monde (Source : www.centredereintroduction.com)

2.2 Distribution et tendance de la population mondiale.

2.2.1 Dans le monde

L'aire de reproduction de la cigogne blanche *Ciconia ciconia* (L) se situe approximativement entre 8° O et 50° E et entre 32°S jusqu'au 60°N, cette grande surface peut être divisée en trois parties : Afrique, Europe et Asie (Haverschmidt, 1949).

a. Population d'Europe

La cigogne blanche est une espèce paléarctique, se reproduit en Europe exception en Grande Bretagne, Scandinavie et nord-est de la Russie (Cramp et Simmons, 1977), dans le Sud et l'Est du Portugal, l'Ouest et le centre de l'Espagne, l'Est de la France, les Pays-Bas, le Danemark, la région de Saint Petersburg, la Turquie, le Nord de la Grèce, l'Est de la Yougoslavie et sporadiquement le Nord de l'Italie, elle a niché dans le Sud de la Suède, l'Ouest de la France et en Belgique (Cramp et Simmons, 1977).

b. Population d'Afrique

On rencontre la même sous espèce dans le Nord-est de la Tunisie (87 nids occupés en 1936) en passant par l'Algérie (6500 nids occupés en 1935) jusqu'au Sud du Maroc (23969 nids occupés en 1935), et dans le nord-ouest de l'extrême Sud-Africain (Haverschmidt, 1949).

c. Population d'Asie

La cigogne blanche est une espèce très commune spécialement dans le plateau anatolien, au sud, vers le versant nord des montagnes de taureau d'Asie, au Moyen-Orient, elle se distribue en Turquie, l'Azerbaïdjan, l'Ouest de l'Iran, le Nord de l'Iraq et en Asie de Sud-ouest, se reproduit aussi en Syrie et Palestine (Haverschmidt, 1949). Durant les années 90, le statut de l'espèce était considéré comme vulnérable en Europe (IUCN 2000), sa situation s'est améliorée sensiblement et progressivement, et l'espèce n'étant plus considérée comme menacée. L'Europe accueillerait 90 % de l'effectif mondial, estimé à 180 000-220 000 couples (BirdLife International, 2004).

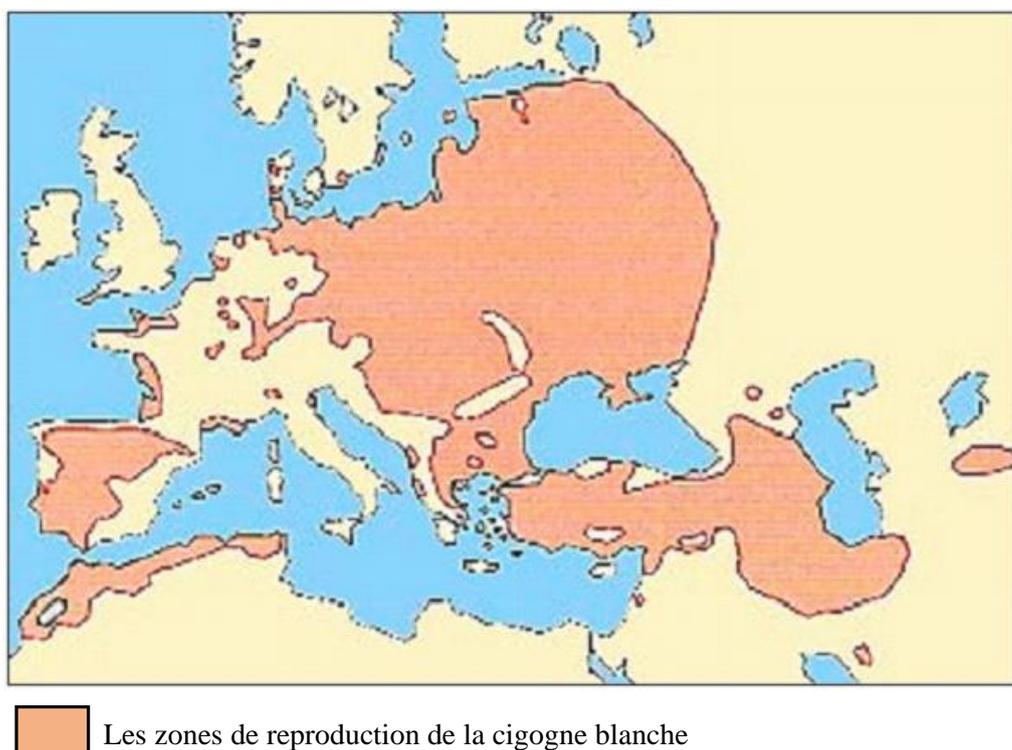


FIGURE 2.4 – Distribution des zones de reproduction la Cigogne Blanche *C. ciconia*.
(http://www.nabu.de/m05/m05_03/01450.html)

2.2.2 En Algérie

TABLEAU 2.1 – Nombre de nids occupés (HPa) dans les différentes régions d’Algérie d’après Moali-Grine et al., (2004) entre la période (1995- 2001), les données 2007 sont fournies par la direction générale des Forêts (D.G.F.).

Années	1993	1995	1998	2001	2007
Région					
Nord-est	267	656	1059	1264	2103
Aurès Némmemcha	252	347	487	558	1077
Constantinois	338	904	1179	1477	1812
Hautes plateaux de Sétif	-	188	384	736	1590
Soummam-Bouira	77	169	188	269	303
Sébaou-Isser	183	256	326	394	429
Mitidja	-	13	18	47	153
Vallée du Chélef	5	32	54	61	132
Oranie	51	84	227	341	572
Total	1195	2679	3922	5141	8171

La Cigogne blanche est répandue dans toute la région tellienne et descend jusqu’à l’Aurès (Bouet, 1956 ; Isenmann et Moali, 2000). Au Nord, elle est présente dans les régions de Béjaïa, Sétif, dans le Nord du Hodna (M’sila) et sur les plateaux de Bouira jusqu’à Sour-El Ghoulane. On la trouve également dans la dépression de Lakhdaria. Elle peuple aussi toute la vallée du Sébaou jusqu’à la lisière du massif forestier d’Akfadou, à Azazga ; ainsi que sur les plaines entre Ouadhias et Draâ El Mizan. Un nombre réduit de couples nichent près de Boufarik, de Rouiba, de Hadjout et de Mouzaïa (Moali-Grine, 1994). D’après ce dernier auteur, la cigogne reste abondante dans la région humide d’El Kala et se trouve également dans le Constantinois (Tab. 2.1).

Un phénomène de sédentarité de la Cigogne blanche a également été signalé à l’Est de l’Algérie (Samraoui, 1998 ; 2002). À l’Ouest, l’espèce occupe la vallée de Chlef et Miliana, sa répartition continue jusqu’à Mostaganem et plus loin d’Oran sur la bande littorale jusqu’à Beni Saf. La cigogne blanche est plus abondante dans la partie orientale que dans la partie occidentale du pays vu ces besoins de zones humides où de zones cultivées (Isenmann et Moali, 2000 ; Samraoui et Samraoui 2008 ; Samraoui et al., 2011).

2.3 Etat actuel de la population de la cigogne blanche *C. ciconia*

La situation de la population européenne et nord-africaine de la Cigogne blanche a fait l'objet de plusieurs congrès internationaux durant ces dernières décennies. Depuis 1934 jusqu'à nos jours, six recensements internationaux ont été organisés pendant les années : 1934, 1958, 1974, 1984, 1994-95 et 2004-2005, ces recensements internationaux organisés ont permis de constater un déclin général de l'espèce et surtout de sa population occidentale (Massemin-challet et al., 2006).

TABLEAU 2.2 – Résultats préliminaires du sixième recensement international de la Cigogne blanche *C. ciconia* dans quelques pays participants en Europe (Thomsen et Hötcker, 2006).

Région et pays	1994-1995	2004
Population de l'ouest		
Portugal	3302	7630
France	315	941
Population du nord-ouest		
Belgique	7	50
Danemark	6	3
Allemagne	4063	4710
Suède	11	29
Suisse	167	198
Hollande	266	528
Population de l'est		
Autriche	350	392
Slovaquie	1127	1330
Slovénie	?	236
Hongrie	4850	528
Population du sud-est		
Grèce	1500	2139

En Europe occidentale, la Cigogne blanche se porte moins bien que sa signification symbolique pourrait nous le faire espérer, car ses populations se sont dramatiquement raréfiées et elles ont failli disparaître en Alsace (neuf couples en 1974). Dans d'autres régions d'Europe, elles sont menacées par l'intensification des pratiques agricoles et l'assèchement des marais (Massemin-challet et al., 2006).

La population de la cigogne blanche a subi un déclin de 20 % entre 1974 et 1984 et puis elles ont augmenté de 23 % entre 1984 et 1994-95, en outre la population occidentale a augmenté de 75 % depuis 1984, alors que la population orientale a augmenté seulement de 15 % (Thomsen et Hötcker, 2006). Les résultats du symposium international pour la Cigogne blanche qui s'est tenu à Hambourg en 1996 ont révélé que le nombre des couples nicheurs a augmenté de 140 300 en 1984 à 168 000 en 1994-95 (soit 20 % de la population) dans la plupart des pays (Schulz, 1999 *in* Massemin-challet et al., 2006).

Un ensemble de 40 états européens, nord-africains, du Proche-Orient et de l'Asie centrale, ont participé au dernier recensement de 2004-2005. Les résultats préliminaires recueillis de 13 états montrent que la population est encore en augmentation et qu'il y a des pays où cette augmentation est de l'ordre de 100 % (Thomsen et Hötcker, 2006) (Tab. 2.2). Cette augmentation des populations de la Cigogne blanche est constatée aussi par HAMDI et al. (2007) en Tunisie où le nombre de nids est passé de 358 entre les années 1980-1999 à 489 nids en 2002-2005. (*in* Boukhtache, 2006).

2.4 Migration

La migration devrait être un phénomène soumis à une forte pression sélective (Alerstam, 1981 *in* Van Den Bosshe et al., 2002). Type de vol, la vitesse et l'écologie d'escale sont des composantes de la migration des oiseaux qui déterminent son modèle, le comportement migratoire est divisé dans ces sections : la migration d'automne, de la zone de reproduction vers les quartiers d'hivernage, la migration de retour au printemps et le choix de comportement sur les sites d'escale (Van Den Bosshe et al., 2002).

Le voyage de migration est effectuée dans une variété de façons, en fonction des espèces et de la saison. Selon Moreau (1972), les Cigognes blanches migrent lentement en automne, ce qui leur permet de se nourrir dans divers endroits le long du parcours, mais au printemps, les cigognes migrent relativement rapidement (Van Den Bosshe et al., 2002). La sélection naturelle favorise les oiseaux qui retournent tôt de leurs quartiers d'hiver, la date d'arrivée est positivement corrélée avec la date de reproduction, et en conséquence le succès reproductif (Tryjanowski et al., 2004).

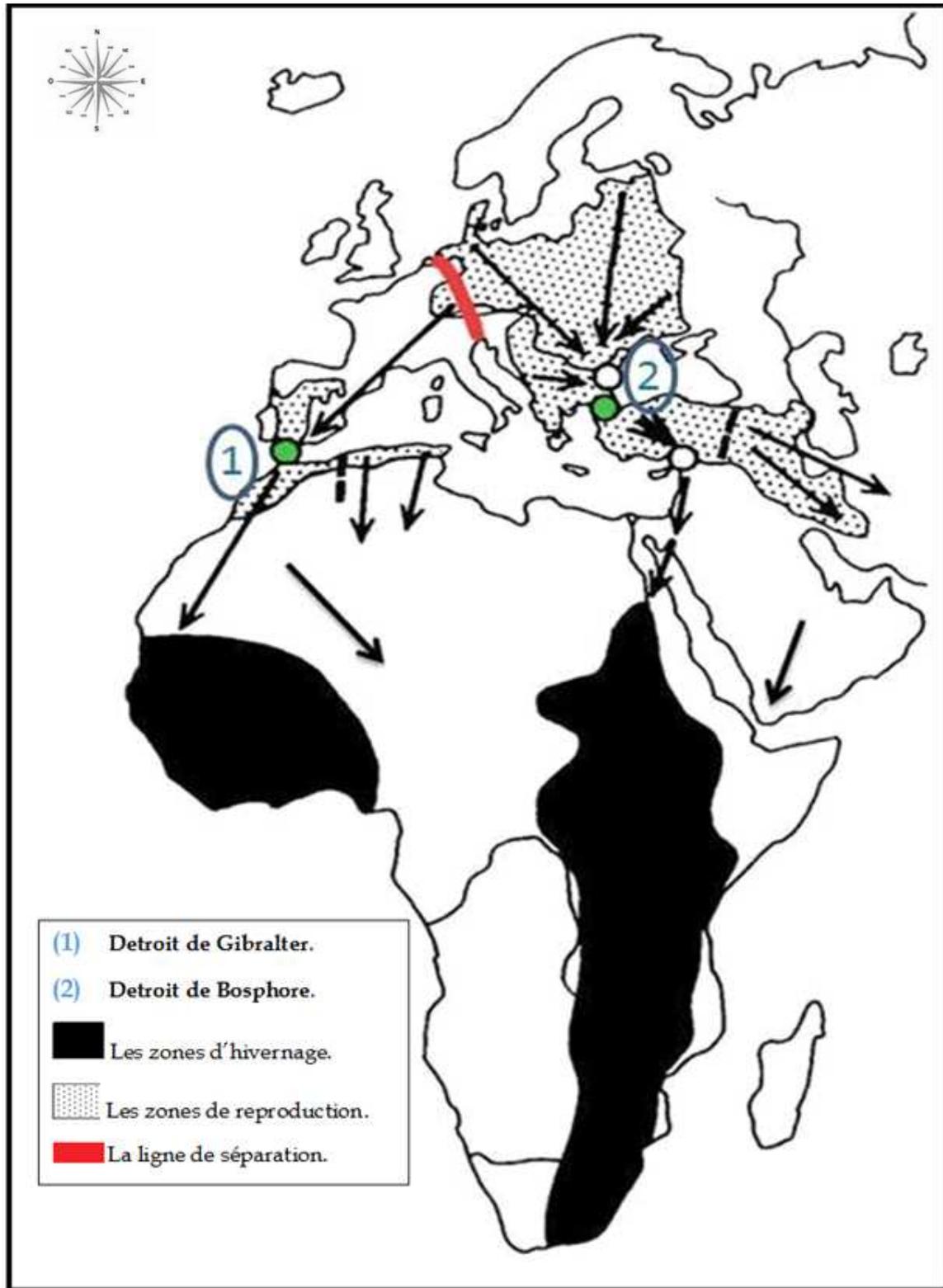


FIGURE 2.5 – Répartition Européenne de la cigogne blanche et voies de migrations. ((1) Détroit de Gibraltar, (2) Détroit de Bosphore. **En noir**, les zones d'hivernage, **en pointillés** les zones de reproduction et **en rouge** la ligne de séparation (Bairlein, 1991).)

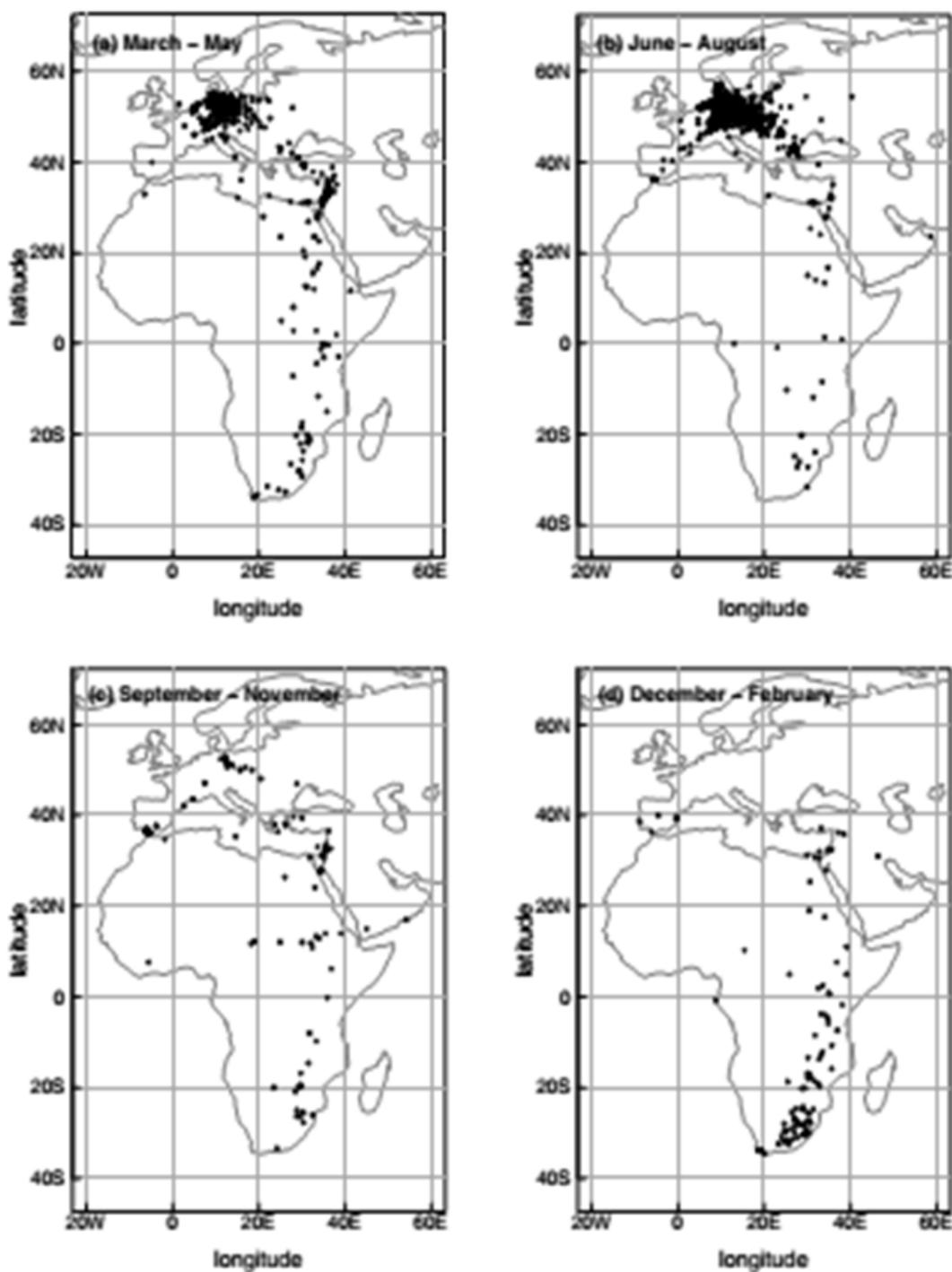


FIGURE 2.6 – Voies de migration de la cigogne blanche *Ciconia ciconia* entre 1964-2006 (Obtenues à partir de bagues récupérées des individus migrateurs entre 1964-2006 (Olzscha et Blasius, 2008).)

2.4.1 Période de migration

La migration s'effectue chaque année entre la fin de juillet et la deuxième décennie d'août, où les cigognes quittent leurs lieux de reproduction et se rendent en Afrique pour y passer l'hiver (Isenmann et Moali, 2000 ; Berthold et al., 2001 ; Van Den Bosshe et al., 2002). La population de la cigogne blanche migre chaque année de leurs sites de reproduction en Europe vers leurs quartiers d'hiver en Afrique, entre la fin du juillet et la deuxième décennie d'août (Isenmann et Moali, 2000 ; Berthold et al., 2001 ; 2006). Cependant, Metzmacher (1979), Duquet (1990) et Skov (1991) signalent que quelques individus s'attardent jusqu'à mi-octobre. Skov (1991), signale encore qu'il y a des cas très rares de cigognes qui ne migrent pas et passent l'hiver sur leurs lieux de reproduction et supportent même des températures extrêmes (-25° c) au Danemark (*in* Boukhtache, 2009).

2.4.2 Voies de migration

Les populations de la cigogne blanche suivent deux différentes voies de migration, le premier par le détroit de Gibraltar, qui prend naissance de la population d'Ouest d'Europe vers l'Ouest d'Afrique dans la zone sahélienne (Sénégal, Mali, Niger, Nigeria etc. . .), alors que les populations d'Europe de l'est (et partiellement de l'Asie) prennent la voie de Bosphore vers les pays d'Est où le Sud-est d'Afrique en contournant la Méditerranée par Palestine jusqu'au Kenya et arrive même à l'Afrique du sud (Berthold et al., 2001 ; Van Den Bosshe et al., 2002). (Fig. 2.5).

Kasperek et Kiliç (1989) ont référé à deux vagues majeures de migration de la cigogne blanche, le premier pic durant la troisième semaine du mars, le deuxième pic durant la troisième semaine d'avril-début du mai et un troisième pic a été enregistré durant le mi-mai (Arslangündoğdu et al., 2013). Le départ des lieux de reproduction vers les aires d'hivernage en Maroc et en Algérie au début d'août, époque semblable à celle observée en Europe centrale (Heim De Balsac et Mayaud, 1962). La migration des cigognes d'Algérie semble se faire sur un large front à travers le Sahara, bien qu'il se dégage une voie privilégiée empruntant l'est de l'Algérie par El Goléa, Ain Salah, Arak et Tamanrasset pour rejoindre le Sahel (Isenmann et Moali, 2000).

Les femelles de la cigogne blanche *Ciconia ciconia* migrent loin de leur site natal que les mâles (Chernetsov et al., 2006). Pour la première migration, les jeunes cigognes inexpérimentés (sans l'aide des adultes) comptent sur un mécanisme d'orientation primaire héréditaire pour trouver leur quartier d'hiver (Chernetsov et al., 2004). Les couples résidents de la cigogne blanche se reproduisent plus tôt que les couples migrants, ainsi, la grandeur de

ponde des couples résidents est significativement supérieure par rapport à celle des couples migrateurs (Massemin-Challet et al., 2006). Les conditions climatiques comme la température, la pluviosité, la direction et la vitesse du vent affectent le paterne de la migration. Liechti et al. (1996) ont observé que les cigognes blanches volent généralement à basse altitude dans le matin et à plus haut altitude là où les courants d'air chauds (*in* Arslangündoğdu et al., 2013). En raison du risque élevé de mortalité, il est peu probable que des cigognes survivent traversant la Méditerranée de l'Italie à la Tunisie et peuvent retourner par la même voie au printemps (Van den Bosshe et al., 2002).

2.4.3 Vitesse de migration

En automne, la cigogne blanche migre avec une vitesse significativement supérieure et à une courte durée de migration (10,0 km/h), la vitesse moyenne de migration par jour en Europe est un peu lente (de l'ordre de 8,0 km/h) par rapport au Moyen-Orient (de l'ordre de 11,1 km/h) et dans l'Afrique (de l'ordre de 11,0 km/h). Durant le printemps, la vitesse moyenne de migration par jour est significativement supérieure quand les oiseaux quittent leur quartier d'hivernage en Afrique (de l'ordre de 10,5 km/h) que dans Le Moyen-Orient (de l'ordre de 4,3 km/h). Puis la vitesse augmente en Europe (de l'ordre de 6,5 km/h) où les oiseaux rapprochent de leurs sites de reproduction. Les vents arrière (à 850 mb) et la latitude sont des variables relatifs à la vitesse de migration journalière (Shamoun-Baranes et al., 2003).

2.5 Hivernage

2.5.1 Hivernage en Afrique

La Cigogne blanche n'a pas de quartiers d'hivernage bien définis, la majorité des cigognes migrantes vers l'Afrique via les voies de migration de l'est hivernent dans les zones nord-est et est de l'Afrique, du Soudan au Chad vers Kenya et Tanzanie, une autre partie de la population dirige loin vers le sud suivant la vallée du Rift vers Zambie, Zimbabwe, Botswana, la République d'Afrique du sud et rarement dans Namibie (Van Den Bossh et al., 2002 ; Brouwer et al., 2003). Les Cigognes blanches semblent revenir à la même zone que dans l'automne précédent avec une influence de l'âge, du sexe, du timing et d'éventuelle emplacement de l'aire de reproduction sur son répartition dans l'aire d'hivernage (Van Den Bossh et al., 2002).

Les cigognes blanches algériennes, par exemple, semblent hiverner de la région du fleuve Niger à la République Centre Africaine, quoique des exemplaires bagués aient aussi été repris au République du Congo et en Ouganda (Heim De Balsac et Mayaud, 1962).

2.5.2 Sédentarité de la cigogne blanche

Plusieurs études de ce phénomène récemment observé en Europe ont été réalisées au Sud de l'Espagne à partir des années 1990 et ont montré une augmentation des individus hivernants se nourrissant dans les ordures ménagères au lieu de se déplacer à leurs quartiers d'hivernage traditionnels en Afrique. Ceci pourrait épargner aux oiseaux le danger associé à la migration (Tortosa et al. 1995 ; Van Den Bossch et al., 2002 ; Aguirre, 2006). Ce phénomène de sédentarité de la Cigogne blanche a également été signalé à l'Est de l'Algérie (Samraoui, 1998 ; 2002), dans la région des hautes plaines sétifiennes (Djerdali, 2010) et dans plusieurs régions du pays (Kherfi, 2008).

2.6 Estivage

Les adultes reproducteurs migrent vers leurs sites de nidification avant le début de l'été européen, mais la plupart des cigognes ne commencent à se reproduire pour la première fois qu'après 3 ou 4 ans (Cramp et Simmons, 1977). Cela implique que pendant la première et la deuxième année les non reproducteurs ont différentes options où passer l'été. Les jeunes cigognes pourraient rester sur les zones d'hivernage où de passer vers de nouveaux sites avec de bonnes conditions alimentaires en Afrique et ainsi, rester au sud du rang de reproduction de l'espèce (Cramp et Simmons 1977). Donc, Il est difficile de donner une définition claire de la période d'estivage de la cigogne blanche et ainsi la distinction entre les individus reproducteurs et les non reproducteurs. Libbert (1954) et Schmidt (1987) on définit l'estivage par la période qui s'étale entre le début d'Avril et la mi-Août. Pour les populations de l'est, Van den Bosshe et al. (2002) considèrent seulement la période entre Juin et le mi-juillet.

2.6.1 Comportement des non-reproducteurs

Les non reproducteurs sont la fraction du groupe des individus qui sont présents dans l'air de reproduction durant la période de reproduction, mais ne présente aucun signe de comportement reproductif, dans le cas de certaines espèces y compris la cigogne blanche cette période est appelée «estivage » (Van den Bossche, 2002 ; Antczak et Dolata, 2006).

Du point de vue comportemental, les non-reproducteurs doivent être facilement reconnaissables par leurs comportements, puisqu'ils n'occupent pas des nids, fourragent dans des petits groupes (mais parfois avec les reproducteurs de nids voisins, Dolata données inédites *in* Antczak et Dolata, 2006) et perchent à grande distance pendant la nuit tandis que les adultes reproducteurs passent la nuit à proximité des nids (Antczak et Dolata, 2006). Les jeunes cigognes commencent leur migration du printemps quelques semaines à un mois après les adultes depuis la mi-mars (Van den Bossche, 2002). La migration d'automne a été classée comme la période de la troisième semaine d'août, et les dernières cigognes ont été enregistrées le début de septembre (Antczak et Dolata, 2006).

2.7 Biologie de reproduction

2.7.1 Budget temps et utilisation d'habitat

Avant l'éclosion, le budget temps de la cigogne blanche est divisé en 4 activités essentielles, la proportion se différencie respectivement selon l'absence et la présence d'une source d'alimentation supplémentaire respectivement : (Fourrager : 51 % - 68 %), (Vol : 25 % - 12 %), (Repos : 12 % - 10 %) et la dernière (12 % - 10 %) reste indéterminé (Moritzi et al., 2001). Durant les premiers 20 jours après l'éclosion, le nid est gardé par un ou deux parents. Pendant la classe d'âge 21-40 jours, le nid est quelque fois laissé seul mais généralement gardé au moins par un parent, les poussins âgés de plus de 40 jours, sont laissés seuls durant une période longue significative (Moritzi et al., 2001).

2.7.2 Construction du nid

Plusieurs animaux construisent certaine structure pour protéger et élever leurs progénitures durant la reproduction laquelle sont habituellement appelés nids (Hansell, 2005). Il y a une énorme variabilité entre les espèces dans la façon dont les nids sont construits et entretenus ainsi que dans les caractéristiques des nids, tels que la taille, la forme, la composition où l'emplacement. Même parmi les espèces, la variabilité des caractéristiques des nids est remarquable, ce qui renforce l'idée que les caractéristiques dépendent fortement sur le comportement individuel et la capacité des constructeurs (Collias et Victoria, 1978; Collias, 1986). La taille et le type de nids sont reliés à la masse corporelle de l'oiseau et à la grandeur de ponte (Slagsvold, 1982 *in* Soler et al., 2001).

La relation entre la date d'arrivée et la productivité est répétée durant les années, qui suggère que les premiers arrivistes ont toujours profitables, c.à.d. les individus de bons conditions morphologiques arrivent tôt et réoccupent les nids dans des meilleurs territoires (Tryjanowski et Sparks, 2008).

Les nids de la cigogne blanche abritent une multitude de petits arthropodes, en particulier au cours des mois les plus chauds qui suivent l'arrivée des oiseaux sur leurs aires de reproduction. En particulier, des acariens qui se dispersent par les coléoptères coprophages, notamment de la famille des '*Scarabaeidae*', ou sur du fumier apporté lors de la construction du nid (Mammeria et al., 2014).

2.7.3 Choix de couple

La cigogne blanche *Ciconia ciconia*, est une espèce monogame, néanmoins la polyandrie avait été notée occasionnellement pour cette espèce, le même couple se reproduit ensemble pendant plusieurs saisons dans le même nid, généralement c'est le mâle qui arrive le premier au site de reproduction, donc c'est lui le responsable de choisir son couple soit c'est celle de la saison précédente où pas (Forstmeier, 2002). Pendant leurs quatre premières années, les jeunes cigognes performant quelques comportements sexuels et de parade nuptial même s'elles ne peuvent pas se reproduire (Hall et al., 1986 *in* Göcek, 2006).

La territorialité joue un rôle très important dans la formation de couple de la cigogne blanche, elle combatte agressivement pour la possession de son nid, une fois elle l'a eu, forme une forte liaison avec le nid qu'avec le conjoint (Schüz, 1938 *in* Göcek, 2006). S'il y a eu un changement de couple, la cigogne blanche ne choisit pas le nouveau couple ni à base d'âge ni à base d'expérience (Barbraud et Barbraud, 1999).

2.7.4 Ponte et incubation

Les jeunes de la cigogne blanche atteignent leur maturité sexuelle, généralement, après 3 à 4 ans (rang 2-7 ans) (Barbraud et al., 1999), selon Schüz (1936), les cigognes âgées de 3 ans se reproduisent souvent, mais avec un succès reproductif faible par rapport aux adultes âgés mieux expérimentés (parfois nul) (Göcek, 2006). L'œuf est variable en forme, généralement de couleur blanche crayeux (Cramp et Simmons, 1977), la cigogne blanche a un seul couvée chaque année et le remplacement de couvée est rare (Haas, 1936 *in* Göcek, 2006). Après l'éclosion, les restes des coquilles sont débarrassés loin du nid (Howe, 1976).

La période d'incubation est l'intervalle entre la ponte du premier œuf et l'éclosion de l'ensemble de la couvée. Pour la cigogne blanche, la période d'incubation est fixée d'une durée de 33-34 jour, les deux sexes participent dans l'incubation. La femelle parfois ponte des œufs infertiles dû à son immaturité et les incubent ensemble avec les œufs fertiles (Haverschmidt, 1949). La durée moyenne de la ponte est de 1 à 4 jours (Haverschmidt, 1949) où un œuf chaque 24 hrs, en conséquence, l'éclosion des poussins est asynchrone.

2.7.5 Suivi après l'éclosion

La cigogne blanche a un type de développement nidicole (Skutch, 1976 *in* Göcek, 2006) avec des poussins vulnérables incapables d'assurer leurs thermorégulation, dépendant complètement de leurs parents pour l'abri et l'alimentation, restés au nid entre 8 à 10 semaines de croissance et développement (Tortosa et Castro, 2003).

Les deux parents participent à l'alimentation des poussins par des régurgitas jetés sur la plateforme du nid jusqu'au l'envol après 8-10 semaines (Haverschmidt, 1949). Avant l'âge de 20 jours, les poussins de la cigogne blanche sont très sensibles au changement climatique dues à leurs incapacité de la thermorégulation (Jovani et Tella, 2004), la majorité de la mortalité des poussins se concentre durant cette classe d'âge. Les poussins ont besoin d'être alimentés chaque une heure jusqu'au 10^{ème} jour, et chaque deux heures jusqu'au 15^{ème} jour, et par la suite, moins fréquemment (Göcek, 2006). Un adulte es toujours en position de garde à coté de nid, protège les poussins contre le soleil et la pluie avec son ombre (Göcek, 2006).

2.7.6 Développement des poussins

A l'éclosion, les poussins de la cigogne blanche sont couverts avec des plumes blanches. Au 7^{ème} jour, une deuxième couche dense des plumes apparus, blanche et laineuse, le bec est noir, les yeux gris et le tarse et les pattes sont jaunes grisâtres (Cramp et Simmons, 1977). Après la troisième semaine, un scapulaire noir et les rémiges primaires ont apparu et l'oisillon est complètement couvert par les plumes après la 7^{ème} semaine. Les oisillons commencent des battements d'ailes a partir de la deuxième semaine, et capables de positionner en debout au 22^{ème} jour, les poussins sont couvés presque continuellement avant le 10^{ème} jour. Après, seulement si y a une nécessité. Après la 7^{ème} semaine, les poussins sont laissé seul au nid (Brown et al., 1982 *in* Göcek, 2006).

2.8 Ecologie trophique

La limitation d'alimentation est un facteur qui influence les traits d'histoire de vie des individus, la taille de population et la structure de la communauté (par l'effet de la compétition) pour toute les espèces animales (Martin, 1987), y compri la cigogne blanche *Ciconia ciconia* (Tryjanowski et al., 2005). Par conséquence la disponibilité alimentaire et son approvisionnement est un facteur clé pour la régulation de la survie, la taille et les conditions des populations de la cigogne (Mrugasiewicz, 1972 *in* Kosicki et al., 2006).

2.8.1 Milieux d'alimentation

La cigogne blanche est une espèce grégaire, se reproduit parfois en couples isolés et s'alimente dans des petits groupes et nidifiés aussi dans des colonies (Cramp et Simmons, 1977 ; Haverschmidt, 1949). Souvent, l'espèce partage son air de gagnage avec le héron gard-beuf *Bubulcus ibis* et même certains localités de nidification comme l'Eucalyptus, le Cyprès, le Pin, le Platane et les résineux (Boukhemza, 2000 ; Si Bachir et al., 2008). La Cigogne blanche, fréquente actuellement une large gamme de milieux : marais, labours, friches, prairies. Généralement, dans les zones d'agricultures, la cigogne blanche préfère a fourrager dans les praires pauvre en couverture végétales (Johst et al., 2001).

Les décharges publiques présentent une ressource trophique supplémentaire prédictible pour un large rang des oiseaux (Mendelsohn et Yom-Tov, 1999 *in* Peris, 2003). En Espagne, l'utilisation des décharges publiques constitue une nouvelle source humaine de gagnage pour la Cigogne blanche a été noté par Blanco (1996), Garrido et Fernández-Cruz (2003), Peris (2003). En Algérie, ce phénomène a été également noté par Boukhemza (2000) et Sbiki (2008). Néanmoins, la décharge publique contient non seulement des ressources trophiques mais aussi des éléments non profitable comme le plastique, les câbles, nylon ... etc, les quelles -en cas d'ingestion- peuvent être un danger potentielle pour les deux sexes adultes et pour les poussins (Garrido et Sarasa, 1999 *in* Peris, 2003).

2.8.2 Technique d'alimentation

D'après Caraco et al (1980), vivre en groupe est un comportement adaptatif adopté par les animaux coloniaux, parmi les plusieurs hypothèses qui ont enquêté cette idée ; celle qui affirme que fourrager en groupe réduit le risque de la prédation et aussi celle de « plusieurs yeux » dans le groupe permet aux individus de passer moins d'effort à la vigilance et par conséquence augmente le temps alloué à l'alimentation (Beauchamp, 1990). Fourra-

ger en groupe chez les oiseaux peut être bénéfique en termes de taux moyen d'alimentation prise par l'individu (TMAP) (Beauchamp, 1990). La vigilance dans le groupe est affectée par trois facteurs tels que la prédation, la compétition par interférence et le parasitisme intra-spécifique, en outre l'effet de la taille du groupe sur la vigilance varie selon les combinaisons de ces facteurs précédents (Barbosa, 2002 *in* Beauchamp, 1990).

2.8.3 Régime alimentaire

La cigogne blanche est une espèce opportuniste s'alimente de tout ce qui est disponible dans son milieu, son régime est complètement animale (Peris, 2003), elle récolte une grande variété des proies y compris : insectes (coléoptères et orthoptères), reptiles, petits mammifères, grenouilles, mollusques, crustacés, poissons, vers de terre et même des petit oiseaux (Etchecopar et Hüe, 1964 *in* Boukhatach, 2009 ; Tryjanowski et al., 2002 ; Boukhemza et al., 2006). Durant les saisons sèches ; la cigogne blanche change son régime d'alimentation des poissons et grenouilles vers les rongeurs (Göcek, 2006).

Les groupes les plus fréquents sont les Coléoptères aquatiques (*Dytiscidae*) et terrestre (*Carabidae*, *Scarabaeidae*, *Curculionidae*), en raison de long développement ontogénétique des orthoptères, ils deviennent la nourriture de la cigogne durant la mi-juin (Boukhemza et al., 1997 ; Tsachalidis, 2002 ; Vrezec, 2009). Les invertébrés dans le régime alimentaire de la cigogne sont les vers de terre (*Lumbricidae*), ils sont la principale composante alimentaire juste après l'arrivée d'hivernage (Vrezec, 2009).

En Algérie, la Cigogne blanche consomme un large éventail de proies, tant d'invertébrées que de vertébrées. En hiver, elle fréquente sur tout les mares temporaires et les prairies, ces milieux offrent en cette saison une abondante faune d'insectes et de batraciens (Fellag, 2006). Bien que plutôt pauvres en hiver, les cultures basses et les vergers offrent toutefois une petite faune utilisable par la Cigogne blanche (Fellag, 2006 ; Boukhemza et al., 2006).

Une investigation menée dans la région de Batna a révélé que le régime alimentaire de la cigogne blanche hors période de reproduction, ce sont les Orthoptères qui dominent avec (67,14 %) suivis par les Coléoptères (27,29 %) et les Dermaptères (4,89 %), et durant la période reproductrice, est composé principalement des Orthoptères et des Coléoptères avec un pourcentage de 50,75 % et 40,84 % respectivement, les Dermaptères et les Hyménoptères sont présents avec un faible pourcentage 6,95 % et 0,49 % respectivement (Boukhtache et Si Bachir, 2010).

2.8.4 Recherche de la nourriture

Le temps consacré à la recherche de la nourriture constitue au moyen 59 % de l'activité de la Cigogne blanche dépendant ainsi du type de l'habitat et de la saisonnalité (Pinowski et al., 1986 *in* Boukhatache, 2009 ; Moritzi et al., 2001), elle peut atteindre jusqu'à 14 km à la recherche de la nourriture, avec un rayon de 5 km loin du nid (Moritzi et al., 2001).

Dans les zones humides et pendant le début de la saison de reproduction, la Cigogne blanche est dépendante à l'abondance de certaines grenouilles (*Rana arvalis*), elle l'a localisé en écoutant à leurs cris de parade nuptiale (Igaune et al., 2008).

2.8.5 Capture et digestion des proies

La cigogne blanche chasse en position courbée, le cou sinueux et le bec abaissé, elle avance lentement, le regard attentif, piquant de côté et d'autre et relevant la tête après chaque capture pour avaler avec secousse (Geroudet, 1978 *in* Boukhatache, 2009).

Les sucs gastriques des cigognes sont très actifs et peuvent dissoudre complètement les os des proies (entre 95,3 % et 100 %) selon la taxa ingérée, les coléoptères ingérés à 70,3 % tandis que, les poissons, les amphibiens, les invertébrés et les verres de terre son ingérés complètement (Rosin et Kwiecinski, 2011). Les matières non digérées : poils, os, élytres et cuticules sclérotinisées sont régurgités sous la forme de pelotes de réjection (Bang et Dahlstrom, 2006 *in* Boukhatache, 2009).

2.8.6 L'alimentation intra-nid

La grandeur de ponte de la cigogne blanche varie en 1 et 7 avec une moyenne de 4 œufs par nid, et le nombre des poussins qui quittent leurs nid varient entre 1 et 4 (Cramp et Simmons, 1977). Les poussins sont nourrit par les deux parents jusqu'à l'envol (âge entre 50-65 jrs), et sont initialement nourrit avec des invertébrés tels que des verres de terre, des orthoptères et des coléoptères (Barbraud et Barbraud, 1997 ; Djerdali et al., 2008a). Des larves d'amphibiens, des petits lézards et des petits mammifères son progressivement inclus dans le régime alimentaire des poussins (Barbraud et Barbraud, 1997 ; Tortosa et al., 1992). Le parent distribue l'alimentation par régurgitation sur la plateforme du nid et puis les poussins vont regroupé autour de son bec. Par conséquence, la distribution d'alimentation est une forme de « compétition par interférence » reliée à la différence entre les poussins en terme de capacité de manger plus vite, en outre, les parents ne présentent aucune préférence claire entre les poussins pendant le nourrissage (Kahl, 1972). Les juvéniles (moins de 4 semaines

d'âge) sont nourris par leurs parents 7 à 9 fois par jour, le taux de nourrissage est influencé par la disponibilité alimentaire, l'âge et le nombre des poussins élevés (Barbraud et al., 2002 ; Boukhatache, 2009). Les parents de la Cigogne Blanche contrôle la distribution d'alimentation par sélectionner la taille des proies, car les poussins sénior sont capables d'ingérer des grandes proies (Djerdali et al., 2008b), il est suggéré que cela est le processus adopté par les parents infanticides pour éliminer le surplus des poussins (Zielinski, 2002).

2.9 Menaces et facteurs de déclin

TABLEAU 2.3 – Nombre et cause de mortalité de la Cigogne blanche trouvé en Europe. (Kaatz et al., 1999).

	Lignes électriques	Prédateurs	Mort sur la route	Blessures	Mauvaises conditions
1995	1	0	0	0	0
1996	0	0	0	4	12
1997	8	2	21	4	23
1998	1	0	0	6	2
1999	0	0	0	0	0
Total	10	2	21	14	37

De 1995 à 1999, Michael Kaatz et ses collègues ont suivi des cigognes marquées sur leurs routes de migration durant l'automne et le printemps. Au cours de ces expéditions, ils enregistrent des informations sur la cause probable de la mort de 84 cigognes (Van Den Bosshe et al., 2002) (Tab. 2.3).

Le déclin de la population mondial de la cigogne blanche *Ciconia ciconia* durant la dernière décennie a été associé avec l'augmentation des nombres d'accidents, la majorité du a l'impact anthropogénique comme les pesticides, la chasse, l'urbanisme (Berthold, 2006) et les réseaux électriques (Balmori, 2005 ; 2009) et des facteurs naturelles causés principalement par des maladies infectieuses (Kaleta et Kummerfeld, 1983).

La chasse

La chasse était identifiée comme le principal impact négatif durant la migration et dans les quartiers d'hiver (Schulz, 1995). L'espèce est chassée pour être mangée ou comme un sport (Del Hoyo et al., 1992), surtout pendant la migration (Hancock et al., 1992 *in* Martin et Shaw, 2010) et dans leurs quartiers d'hiver (Goriup et Schulz, 1990).

Électrocution

La mortalité des oiseaux par électrocution sur les pylônes électriques où par collision avec des lignes à haute tension aérienne est considérée comme un problème de la conservation pour quelques espèces d'oiseaux avec un moyen de mortalité estimé de 4,5 oiseaux par 100 pylônes où 53,8 % sont des oiseaux diurnes (Janass et Ferrer, 2001). La cigogne blanche est également menacée par ce danger, notamment lors d'utilisation des décharges publiques comme lieu de fourrage (Garrido et Fernandez, 2003). Garrido et Fernandez (2003) ont trouvé que 1 % de la population migratrice est mortes par électrocution durant la phase postreproductrice et 7 % durant la pré-reproduction et la saison d'hivernage.

Champs électromagnétiques

La cigogne blanche *Ciconia ciconia* colonise des environnements urbains, où la contamination électromagnétique est élevée, le champ électromagnétique et les microondes produites par les réseaux de téléphonie mobile affecte aussi la cigogne blanche sur différentes stages reproductifs : la construction des nids, le nombre des œufs, développement embryonnaire, taux d'éclosion et sur la mortalité des poussins dans leur première classe d'âge, les nids qui existent dans un radiant de 200 mètres sont les plus touchés (Balmori, 2005).

La perte d'habitat

La cigogne blanche est menacée par le manque des sites de nidification dans quelques régions (del Hoyo et al., 1992 *in* Berthold et al., 2002), par exemple les plafonds des nouveaux bâtiments ne supportent pas les nids et la structure des nids sur les pylônes sont fréquemment détruits durant les travaux de maintenance (Goriup et Schulz, 1990 *in* Van Den Bosshe et al., 2002). Altération des conditions d'habitats dans les zones de reproduction est la principale cause de déclin des populations de la cigogne blanche (Berthold et al., 2002) y compris le drainage des prairies humides et la dégradation des zones humides utilisées pour repos et thermorégulation (Brouwer et al., 2003).

Le changement des conditions d'hivernage

Durant l'hivernage en Afrique, le changement de certaines conditions tel que les conditions d'alimentation dû à la sécheresse, désertification et le contrôle des populations des locustes par les insecticides sont à l'origine d'une augmentation du taux de mortalité chez la cigogne blanche (Van Den Bosshe et al., 2002).

La pollution et l'utilisation des pesticides

L'espèce souffert aussi des résultants d'utilisation exhaustive des pesticides (ex en Afrique) (Schuz, 1995 *in* Gerkmann et Riede, 2002) par s'alimenter à des proies empoisonnés utilisés pour capturer des grandes carnivores (del Hoyo et al., 1992) ou par pulvérisation aérienne des pesticides dans les lieux d'alimentation de la cigogne (Gerkmann et Riede, 2002). La pollution par des métaux lourds (eg. Mercure Hg_{200}) a été enregistrée en Grèce, se concentre généralement dans les plumes des poussins (Goutner et al., 2010), la source naturelle de **Hg** dans la méditerranée est l'émission volcanique, cependant la source anthropogénique sont les combustibles fossiles, la torréfaction et la fonte de minerais, l'industrie du ciment, l'incinération des déchets et la production de certains produits chimiques. L'alimentation dans les décharges publiques augmente aussi le risque de la contamination par d'autres métaux lourds (Cd_{112} , Pb_{207} et As_{74}) et par des composés organochlorés tel que Polychlorinated biphenyls (PCB) et Di (para-chloro-phenyl)-trichloroethane (DDT) (Smits et al., 2005).

Maladies infectieuses

La Cigogne blanche est une espèce migratrice de longue distance (entre l'Europe et l'Afrique), selon les conditions climatiques, elle peut se reposer pendant la migration à proximité des installations de la volaille et peut se mélanger avec les oiseaux vivant en liberté. Par conséquent, les cigognes peuvent représenter un lien épidémiologique pour la transmission d'agents infectieux qui sont présents dans les pays africains et européens (Kaleta et Kummerfeld, 2012). La pneumonie fongique joue un rôle majeur dans la perte de poussins de cigognes blanches d'âge moins de trois semaines et représente une menace majeure pour l'espèce (Olias et al., 2010). Keymar (1975) a listé l'infection par : staphylocoque, pasteurellose, erysipelase, tuberculose, streptocoque et salmonellose comme infections bactériennes de la cigogne, et il a mentionné la variole et la maladie de Newcastle et vecteur de virus du ouest du Nile, les fientes de la cigogne peuvent contenir des agents infectieux qui peuvent menacer la productivité de la volaille domestique et la santé des espèces aviaires endémiques (Kaleta et Kummerfeld, 2012).

Chapitre 3

MATÉRIEL ET MÉTHODES

« Ce sont les méthodes qu'on utilise qui déterminent la valeur d'une cause. »

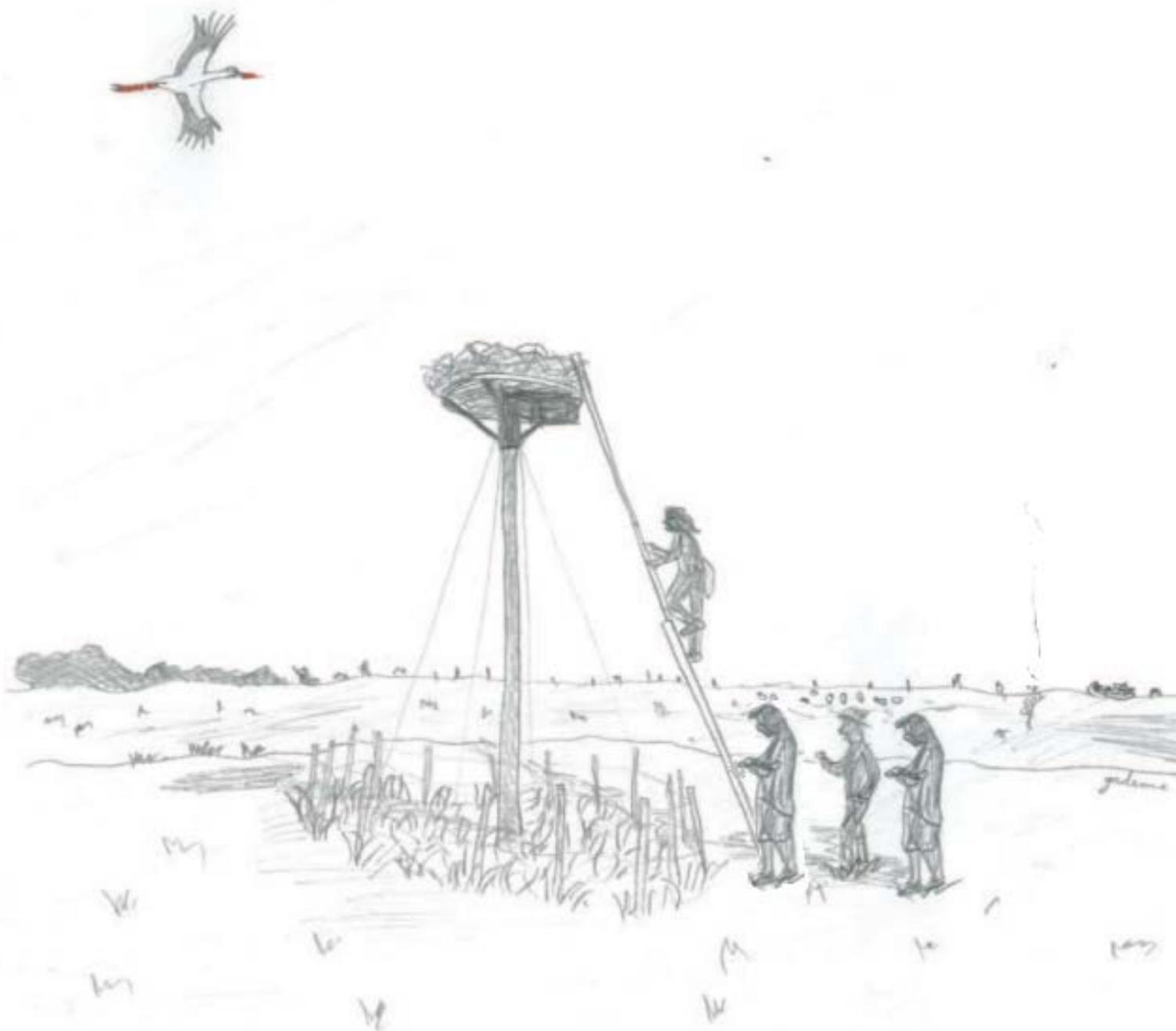
Michel Houellebecq / Le Point, 12

février 2015

Sommaire

3.1 Cadre général sur la zone d'étude	35
3.1.1 Éléments de Géomorphologie	36
3.1.2 Réseau hydrographique	37
3.2 Diversité biologique	38
3.2.1 La formation floristique	38
3.2.2 La formation faunistiques	39
3.3 Le site d'étude (Dréan)	40
3.3.1 Situation géographique et administrative	40
3.3.2 Délimitation et structure de la colonie de Dréan	42
3.4 Caractéristiques climatiques	44
3.4.1 Température	44
3.4.2 Les vents	44
3.4.3 Précipitation	45
3.4.4 Humidité relative de l'air	45
3.4.5 Synthèse climatique	49
3.5 Méthodologie générale	52
3.5.1 Suivi d'occupation	52
3.5.2 Suivi des nids	52

3.5.3 Suivi des poussins	53
3.6 Les paramètres de reproduction	57
3.7 Traitement statistiques	57
3.7.1 La phénologie de reproduction	57
3.7.2 La croissance des poussins	58



3.1 Cadre général sur la zone d'étude

LA région, dans laquelle se situent les unités étudiées, appartient au Tell nord-oriental (De Bélair, 1990). Elle est réputée pour ses zones humides qui sont réparties en deux grands complexes séparés par l'oued Seybouse : la Numidie orientale composée des complexes d'Annaba et d'Elkala et la Numidie occidentale par le complexe de Guerbes-Senhadja (Samraoui et De Bélair, 1997).

La Numidie algérienne et particulièrement les plaines sublittorales où sont concentrés les ripisylves et les forêts marécageuses les plus importantes se situent à l'extrême Nord-est de l'Algérie entre les longitudes 7° 08' et 8° 37' Est et la latitude 36° 43' et 37° 7' Nord (De Bélair 1995 *in* Belouahem et al., 2009). La Numidie forme une unité biogéographique précise, développée en croissant autour du Djebel Edough (Sommet : 1 008 m) à l'Ouest d'Annaba (Fig. 3.1). Elle est délimitée au Nord par la Méditerranée, au Sud par un ensemble de collines d'altitude moyenne (massifs de la Medjerda et de Guelma), n'excédant pas les 1 200 m (djebel Ghorra, à la frontière Tunisienne), à l'Est par la frontière Algéro-Tunisienne, correspondant au « rebroussement » de l'Atlas tellien vers la mer (Joleaud, 1936 *in* De Bélair, 2005) et à l'Ouest par le massif de Filfila (De Bélair, 2005).

Les zones humides de la Numidie orientale occupent une superficie de 156 000 ha et constituent le complexe humide le plus diversifié de l'Algérie. Elles sont constituées principalement de :

- Deux marais, le marais de la Mekhada (10 000 ha) et le marais de Bourdim (25ha).
- Un lac endoréique ouvert, le lac Oubeira (2 600 ha).
- Un lac exoréique assimilable à un écosystème palustre, le lac Tonga (2 400 ha).
- Une lagune, le lac Mellah (873 ha).
- Trois petits lacs, le lac des oiseaux (70 ha), le lac noir qui est complètement disparu et le lac Bleu (2 ha) (Samraoui et De Bélair, 1998).

Chacune de ces sites présente des particularités de profondeur, de salinité et de couverture végétale très distincts et très caractéristiques (De Bélair 1990; Samraoui et de Bélair, 1998). Cependant, grâce à cette diversité des écosystèmes marins, lacustre et forestières qui renferme une richesse faunistique et floristique élevée, une superficie de 76 438 ha de cette région jouit d'une protection légale (décrit, N° 83458) et ce depuis le 23 juillet 1983 sous le nom de parc national d'El Kala (PNEK) (Belouahem et al., 2009).



FIGURE 3.1 – Situation de la Numidie orientale (Google Earth 2013)

3.1.1 Éléments de Géomorphologie

La diversité morphologique résulte du recoupement de deux séries de facteurs structuraux : lithologiques (Présence d'un relief d'érosion différentielle couches dures / couches tendres : grès et argiles) et tectoniques avec interférence de deux phases prédominantes : Biodiversité Floristique et vulnérabilité des Aulnaies Glutineuses de la Numidie Algérienne (N.E Algérien). (Marre, 1992 *in* Belouahem, 2009 ; De Belair, 1995).

- Aux grands mouvements du tertiaire (phases alpines) sont à rattacher les mouvements majeurs responsables des alignements E-W (chaîne numidique).
- Au quaternaire des mouvements traverses principalement S-N et SE-NW ont mis en place une série de dômes et de cuvettes.

Cette tectonique s'est prolongée jusqu'à la période actuelle. Ces phénomènes tectoniques sont à l'origine d'un « compartimentage » du relief de la Numidie. Si, à l'Ouest et au centre, nous pouvons reconnaître une grande unité étalée en arc de cercle autour du massif de l'Edough (sommet 1 008 m) comprenant la plaine de Guerbes-Senhadja, le lac Fetzara et la plaine d'Annaba, il en va différemment pour l'Est.

En effet, la zone de Annaba-El Taraf se décompose en une juxtaposition de dépressions, de massifs de hauteurs modestes et différentes, des collines de formes variées, des vallées, des terrasses et des alignements de crêtes généralement couverts par une végétation dense.

Ainsi, d'Ouest en Est, se succède une série de petites plaines : Bouteldja, El Taraf, Ain El Assel, Oum Teboul et des cuvettes lacustres : lac Melah, lac Oubeira et lac Tonga.

De plus, deux massifs dunaires : l'un à l'Est et l'autre à l'Ouest de l'Edough et s'étirant en cordon plus ou moins large gênant l'écoulement des eaux vers la mer, d'où stagnation à l'origine de nombreux sites humides ou de marais d'eau saumâtre ; exemple la Mekhada (Marre, 1992 *in* Belouahem, 2009 ; De Belair, 1995).

3.1.2 Réseau hydrographique

Le point de vue hydrologique étant prédominant, on distingue trois systèmes hydrologiques en première approche (De Belair, 1995) :

Un système d'Oueds

Dans cette partie, il est pris en considération tous les habitats humides ou temporairement inondés appartenant aux bassins-versants, en amont comme en aval de leur réseau hydrologique, relève du système d'Oueds. Quatre oueds jouent un rôle prépondérant dans la région. Ce sont : à l'Ouest de la Numidie, l'Oued El Kebir Ouest, au centre, les oueds Seybouse et Bounamoussa et à l'Est l'Oued El Kebir Est (De Bélair, 2005 ; Samraoui et De Bélair, 1998).

Un Système Lacustre

Quatre grands lacs peuvent être traités à part dans la mesure où le compartimentage de la Numidie algérienne isole des bassins dont le fonctionnement hydrologique est relativement autonome. Ce sont d'Ouest en Est : le lac Fetzara (14 500 ha), le lac Melah (lagune de 800 ha aux affluents riches en sites d'eau douce), le lac Oubeira (2200 ha) et le lac Tonga (2400 ha) (De Bélair, 2005 ; Samraoui et De Bélair, 1998).

Un Système Dunaire

À l'Ouest comme à l'Est de l'Edough, les dunes de par leur capacité de stockage des eaux, génèrent un ensemble de zones humides à fonctionnement hydrique quasiment autonome. Ce qui favorise la création de peuplements forestiers humides (aulnaies, frênaies, ormaies, saussaies pures ou en mélange) dans les dépressions intra et inter dunaires et des ripisylves le long des cours d'eau (châaba, rivières) (De Bélair, 2005 ; Samraoui et De Bélair, 1998).

3.2 Diversité biologique

3.2.1 La formation floristique

La région d'El-Tarf constitue un milieu naturel remarquable, pour sa biodiversité exceptionnelle en Algérie et dans le bassin méditerranéen. C'est un milieu qui s'avère être le plus fragilisé. Son complexe lacustre subit depuis des années une pression environnementale croissante. Ces berges sont surpâturées et labourées à la fois ce qui affecte certainement la composition floristique de ces pâturages. Végétation, des espèces naturelles fourragères et facteurs abiotiques, sol physicochimique, ont été évalués dans 66 stations réparties sur les trois lacs, à différents niveaux de la limite d'eau des lacs. 25 espèces natives fourragères ont été recensées : graminées 48 %, trifolium 20 %, médicago 16 % et 16 % autres espèces fourragères. Faces aux différentes contraintes d'adaptations, 3 groupes d'espèces se sont formés partageant les mêmes fonctionnements. Ces groupes fonctionnels occupent une large gamme d'habitat (Slimani, 2008).

Située en plein domaine tellien, la région d'El Taraf est subdivisée en trois étages bioclimatiques, avec l'étage thermo-méditerranéen qui recouvre la quasi-totalité de la zone, l'étage méso-méditerranéen représenté essentiellement par le Djebel El Ghorra et l'étage supra-méditerranéen représenté par les pelouses (Aouadi, 1989). La répartition des séries de végétation à l'intérieur de l'étage est conditionnée par les modifications édaphiques et le modelé. La présence de l'eau dans le sol joue un rôle de premier plan.

Le chêne-liège (*Quercus suber* L.) et le chêne zeen (*Quercus faginea* L. am.) constituent des espèces climaciques. Les forêts de chêne-liège sont à exposition chaude, alors que celles du chêne zeen préfèrent les expositions et les stations fraîches. Le chêne zeen se caractérise par un sous-bois très bas et lâche. En revanche, le sous-bois de la forêt de chêne-liège est plus dense, dominé par la bruyère arborée (*Erica arborea* L.). Le pin maritime (*Pinus pinaster* Aiton), occupe la majeure partie du système dunaire (reboisements) et une petite surface entre El Kala et Oum Teboul. Il apparaît également sous forme d'enrésinement du chêne liège à l'extrême nord-est du PNEK. C'est dans le PNEK que se trouvent les seuls peuplements relictuels de la sous-espèce *Pinus pinaster* sp (Stevenson et al., 1988). Le maquis couvre une superficie importante (Aouadi, 1989 in De Bélair, 2005).

Les principales espèces qui le constituent sont : le chêne kermès (*Quercus coccifera* L.) qui apparaît le plus souvent sous forme de maquis climacique dans les zones dunaires littorales, les bruyères (*Erica* sp. pl), qui forment en grande proportion le sous-bois des forêts de chêne-liège, le myrte (*Myrtus communis* L), assez abondant dans la forêt de chêne-liège

et de chêne zeen, l'arbousier (*Arbutus unedo* L), qui préfère les sols fertiles et les ravins, la filaire (*Phillyrea angustifolia* L), qui se présente en forêt sous forme d'arbrisseau, le tamaris (*Tamarix aphylla* (L) Karst) que l'on rencontre sur les berges d'oueds et sur les dunes et le palmier nain (*Chamaerops humilis* L), localisé sur la frange côtière (De Bélair, 2005).

D'une manière générale, la superficie moyenne défrichée individuellement est comprise entre 25 ares et 10 hectares. Les défrichements concernent les forêts de chêne-liège, d'eucalyptus, les aulnaies, les ripisylves, les oliveraies et plusieurs autres formations arbustives et herbacées des zones pâturées. Sur les sols favorables à l'activité humaine, le maquis à oléastre et à lentisque, formation végétale qui couvrait probablement une grande partie de la plaine d'Annaba, a été complètement remplacé par des cultures (Bougherara, 2009).

3.2.2 La formation faunistiques

Les zones humides les plus riches en terme ornithologique sont : Lac Fetzara (61 espèces), le marais de la Mekhada (49 espèces), le lac des Oiseaux (48 espèces) et le lac Tonga (46 espèces) (Samraoui et Samraoui, 2008), elles représentent une région d'hivernage et de stationnement d'un certain nombre d'Anatidae (surtout les canards de surface) et d'**Ardeidae** (Héron cendré *Ardea cinerea*, Grande aigrette *Ardea alba*, Héron garde bœufs *Bubulcus ibis* ... etc.) Aussi les **Limicoles**, mais en faible portion et ainsi un site de reproduction pour les espèces : **Podicépédidae** : Grèbe castagneux *Tachibaptus ruficollis*, Grèbe huppé *Podiceps cristatus*, d'Ardeidea : Plongeos nain *Ixobrychus minutus*, Bihoreau gris *Nycticorax nycticorax*, Crabier chevelu *Ardeola ralloides*, Aigrette garzette *Egretta garzetta*, Héron pourpré *Ardea purpurea*, Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus*, et d'**Anatidae** : Canard colvert *Anas platyrhynchos*, le Fuligule nyroca *Aythya nyroca* et l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala*, d'**Aquila** : Busard des roseaux *Circus aeruginosus*, et la famille des **Rallidae** : la Poule d'eau *Gallinula chloropus*, la poule sultane *Porphyrio porphyrio*, la Foulque macroule *Fulica atra*, et aussi de **Stérnidés** : le Guifette moustac *Chlidonias hybrida* (Samraoui et Samraoui, 2008).

Ils sont d'importance internationale pour de nombreuses espèces d'oiseaux d'eau dont des espèces hivernantes telles que l'Oie cendrée *Anser anser*, le Grue cendré *Grus grus*, la Tadorne de belon *Tadorna tadorna*, la Grande aigrette *Egretta alba*, et l'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus*; le Canard siffleur *Anas penelope*, le Canard chipeau *Anas strepera*, le Canard pilet *Anas acuta* et l'Oie cendrée *Anser anser*, et des espèces nicheuses telles que l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala*, le Fuligule nyroca *Aythya nyroca*, la Poule sultane *Porphyrio porphyrio*, la Sarcelle marbrée *Marmaronetta angustirostris*, l'Ibis falcinelle *Plegadis*

falcinellus, le Héron pourpré *Ardea purpurea*, le Crabier chevelu *Ardeola ralloides*, la Guifette moustac *Chlidonias hybrida* ... etc. (Van Dijk et Ledant, 1983 ; Haouam, 2003 ; Samraoui et Samraoui, 2008).

Les oiseaux de chasse/ proies intéressants dans la région étaient le Vautour fauve *Gyps fulvus* (plus de 30 observations), le Busard des roseaux *Circus aeruginosus* (plutôt nombreuse à Tonga), l'Aigle ravisseur *Aquila rapax* (reproduction probable dans une seule place) et le Faucon d'Eléonore *Falco eleonora* (plus de 5 observations) (Van Dijk et Ledant, 1983). La colonie mixte du lac Tonga est la plus importante et la plus ancienne en Afrique du nord. La nidification de certaines espèces d'Ardéidés a été signalée dès le 19^{ème} siècle (Samraoui et Samraoui, 2008 ; Meniaia et al, 2014).

3.3 Le site d'étude (Dréan)

3.3.1 Situation géographique et administrative

La zone de Dréan (36°41'2"N, 7°44'47"E), localisation de notre étude, est, après El Kala, la plus importante ville de la wilaya d'El-Taraf, située à 25 km au sud d'Annaba, 73 km de Souk-Ahras, 43 Km de Guelma et 63 km d'El-Taraf.

La wilaya d'El Taraf se situe à l'extrême Est de l'Algérie limitée par la Mer Méditerranée, à l'Ouest par la wilaya d'Annaba, à l'Est par la république de Tunisie et au sud par les wilayas de Guelma et Souk-Ahras. La Wilaya d'El-Taraf est constituée de deux ensembles nettement différenciés du Nord au Sud (Bouazouni, 2004) (Fig. 3.2).

Issue du découpage administratif de 1984, la Wilaya d'El-Taraf s'étend sur une superficie de 2 891,65 km² et abrite une population de 366.950 habitants. La diversification et la richesse de son sol lui confèrent une double vocation agricole et touristique ; elle dispose d'une superficie agricole utile (S.A.U) de 71.000 hectares (24 % du territoire) et d'un littoral de 90 Km de long regroupant cinq zones d'expansion touristique. Elle est en outre frontalière avec la République de Tunisie sur une bande de 98 Km de long allant de la commune de Souarrekh au nord jusqu'à la commune de Ain kerma au Sud (Bouazouni, 2004).

Elle compte 60 000 habitants, cette ville se compose d'une plaine côtière irriguée et de basses montagnes bien arrosées (plus de 800 mm/an). Il s'agit d'une région qui a connu une forte colonisation ; l'urbanisation y est très ancienne, comme l'exode rural et l'intensité des liens entre la ville et la campagne. La pratique des cultures industrielles est généralisée (le tabac et la tomate) et de même de l'élevage des bovins laitiers. De nombreux lacs de taille

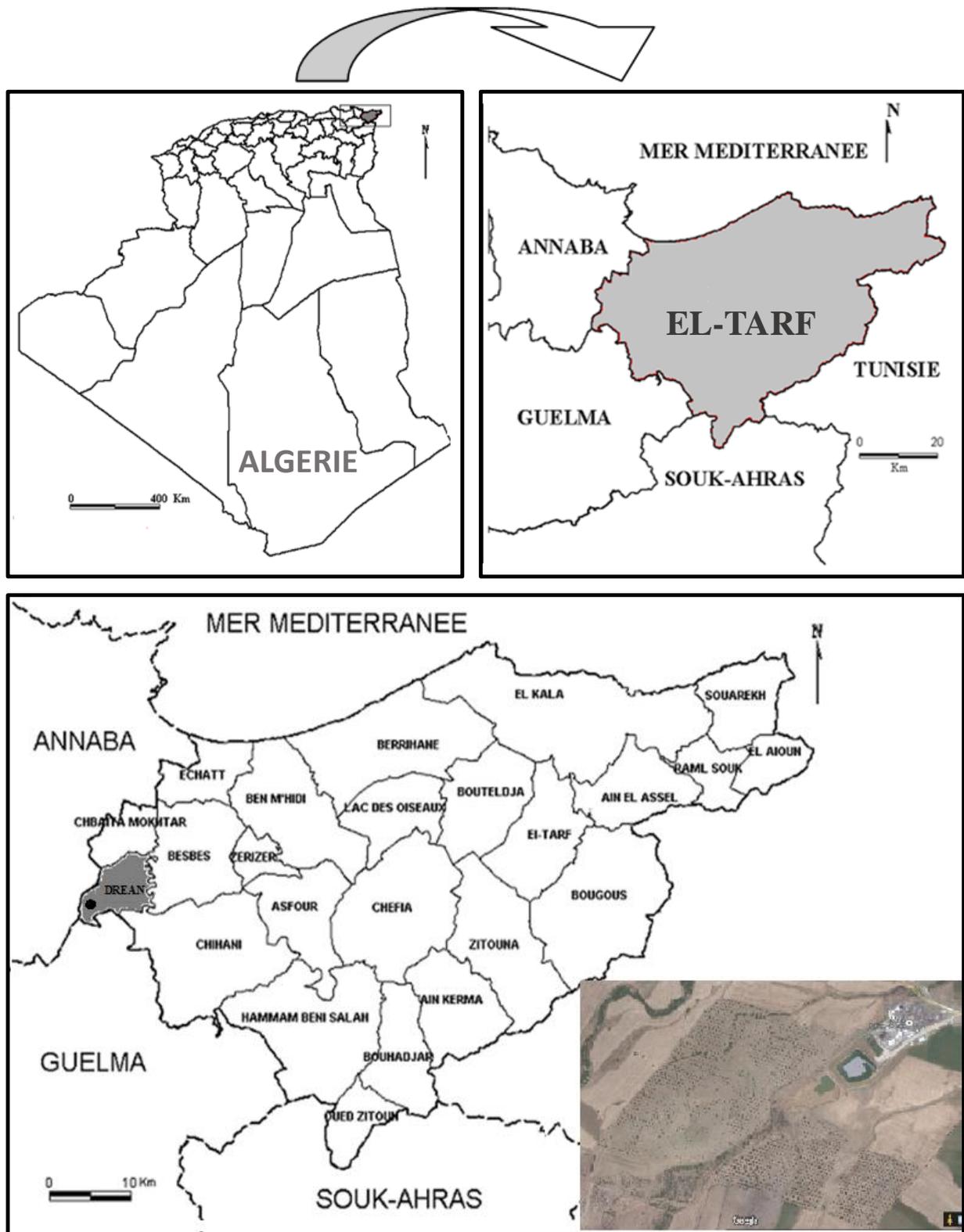


FIGURE 3.2 – Situation géographique de la zone d'étude

variable s'inscrivent dans un contexte géomorphologique sublittoral et possèdent des eaux lagunaires salées (Mellah), saumâtres (Mafragh) ou d'eau douce à tendance plus au moins mésotrophe : le lac Tonga, Oubeïra et le lac des Oiseaux forment une grande partie de complexe humide et la plus importante zone lacustre du pays et troisième position après le delta de l'Ebre, en Espagne et la Camargue en France dans les zones humides du bassin méditerranéen (De Belair, 1990 ; Samraoui et De Bélair, 1998).

La région d'El-Taraf s'étale sur un relief plat avec une superficie de 305 000 ha, connue pour sa grande richesse biologique et d'exceptionnelle originalité écologique, ses lacs présentent une grande diversité sur le plan floristique, et faunistique (De Belair, 1990).

3.3.2 Délimitation et structure de la colonie de Dréan

La région, dans laquelle se situe la colonie étudiée, est l'oliveraie à côté de la route nationale (RN 84) à hauteur du pont logeant la décharge publique sise à la sortie de la localité d'Aïn Allem (à 3 Km à l'ouest du centre-ville de la commune d'El Dréan, wilaya d'El-Tarf) avec une superficie de 24,9 hectares (Fig. 3.2).

L'emplacement de cette colonie est très intéressant du fait qu'elle est entourée par des terrains agricoles et bénéficie de la décharge à ciel ouvert qui servirait à procurer de la nourriture supplémentaire aux oiseaux qui niche à proximité, les déchets (matières organiques, substances volatiles, papiers, chiffons, cartons, matières plastiques, métaux et d'autres) sont déposés à l'air libre pour les ont réduits en cendres par la suite (Tabet, 2007).

La colonie se situe à côté d'une zone humide importante qui offre un très bon biotope pour l'espèce et 'Châaba' qui se trouve au centre de l'oliveraie qui offre aussi de bonnes conditions de nidification à la Cigogne blanche.

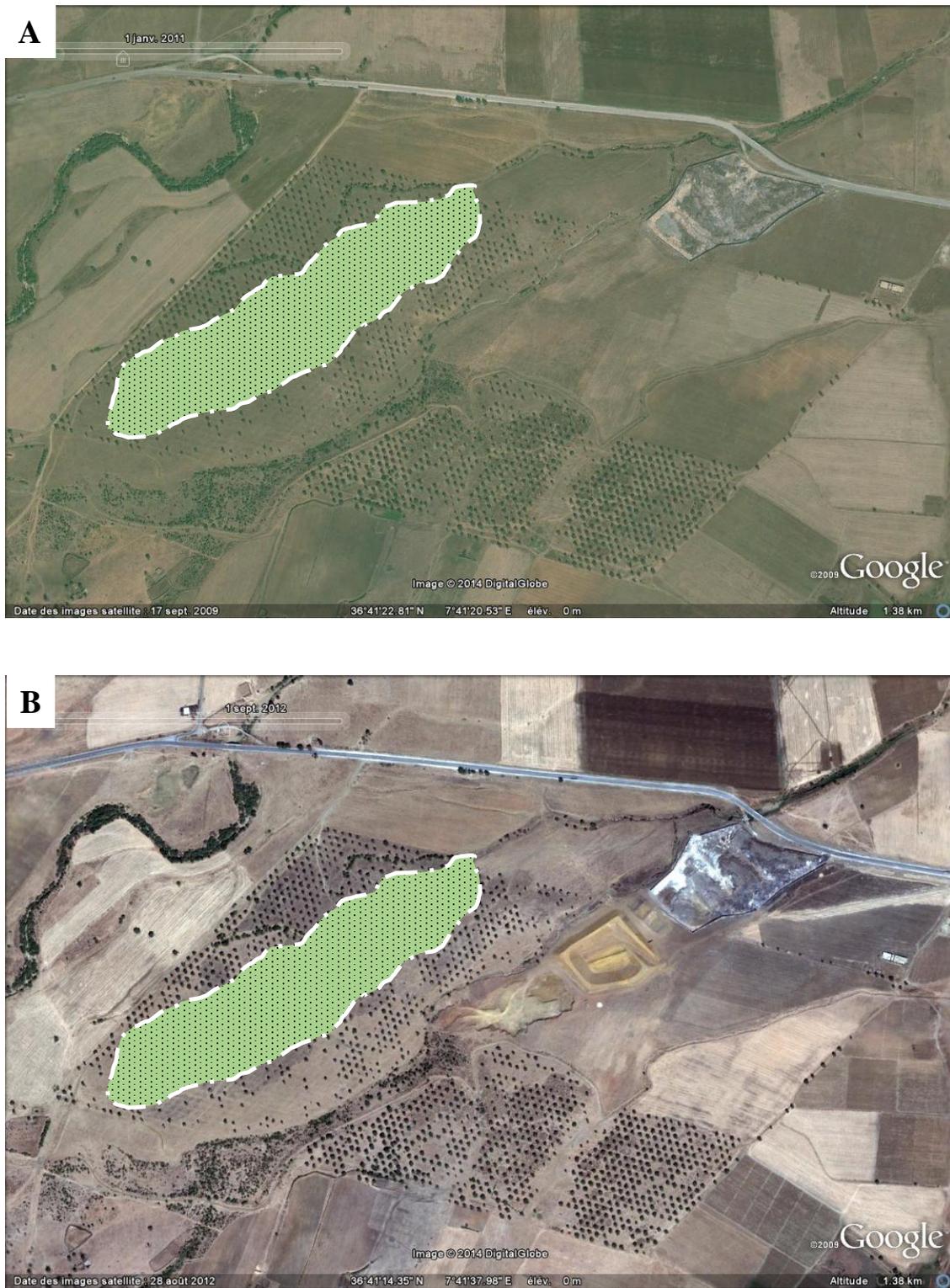


FIGURE 3.3 – Vue général de la colonie (A) 2011 et (B) 2012 (Google earth,)

3.4 Caractéristiques climatiques

D'après Dajoz (1974), les êtres vivants ne peuvent se maintenir en vie qu'entre certaines limites bien précises de température, d'humidité relative, de photopériode, d'éclairement et de pluviosité, donc, le climat est un facteur clé puisqu'il cause une mortalité variable dans l'abondance des populations au cours des générations successives (Rubio-Garcia et al., 1983). En effet, le climat influe relativement sur le succès de reproduction de la Cigogne blanche, pour ne citer que cet échassier qui intéresse la présente étude. Cette influence peut être exclusivement due à des précipitations consistantes et noyade de la ponte ou des jeunes en bas âge ou bien cumulés avec d'autres facteurs (Rubio-Garcia et al., 1983 ; Chozas et al., 1984).

D'après les données météorologiques recueillies au niveau de la station météorologique d'Annaba (altitude= 4m; 36°83N, 07°81E) durant une période de 30 ans s'étalant de 1987 à 2013, le climat de la wilaya d'El Taraf est :

3.4.1 Température

La température est l'un des facteurs les plus importants du climat, elle dépend de plusieurs facteurs comme l'altitude, la distance au littoral et la topographie (Seltzer, 1946). La vie végétale et animale se déroule entre des minimums et des maximums thermiques ; leur rôle biologique et leur connaissance sont donc d'une importance capitale (Emberger, 1953).

En analysant les données de la période allant de 1983 à 2013 nous constatons que janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de $10,83 \pm 2,15$ °C et août est le mois le plus chaud avec une température moyenne de $27,96 \pm 0,92$. La température accroît progressivement du janvier à août, au delà, on remarque une décroissance des températures et jusqu'à décembre (Fig. 3.6). Les moyennes maximales dépassent 30 °C pour les mois de juillet et août. Les valeurs thermiques maximales comprises entre 27 °C et 31 °C sont enregistrées de juin à août et les moyennes minimales inférieures de 10 °C sont enregistrés de décembre à avril avec une amplitude mensuelle moyenne de $10,73 \pm 0,65$ °C.

3.4.2 Les vents

Les vents les plus dominants dans la région de Dréan sont avec des vitesses moyennes variant entre $11,05 \pm 5,28$ et $14,04 \pm 1,92$ km/h en janvier et août respectivement avec la vitesse maximale enregistrée durant le mois d'août ($32,73 \pm 3,01$ km/h) (Tab. 3.2).

3.4.3 Précipitation

Selon SELTZER (1946), les pluies, qui tombent en Algérie étant pour la plupart d'origine orographique, la tranche annuelle augmente dans une région donnée avec l'altitude, les isohyètes suivent en général les courbes de niveau (De Belair, 1990). Les précipitations sont tributaires d'un certain nombre de facteurs comme l'altitude, la longitude et la distance à la mer et qui se confond en Algérie avec un gradient latitudinal (Seltzer, 1946).

Les précipitations de notre région ont eu pratiquement toujours lieu sous forme de pluies. Ces dernières sont caractérisées par leur faible quantité. La répartition saisonnière des pluies (Fig. 3.4) fait apparaître que presque 40 % des quantités d'eau qui tombent annuellement sur la région, sont concentrées dans les trois mois d'hiver, alors que 6 % seulement tombent en saison estivale ; Le reste est partagé équitablement ou presque entre le printemps et l'automne. Le mois le moins arrosé coïncide généralement avec le mois de juillet et le mois d'août faisant apparaître un été sec.

Les précipitations connaissent de grandes fluctuations d'un mois à un autre et d'une année à une autre, généralement, la zone de notre étude connaît une grande concentration des précipitations au cours des périodes printanières et automnales (De Belair, 1990). Le mois le moins arrosé coïncide généralement avec le mois de juillet et le mois d'août faisant apparaître un été sec.

3.4.4 Humidité relative de l'air

L'humidité relative de l'air indique que l'état de l'atmosphère est plus ou moins proche de la condensation ; c'est à la valeur de l'humidité relative que correspond la sensation d'humidité ou de sécheresse de l'air (Seltzer, 1946).

L'humidité de l'air peut être considérée comme élevée (comprise entre 70 % et 78 %) ; cela est dû à la proximité de la mer et la présence de plusieurs plans d'eau permanents. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans la période hivernale, correspondent notamment aux mois de décembre ($74,39 \pm 5,19$ %), de janvier ($77,22 \pm 3,53$ %) et de février ($76,48 \pm 3,52$ %) et la valeur minimale de l'humidité relative de l'air avait été enregistrée durant le mois de juillet ($70,03 \pm 4,60$ %). Les données caractérisant l'humidité relative de l'air de la région de Dréan au cours de la période allant de 1983 à 2013 sont reportées dans (Fig. 3.5).

TABLEAU 3.1 – Données thermométriques moyennes en (°C) de la région de Dréan calculées sur la période 1983 -2013.

(**M** : Moyenne mensuelle des températures maximales absolues quotidiennes; **m** : Moyenne mensuelle des températures minimales absolues quotidiennes; (**m + M**)/2 : Moyenne mensuelle).

Mois	m	M	(m+M)/2
Janvier	6,72	16,51	11,62
Février	6,55	16,71	11,63
Mars	8,10	18,76	13,43
Avril	9,86	21,01	15,44
Mai	13,00	24,14	18,57
Juin	16,43	27,71	22,07
Juillet	19,20	30,78	24,99
Août	20,24	31,70	25,97
Septembre	18,67	28,89	23,78
Octobre	15,07	26,25	20,66
Novembre	10,98	21,26	16,12
Décembre	8,06	17,87	12,96

TABLEAU 3.2 – Moyennes mensuelles de la vitesse du vent (km/h) pour la période allant de 1983 à 2013.

Mois	V_{moy} (km/h)	V_{max} (km/h)
Janvier	11,05 ± 5,28	25,52 ± 4,78
Février	13,24 ± 2,06	27,47 ± 2,52
Mars	13,73 ± 2,01	28,91 ± 3,43
Avril	13,47 ± 1,12	29,24 ± 3,09
Mai	13,00 ± 1,28	29,22 ± 3,54
Juin	13,89 ± 1,31	31,10 ± 3,22
Juillet	14,04 ± 1,92	32,20 ± 4,37
Août	14,02 ± 1,22	32,73 ± 3,01
Septembre	13,44 ± 1,22	31,53 ± 3,30
Octobre	11,88 ± 1,74	27,01 ± 4,07
Novembre	12,70 ± 2,13	26,68 ± 3,08
Décembre	12,73 ± 3,30	26,21 ± 3,57

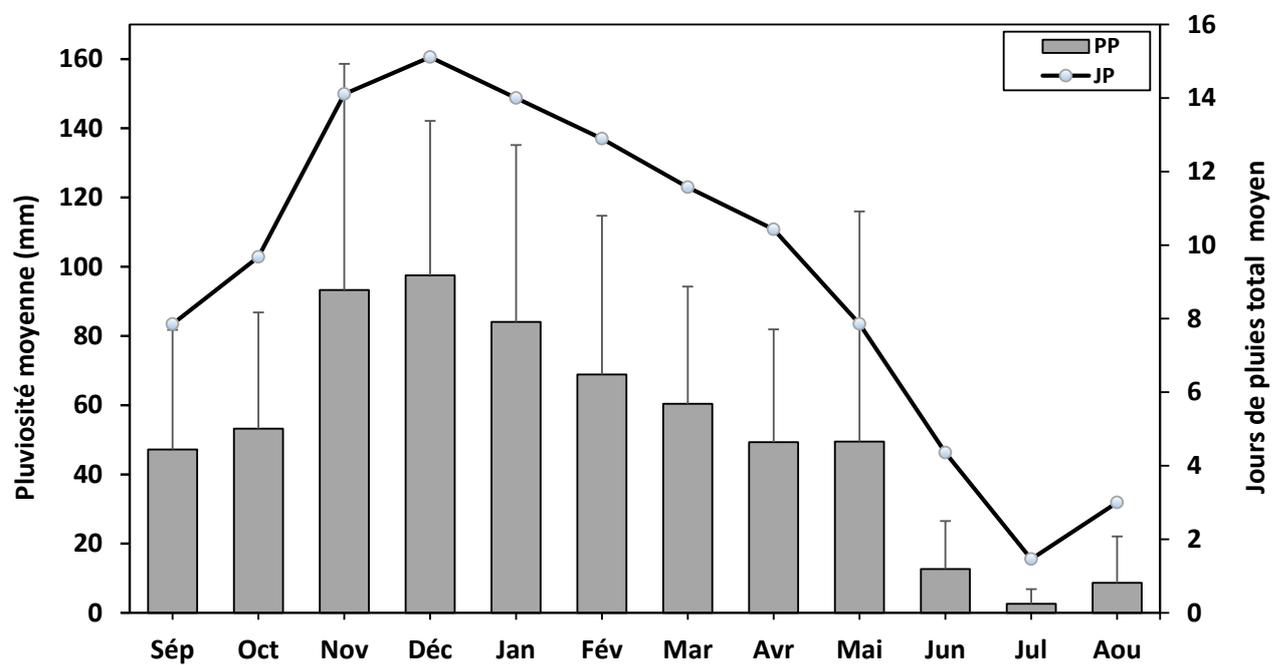


FIGURE 3.4 – Précipitations moyennes mensuelles (PP) et nombre de jours de pluies total mensuel (JP) de la région durant la période allant de 1983 à 2013.

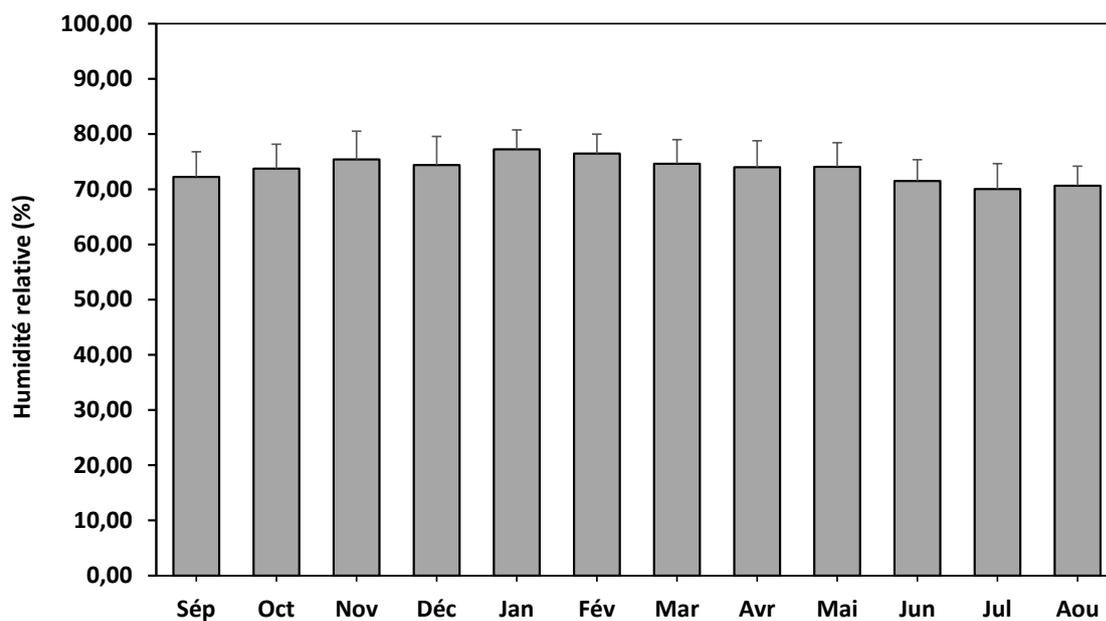


FIGURE 3.5 – Humidité relative moyenne de la région au cours de la période 1983-2013.

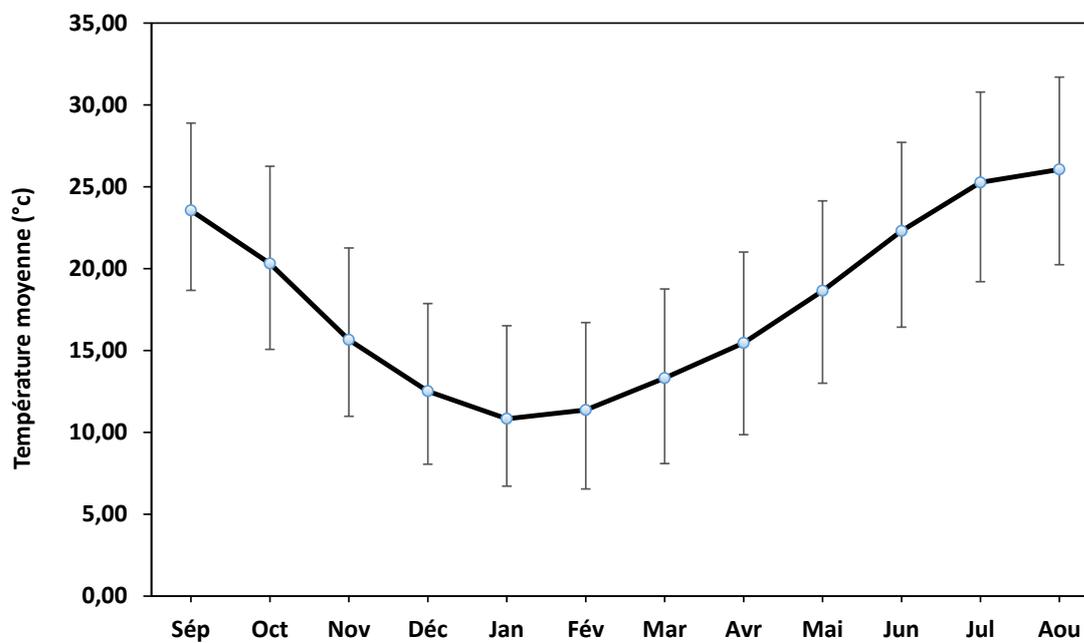


FIGURE 3.6 – Température moyenne mensuelle [min-max] de la région durant la période allant de 1983 à 2013.

3.4.5 Synthèse climatique

Etage bioclimatique

Afin de déterminer l'étage bioclimatique de la région de Dréan, nous avons calculé le quotient pluviothermique **Q1** avec des données climatiques calculées sur une période de 30 ans **Q1** (1983-2013). Il est défini par la formule simplifiée suivante (Stewart, 1969) :

$$Q = \frac{1000P}{\frac{M+m}{2}(M-m)}$$

Avec :

- P : Pluviosité annuelle en (mm).
- M : Moyenne des températures du mois le plus chaud en (kelvin).
- m : Moyenne des températures du mois le plus frais en (kelvin).

Le quotient pluviothermique est d'autant plus élevé que le climat est plus humide (Sauvage, 1963 ; Morat, 1969). Faurie et al., (1998-2003) avancent que cet indice n'est vraiment établi que pour la région méditerranéenne et qu'en fonction de la valeur de ce coefficient, on distingue les zones suivantes (*in* Boukhtache, 2009) :

- Désertiques pour $Q \leq 10$
- Arides pour $10 < Q < 25$
- Semi-arides pour $25 < Q < 50$
- Tempérées pour $50 < Q < 100$
- Humides pour $Q > 100$

En conclusion, la zone d'étude appartient à la Numidie orientale qui se situe dans l'étage bioclimatique de végétation sub-humide à hiver chaud (**Q1=149,92 et m=10,68**), cela n'exclut pas la présence d'autres étages bioclimatiques qui expliqueraient la présence d'une flore et d'une faune d'origines biogéographiques aussi diverses que les domaines Paléarctique, Afro-tropical et Eurasiatique (Menai, 2005 ; Samraoui et De Bélair, 1997 ; 1998).

Diagramme ombrothermique

Le diagramme **ombrothermique**¹ proposé par **Gaussen**² a les caractéristiques des modèles graphiques faciles à présenter et à comprendre, efficaces pour représenter et comparer des climats. Mais sa permanence depuis un demi-siècle laisse penser que l'idée du climat n'a pas changé. C'est bien sûr faux, mais l'habitude de voir ces diagrammes est telle qu'on ne s'interroge plus beaucoup sur ce qu'ils véhiculent.

Le diagramme ombrothermique est une présentation du climat d'un point de vue naturaliste. Il fait des climats de latitudes moyennes, et plus particulièrement méditerranéennes, la référence pour comparer les climats du monde entier (Charre, 1997).

Un mois est représenté par un point défini par ses coordonnées. La continuité temporelle peut être établie par un trait reliant des mois temporellement contigus. Avec précipitations et températures, faire apparaître les «mois secs» consiste à tracer une droite telle que ($P=3T$) (Charre, 1997). Le modèle est adaptable, d'autres critères que la sécheresse peut servir à qualifier des mois.

Pour localiser les périodes humides et sèches de la région de Dréan pendant la période allant de 1983 à 2013, nous avons tracé une droite ($P=3T$) qui a fait apparaître deux périodes, une sèche qui s'étale du mi-mai jusqu'au mois d'octobre et une période humide qui commence du mois de novembre jusqu'au début du mai (Fig. 3.7).

1. *Ombro*, pour humidité et *thermique* pour température.

2. Henri Gaussen (1891-1981), botaniste, fondateur de la Carte de la Végétation de la France à Toulouse.

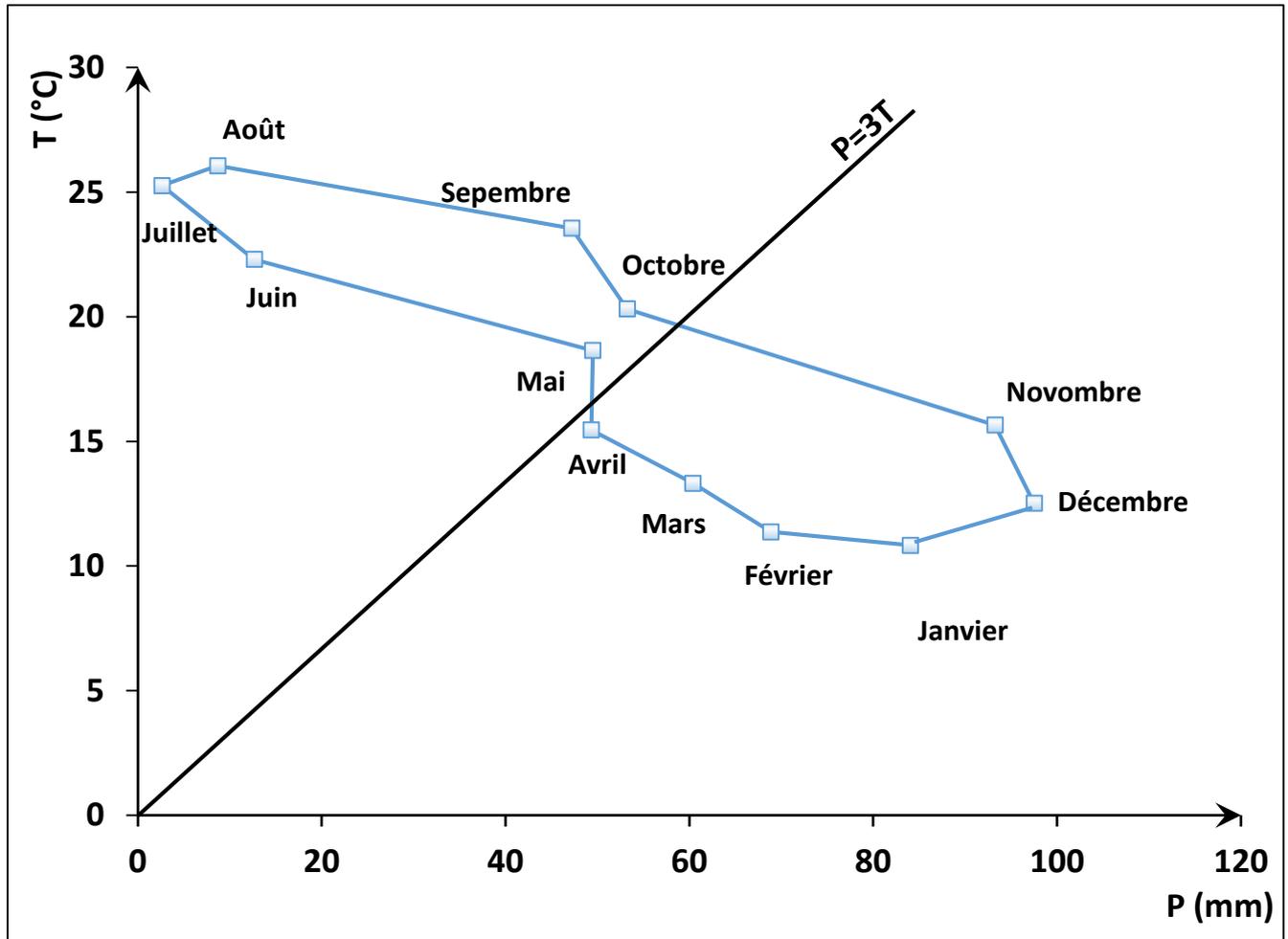


FIGURE 3.7 – Climagramme ombrothermique de la région de Dréan, période 1983-2013.

3.5 Méthodologie générale

La cigogne blanche *Ciconia ciconia* arrive habituellement dans les aires de reproduction à la fin de décembre / début janvier, mais une fraction d'oiseaux sont connues de résider toute l'année en Algérie (Samraoui, 1998). Le travail de terrain a été entrepris en 2011 et 2012 à Dréan, à partir du mois de Décembre pour la date d'arrivée des couples nicheurs, la formation des couples, mesurer la taille des nids, et ensuite le suivie de la ponte à partir du mois de Mars et les éclosions à partir du mois d'Avril, la croissance est suivie depuis l'éclosion jusqu'au l'âge (40-45 jours) et puis l'envol à la fin du mois de Juin.

Marquage des arbres

Les nids de la cigogne blanche ont été installés sur des arbres d'olivier *Olea europea*, chaque arbre actif est marqué par un code alphanumérique correspond à la ligne et la position dans la colonie respectivement (Fig. 3.8). La hauteur par rapport au substrat, les diamètres internes et externes et la position verticale (hauteur par rapport au sol) de chaque nid était prise à l'aide d'une échelle de 6 mètres.

3.5.1 Suivi d'occupation

Au début d'arrivée des cigognes (fin décembre), l'observation de la colonie était effectuée de loin à l'aide un télescope optolyth (Gross x80), après l'installation des premières individus (début de janvier), on a commencé à adhérer la colonie et l'observation a été effectuée à l'aide des paires de jumelles pour ne pas trop gêner les individus (où couples) installés. L'occupation des nids a été définie par le premier jour où l'individu est vu perché, défendre ou construire certain nid (Vergara et al., 2007b).

3.5.2 Suivi des nids (la ponte)

Le timing de reproduction a été défini par le premier jour où un œuf était pondu dans le nid. Cela était estimé sur la base d'information des dates d'arrivée des adultes ou par d'inspection directe de chaque nid, qui ont été visités tous les deux à trois jours depuis le début de la ponte jusqu'à la fin de cette dernière et le contenu de chaque nid était suivi à l'aide d'un miroir fixé à une perche de 6 mètres de longueur (Fig. 3.9). Le dérangement a un effet mineur sur le succès de reproduction et que les couples nicheurs tolèrent bien les manipulateurs (Tortosa, 1992 *in* Djerdali, 2010), jusqu'à la date d'éclosion.

Les longueurs, largeurs et volumes moyens (moyen intra-pontes des œufs) ont été calculés pour chacune des pontes pour harmoniser au mieux la taille des échantillons. Le volume des œufs est le paramètre le plus couramment utilisé pour décrire la taille des œufs. Il est censé traduire, avec la taille des pontes, le niveau d'investissement des reproducteurs.

3.5.3 Suivi des poussins

A partir de l'observation d'une éclosion, les visites au nid reprennent avec un intervalle de 2 à 3 jours, afin de suivre l'ordre d'éclosion des poussins, prendre leur poids et leurs mesures biométriques à la naissance et les marquer avec des étiquettes colorées au niveau du tarse pour distinguer leur ordre d'éclosion et déterminer la taille de la nichée. Chaque poussin a été marqué à l'aide d'un ruban coloré dès l'éclosion au niveau du tarse afin de distinguer leur ordre d'éclosion en utilisant les couleurs (bleu, rouge, rose, vert, noir) respectivement. Chaque visite au nid on vérifiera l'état des rubans et de la coloration pour confirmer l'ordre.

La longueur du bec, longueur du tarse, longueur d'ail et la masse corporelle d'un ensemble de 295 et 274 poussins ont été pris respectivement durant les deux saisons de reproduction 2011 et 2012, pendant des intervalles irréguliers et durant la période de croissance entre 0 et 45 jours (total de 1277 mesures pour chaque variable de croissance). Les différentes mesures ont été prises pour chaque poussin tous les 3 jours en moyenne pendant la période de croissance depuis l'éclosion jusqu'à l'âge maximum de 50 jours. La masse corporelle a été mesurée avec une balance électronique (± 1 g) avant l'âge de 15 jours et avec une balance à ressort "Pesola" (± 50 g) jusqu'à l'âge de 45 jours. (Fig. 3.10).

Ces visites après l'éclosion ne semblent pas affecter le succès de reproducteur comme a trouvé Tortosa (1992). Au contraire, dans notre cas, nous avons libéré les poussins d'âge précoce à plusieurs reprises de l'étranglement provoqué par les intestins du poulet qui font l'objet de nourriture à ces derniers.



FIGURE 3.8 – Marquage des nids actifs par des codes alphanumériques



FIGURE 3.9 – Matériel et techniques de suivi des nids



FIGURE 3.10 – Matériel et techniques de suivi des poussins

3.6 Les paramètres de reproduction

Les paramètres de la reproduction chez la Cigogne blanche sont décrits par les abréviations standards utilisées sur le plan international (Schulz, 1999).

1. Le nombre de couples nicheurs (**HPa**), défini par l'existence d'un mâle et d'une femelle occupants un nid avec ou sans poussin (couples reproducteurs).
2. Le nombre des couples avec poussins (**HPm**), défini par un couple ayant réussi leur reproduction (mâle et femelle avec poussin).
3. Le nombre des poussins dans tous les nids (**JZG**), défini par l'ensemble des poussins qui ont resté dans leurs nids jusqu'à l'âge d'envol (+ 5 semaines). (la productivité).
4. Le nombre moyen de jeunes par rapport aux couples nicheurs (HPa), défini par le rapport entre la totalité des poussins avant l'âge de 7 semaines et les couples reproducteur occupants des nids : $JZa = JZG/HPa$.
5. Le nombre moyen de jeunes prêts à l'envol (**JZm**), défini par le succès de la reproduction de la colonie calculé à partir des couples ayant produit des jeunes : $JZm = JZG/HPm$.
6. La densité de la population (**StD**), définie par le nombre de couples nicheurs dans l'hectare.

3.7 Traitement statistiques

3.7.1 La phénologie de reproduction

Le volume du nid a été calculé selon la formule suivante : $(\pi * r^2) * H$, où (**r**) est le rayon du nid et (**H**) est la hauteur. La longueur et le diamètre des œufs ont été mesurée à l'aide de pieds à coulisse à 0,1 mm. Le volume d'œufs (**V**, en cm^3) a été calculé selon la formule suivante : $EV = 1,1203 + 0,4820 D^2 L$, dans laquelle (**L**) et (**D**) sont la longueur d'œuf et le diamètre respectivement (Profus et al., 2004). Un indice d'élongation des œufs est obtenu par deviser la longueur par le diamètre : $E = L/D$.

La relation entre les différentes variables est testée par corrélation linéaire simple (Pearson *r*). Les analyses de la variance (ANOVA) à un ou deux facteurs sont utilisés pour tester l'effet de facteurs indépendants sur les différentes variables dépendantes et catégoriser les groupes, quand les variables dépendantes n'étaient pas normales, des transformations ont eu lieu si non on utilisait les statistiques non paramétriques, l'ANOVA de Kruskal-Wallis

(teste de *Khi-deux*). La comparaison de deux échantillons associés par paires a été réalisée par le test de Wilcoxon.

Les analyses statistiques ont été effectués en utilisant **SPSS** (version **20**) pour les analyses de la covariance et les statistiques descriptives, on a également utilisé **Eviews** (version **7.1**) pour l'estimation des paramètres des équations de la croissance des poussins. Pour les analyses, on a utilisé l'indice de fiabilité $P < 0,05$.

On a également utilisé R (R Development Core Team 2014) pour certaines analyses statistiques. Lors de l'exploration de données standards, les variables indépendantes ont d'abord été vérifiées pour l'homogénéité, les valeurs aberrantes, et colinéarité potentielle. Une régression linéaire multiple a été utilisée pour étudier si le volume de nid a été lié à la position du nid au sein de la colonie. Un modèle linéaire généralisé (**GLM**) avec une distribution d'erreur de Poisson a été appliquée pour tester l'influence des variables environnementales (latitude et longitude de nids, des diamètres internes et externes, le volume du nid, la hauteur des nids, la hauteur nid-sol, la date de ponte, l'année et la position du nid) sur la taille de la couvée et la productivité en terme de poussin (nombre de poussins survivants jusqu'à 40 jours).

Lorsque la validation du modèle indique une sous-dispersion considérable (0,34) du Poisson GLM pour la productivité de poussin, nous avons utilisé une régression linéaire multiple. Une régression logistique a été réalisée pour vérifier si les mêmes variables environnementales influencent le succès de reproduction, une variable binomiale distribuée (succès / échec) avec une probabilité π . La qualité de l'ajustement a été évaluée en utilisant le log-vraisemblance des données, compte tenu des paramètres estimés. Les valeurs moyennes sont données avec ± 1 écart type (SD).

3.7.2 La croissance des poussins

Les taux relatifs de croissance (R) ont été calculés à un intervalle d'âge de cinq jours en utilisant l'équation de Brody (1945) :

$$R = \frac{\ln(g2) - \ln(g1)}{(t2 - t1)}$$

Où (g1) et (g2) sont les variables de croissance moyenne des poussins à l'âge (t1) et (t2) (jours) respectivement. Les valeurs moyennes des variables de croissance aux âges donnés (chaque cinq jour) ont été utilisées. Nous avons ensuite étudié l'effet du volume des œufs sur la masse corporelle des poussins à l'éclosion et aussi l'effet de la grandeur de ponte, l'ordre d'éclosion sur les paramètres de croissance estimés d'oisillons.

Chapitre 4

RÉSULTATS

« Le succès me parait être un résultat, et non le but. »

Gustave Flaubert

Sommaire

4.1 Phénologie de reproduction de la cigogne blanche <i>Ciconia ciconia</i>	59
4.1.1 Caractéristiques des nids de la cigogne blanche	59
4.1.2 Description du comportement de la formation des couples	60
4.1.3 Densité et répartition des nids	61
4.1.4 Arrivée et période pré reproduction	61
4.1.5 L'occupation des nids	61
4.1.6 Phénologie de la ponte de la cigogne blanche	63
4.1.7 Grandeur de ponte	63
4.1.8 Variation de la grandeur de ponte selon la taille des nids	67
4.2 Caractéristique physiques des œufs	69
4.2.1 Dimension et volume	69
4.2.2 Corrélation entre la longueur et le diamètre des œufs	72
4.2.3 Variation de la biométrie des œufs	72
4.3 Date et évolution d'éclosion	77
4.3.1 Taux d'éclosion	77
4.3.2 Évolution du taux d'éclosion	77
4.4 Analyse démographique et phénologique de la reproduction	77
4.4.1 Paramètres démographiques	77
4.4.2 Succès de reproduction	78

4.5 Les facteurs déterminants de la performance de reproduction de la cigogne blanche <i>C. ciconia</i>	83
4.5.1 Caractéristiques des nids	83
4.5.2 Phénologie de la ponte	84
4.5.3 Grandeur de ponte	84
4.5.4 Volume des œufs	84
4.5.5 Succès de reproduction	86
4.6 Périodes de saisons de reproductions	88
4.6.1 Occupation	88
4.6.2 Accouplement	88
4.6.3 Ponte	88
4.6.4 Incubation	89
4.6.5 Éclosion	89
4.6.6 Envol	89
4.6.7 Estivage et hivernage	89
4.7 Étude de la croissance des poussins de la cigogne blanche	91
4.7.1 Effet du volume des œufs sur la M.C des poussins à l'âge d'éclosion	91
4.7.2 Effet d'ordre d'éclosion sur la M.C des poussins à l'âge d'éclosion	91
4.7.3 Mensurations biométriques des poussins	92
4.7.4 Taux de croissance des poussins	96
4.7.5 Variation de la M.C des juvéniles à l'âge d'envol selon l'ordre d'éclosion	99
4.7.6 Échec de reproduction	99
4.8 La réduction de la nichée	102
4.8.1 Causes de mortalité des poussins chez la cigogne blanche	102
4.8.2 Variation de la mortalité des poussins selon l'ordre d'éclosion	103
4.8.3 Variation de la mortalité selon les différentes tailles de couvée	103
4.8.4 Variation de la mortalité des poussins selon leurs âges	103
4.8.5 Variation annuel de la mortalité des poussins	103
4.9 Opérations de baguage des poussins de la cigogne blanche	109

Introduction

LES résultats présentés dans ce chapitre illustrent l'intérêt d'analyser en parallèle la stratégie de reproduction de la cigogne blanche, dont en premier lieu la phénologie de reproduction de l'espèce (les dates d'arrivée, la date d'occupation, le suivi de la ponte et de l'éclosion jusqu'à l'envol) et la taille des œufs (caractéristiques biométriques) et l'investissement dans la grandeur de ponte (variation de la biométrie des œufs selon l'ordre de ponte) avec une comparaison entre 2011 et 2012.

4.1 Phénologie de reproduction de la cigogne blanche *Ciconia ciconia*

4.1.1 Caractéristiques des nids de la cigogne blanche

TABLEAU 4.1 – Mensurations des nids de la cigogne blanche de la colonie de Dréan(cm).

	Moyenne (ET)	Rang	N
Diam. Externe	171,54 (40,74)	[116 - 317]	92
Diam. Interne	47,02 (10,70)	[30 - 82]	92
Hauteur Nid	66,87 (15,53)	[41 - 147]	92
Hauteur Nid-terre	506,07 (68,31)	[332 - 628]	92

Les mensurations moyennes des nids de la colonie de Dréan ont été $171,54 \pm 40,74$ (cm) de diamètre externe avec $47,02 \pm 10,70$ (cm) de diamètre interne et $66,87 \pm 15,53$ (cm) d'épaisseur distribué sur des arbres d'hauteur allant de 332 jusqu'au 628 cm (Tab. 4.1). Les individus de la Cigogne blanche apportent du matériel au nid durant toute la saison de reproduction autant par les mâles que par les femelles (Schulz, 1998), elles utilisent tous qui est disponible dans leur milieu, citons : plastiques, chiffons, papiers, ficelles, branchettes d'oliveraie, câbles électriques et sacs en plastiques.

Les résultats des mensurations des nids mesurés dans la région de Dréan sont sensiblement proches de ceux observés dans la région de Tizi-Ouzou, Bejaia et Batna où la cigogne blanche préfère la construction de nids de grande taille avec généralement une forme circulaire et ovale (Boukhemza, 2000 ; Zennouche, 2002 ; Djeddou, 2006).

4.1.2 Description du comportement de la formation des couples

Dans le cas observé, c'est le mâle qui prend l'initiative et va au-devant de son partenaire. La femelle reste passive, où, elle est très excitée, claquette en effectuant de lents et amples battements d'aile, la copulation va être résumée en trois phases (Fig. 4.1).

- **1^{ère} phase (la phase initiative) :** Le mâle continue à produire des claquements de bec et ouvre faiblement ses ails puis il rapproche de la femelle qui produit également des claquements avec des battements d'aile.
- **2^{ème} phase (réaction de la femelle) :** Le couple continue à bouger au-dessus de nid en formant un cercle ou demi-cercle pour un peu de temps jusqu'au la femelle s'arrête.
- **3^{ème} phase (passe à l'action) :** Quand la femelle a eu une position convenable, le mâle allonge le bec et le cou sur son dos et la monte gentiment, avec des légers battements d'ail le mâle contrôle sa balance au-dessus, et plie les pattes au-dessous, le mâle lève sa queue et tous les deux ramènent la tête en arrière.



FIGURE 4.1 – Comportement de copulation, photo prise le 14 mars 2012.

4.1.3 Densité et répartition des nids

Un ensemble de 109 nids ont été répertoriés dans la zone d'étude, dont 98 nids ont été occupés durant la saison 2011 (soit 89,91 %) et 88 nids ont été occupés en 2012 (soit 88,00 %). Tous les nids sont bâtis sur des oliviers *Olea europea* plantés dans les années quarante, dont les hauteurs varient de 350 à 600 cm. Le repérage des nids a été fait avant l'occupation pour ne pas déranger les couples formés. Comme l'olivier est planté généralement en rangés, chaque arbre active (contenant un nid) était marquée par un code alphanumérique correspondant à la ligne et à la position de l'arbre respectivement, par exemple, le nid (F3) est placé dans le rangé F (Est-Ouest) et sa position est la troisième (Nord-Sud) (Fig. 4.2).

4.1.4 Arrivée et période pré reproduction

D'abord, il est à remarquer qu'il n'est pas possible d'obtenir pour toute la région d'étude les dates exactes d'arrivée au nid des sujets. Toutefois, la fréquence relativement élevée de nos observations permet d'illustrer ces dates pour la localité représentative de la région d'étude (colonie de Dréan).

En 2011, et à cause de démarrage tard du suivi de la colonie, on a enregistré directement l'occupation des nids où cinq (05) individus ont été observés perché sur des nids le 07 janvier, le suivi avait continu jusqu'à l'envol à la fin du juin et la dissertation complète de la colonie y compris un radiant de 5 km autour à la fin d'octobre.

Pour la saison de reproduction 2012, le suivi de la colonie a commencé dès la fin de la saison précédente (en août) avec une fréquence d'une visite par mois. Les premières arrivées de la Cigogne blanche sur les sites de reproduction sont enregistrées la première moitié du mois de janvier. Cependant, en 2012 les premiers individus sont observés le 14 janvier.

À partir de la deuxième décade du mois de février, les couples reproducteurs commencent à se former sur les sites de reproduction. Généralement, un seul individu arrive et occupe le nid en premier, puis sera suivi par son partenaire une semaine plus tard.

4.1.5 L'occupation des nids

L'occupation des nids a été définie par le premier jour où l'individu est vu perché, défondre ou construire certain nid (Vergara et al., 2007b). En 2011, les premiers individus arrivés observés le 07 janvier puis, le taux d'occupation avait augmenté continuellement jusqu'à la mi-mars où 90 % des nids ont été occupés (Fig. 4.3 a).

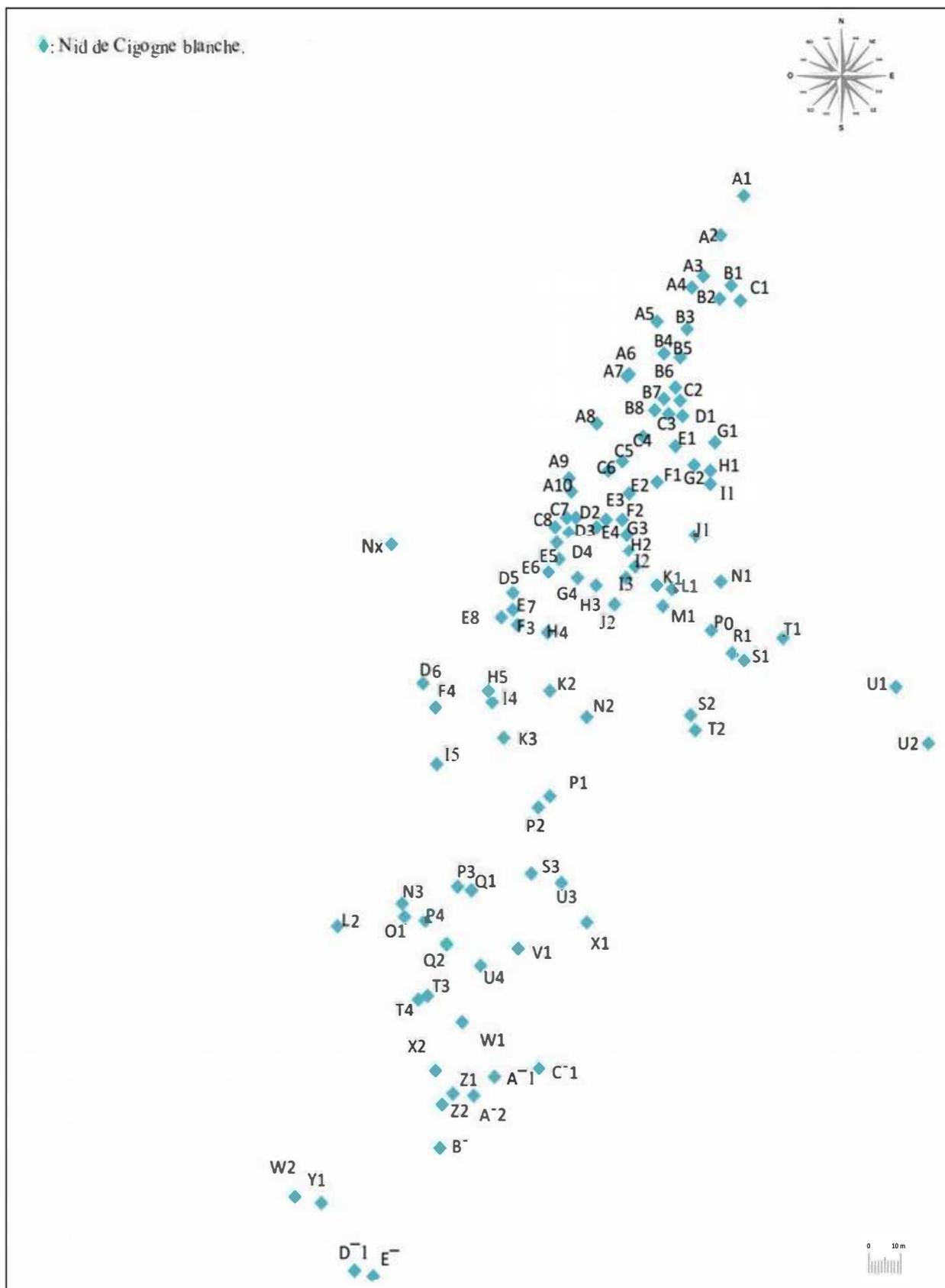


FIGURE 4.2 – Distribution des nids actifs de la cigogne blanche dans la colonie de Dréan

Pour la saison 2012, quatre individus ont été observés le 17 décembre en train de fourrager dans la prairie a coté de la colonie, mais l'occupation des nids avait commencé le 14 janvier où deux individus ont été observés perchés sur les nids, puis elle continue graduellement jusqu'à la première semaine de mars où 88 % des nids ont été occupés (Fig. 4.1 b).

4.1.6 Phénologie de la ponte de la cigogne blanche

La colonie étudiée a été suivi avec fréquence d'une visite chaque deux jours afin de noter l'ordre chronologique de la ponte. En 2011, la ponte avait débuté le 09 mars et s'étale jusqu'au 16 avril avec une date moyenne, le 29 mars. Des mauvaises conditions climatiques ont été rencontrées cette année exprimées par des fortes pluies pendant la première semaine de mars qui ont causé des chutes d'un taux de (19 %) des nids, qui ont été rebâtis vers la fin de mars (aucune confirmation que les nids rebâtis ont été réoccupés par les mêmes couples), cela prolonge la période de ponte de la cigogne blanche jusqu'au le 14 mai. Tandis qu'en 2012, la ponte a commencé le 03 mars et s'étale jusqu'au 18 avril avec une date moyenne le 27 mars (Fig. 4.4).

4.1.7 Grandeur de ponte

Un total de 433 et 344 œufs de la cigogne blanche *Ciconia ciconia* à partir de 80 et 73 nids ont été utilisés pour l'analyse, les résultats sont présentés au suivant (Tab. 4.2).

TABLEAU 4.2 – Fréquence d'occurrence du nombre des œufs selon les différentes grandeurs de ponte

GP	2	3	4	5	6	7
2011	0,01	0,06	0,26	0,6	0,06	0
2012	0	0,01	0,23	0,71	0,03	0,01

En 2011, la grandeur de ponte varie entre 2 et 6, avec (1,25 %) des nids qui contiennent 2 œufs, (6,25 %) des nids contiennent 3 œufs, (26,25 %) des nids contiennent 4 œufs, (60 %) des nids comportent 5 œufs et seulement (6,25 %) des nids contiennent 6 œufs. En moyenne, la grandeur de ponte obtenue cette saison était de $4,64 \pm 0,76$ (n= 80).

En 2012, la grandeur de ponte varie entre 3 et 7, avec (1,37 %) des nids contiennent 3 œufs, (23,29 %) des nids contiennent 4 œufs, (71,23 %) des nids comportent 5 œufs et seulement (2,74 %) des nids contiennent 6 œufs et on a rencontré un seul nid qui contient 7 œufs. En moyenne, la grandeur de ponte obtenue cette saison était de $4,78 \pm 0,59$ (n= 73). La grandeur de ponte modèle était égale à 5 pour les deux saisons de reproduction.

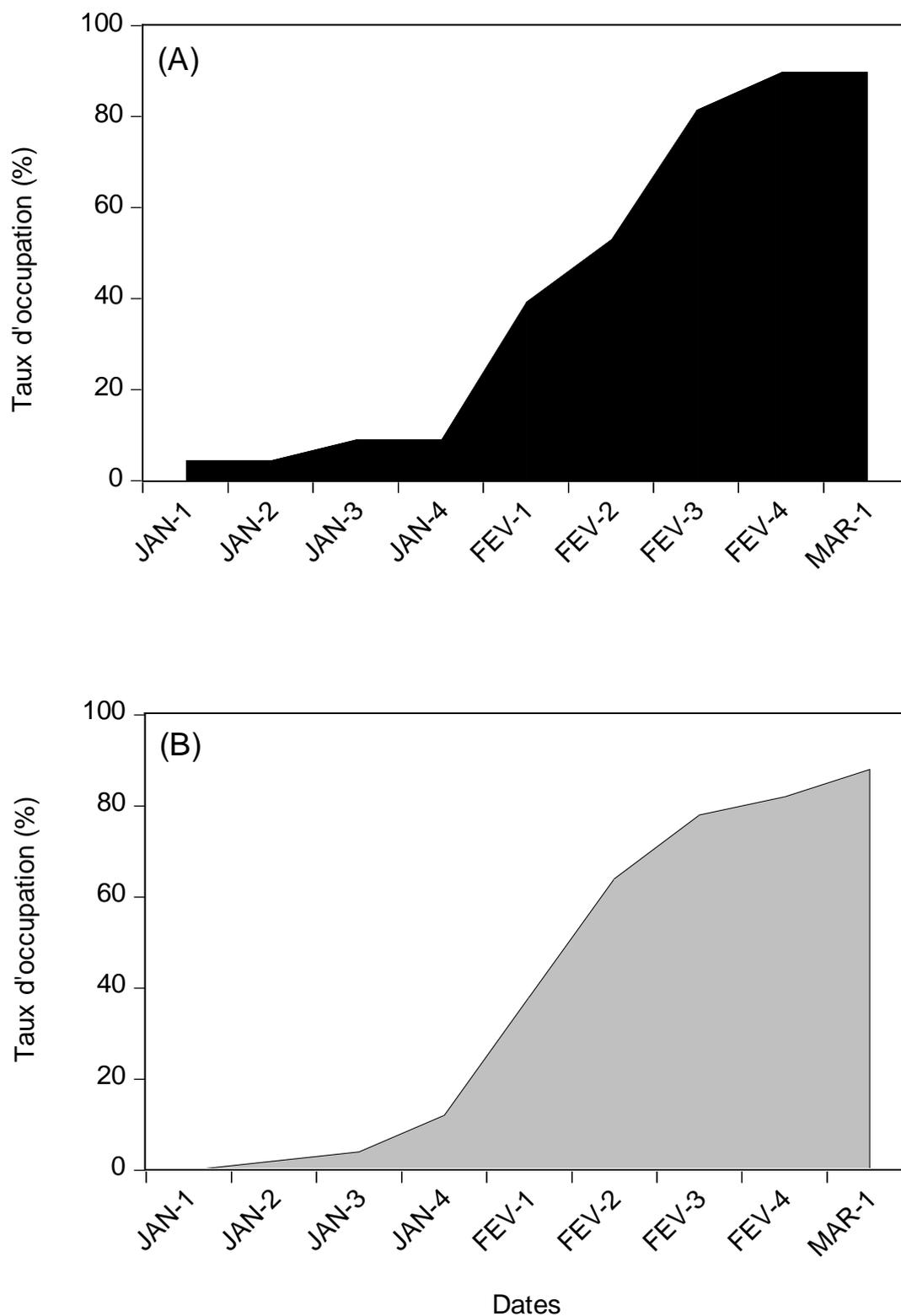


FIGURE 4.3 – Taux d’occupation de la colonie de Dréan durant les deux saisons de reproduction (A) 2011 et (B) 2012 (Occupation moyenne par semaine).

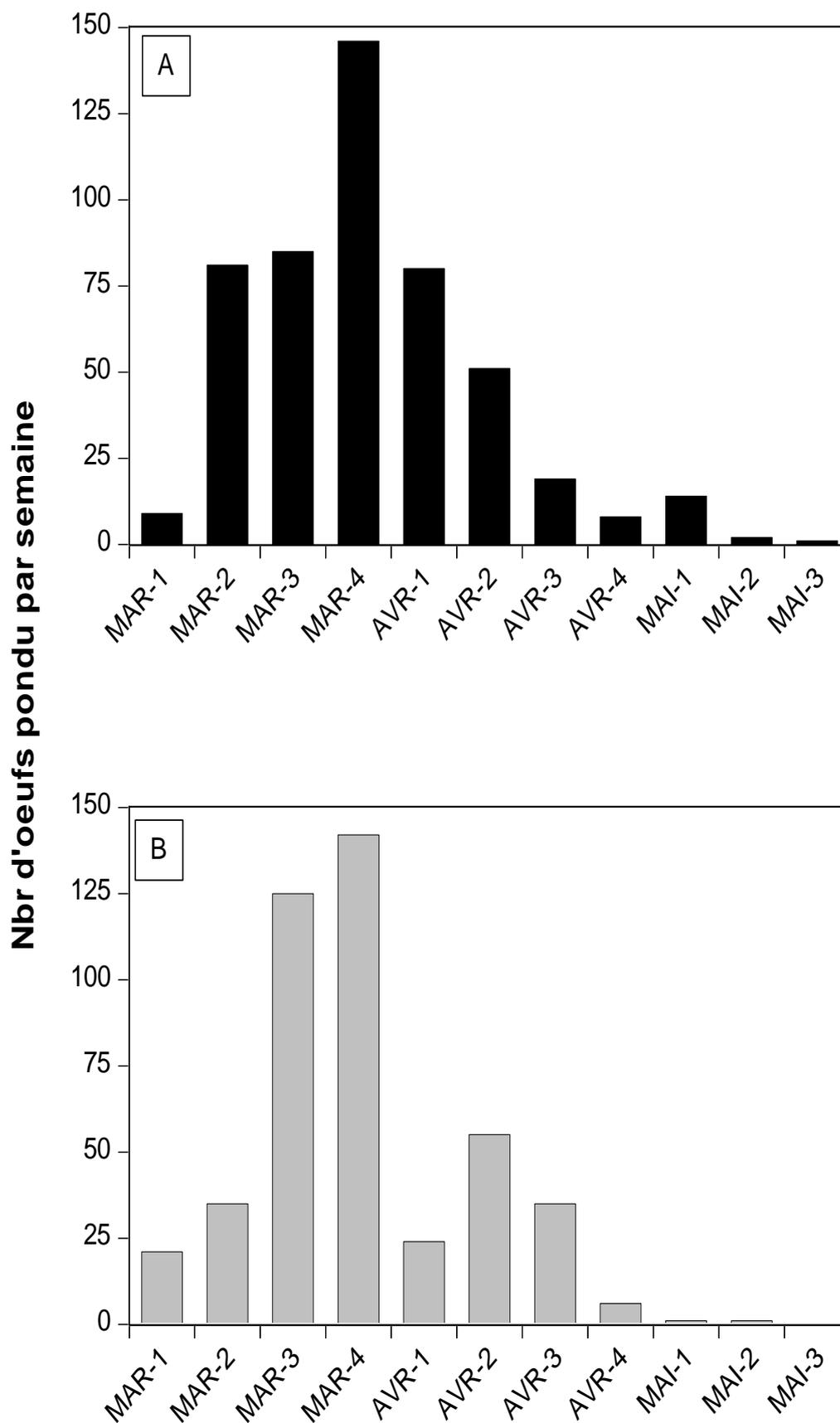


FIGURE 4.4 – Phénologie de ponte de la cigogne blanche durant les deux saisons de reproduction. (A) 2011 et (B) 2012.

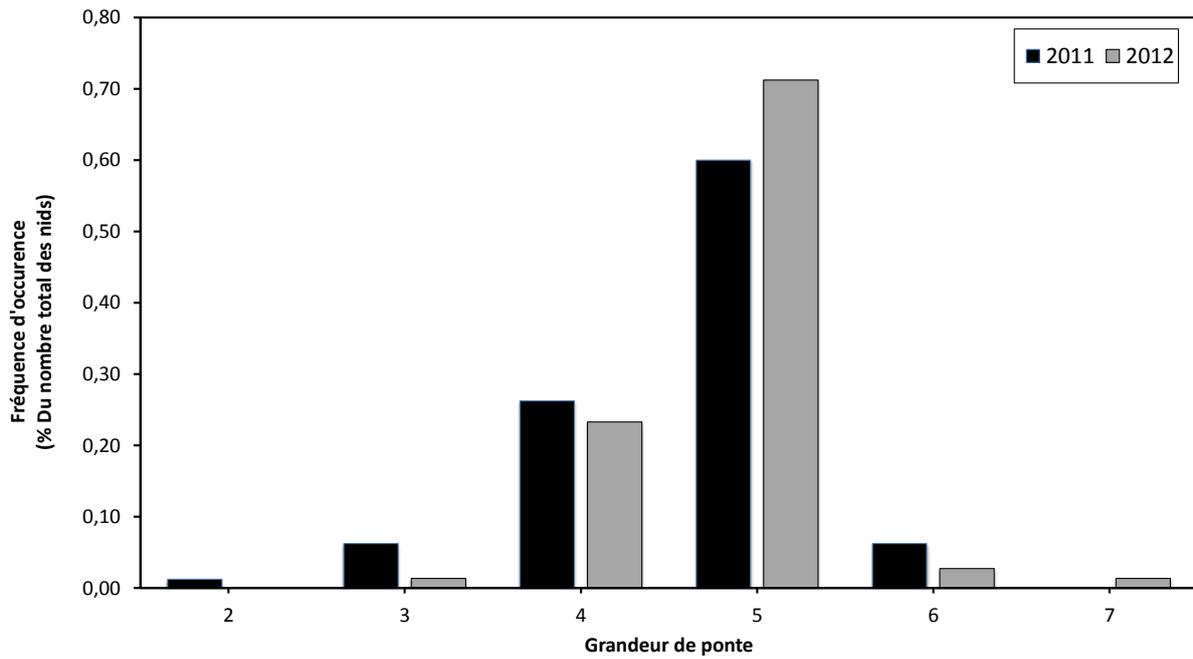


FIGURE 4.5 – Proportion relative du nombre des nids comportant 2 à 6 œufs en 2011 et 2012.(Y a aucun nid qui contient 1 œuf, et un seul nid comporte 7 œufs (2012).

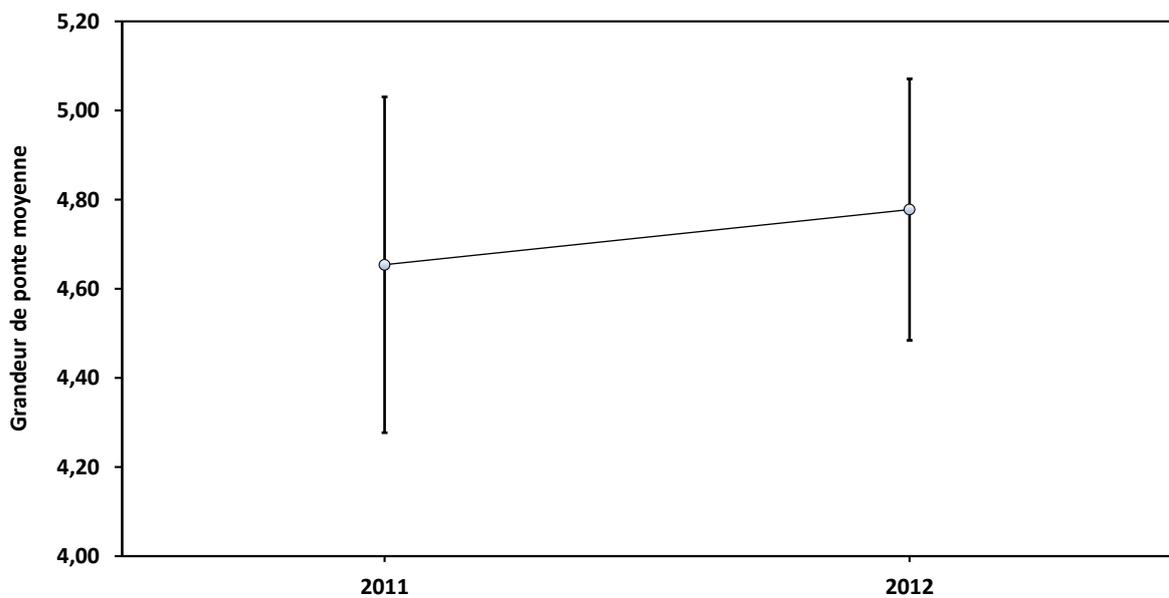


FIGURE 4.6 – Variation de la grandeur de ponte (Moy ± ET) entre 2011 et 2012.

La distribution de la proportion des couples s'investissant dans une ponte composée de 3 à 5 œufs est donc fortement différente entre les deux saisons (6,25 % à 60 %) en 2011 et, (1,37 % à 71,23 %) en 2012 (Fig. 4.5).

4.1.8 Variation de la grandeur de ponte selon la taille des nids

TABLEAU 4.3 – Variation de la grandeur de ponte selon les tailles des nids (Diamètre externe) (cm) en 2011 et 2012.

GP	2011		2012	
	Moy (ET)	N	Moy (ET)	N
2	120	1	-	-
3	167,6 (43,11)	5	143	2
4	168,7 (40,36)	20	176,12 (52,72)	16
5	174,29 (36,71)	47	173,51 (39,61)	45
6	198,2 (46,89)	5	220 (35,35)	2
7	-	-	180	1

Le tableau (4.3) montre la distribution de la grandeur de ponte selon les tailles des nids avec le plus petit nid comportant la plus faible grandeur de ponte (2 œufs) et le grand nid comportant la plus grande enregistrée dans la colonie (7 œufs), la grandeur de ponte augmente graduellement avec la taille des nids.

Une forte corrélation significative positive entre la grandeur de ponte et la taille des nids (représentée ici par le diamètre externe) (Kruskal-Wallis, $X^2 = 68,73$; ddl= 49, P= 0.03), la ligne représente la meilleur régression entre les deux variables, avec une tendance similaire observée durant les deux saisons de reproduction ($R^2 = 0,03$ et $0,01$ respectivement). Les nids de grandes tailles abritent une large grandeur de ponte et par conséquent assure un grand succès reproductif chez la cigogne blanche (Fig. 4.7).

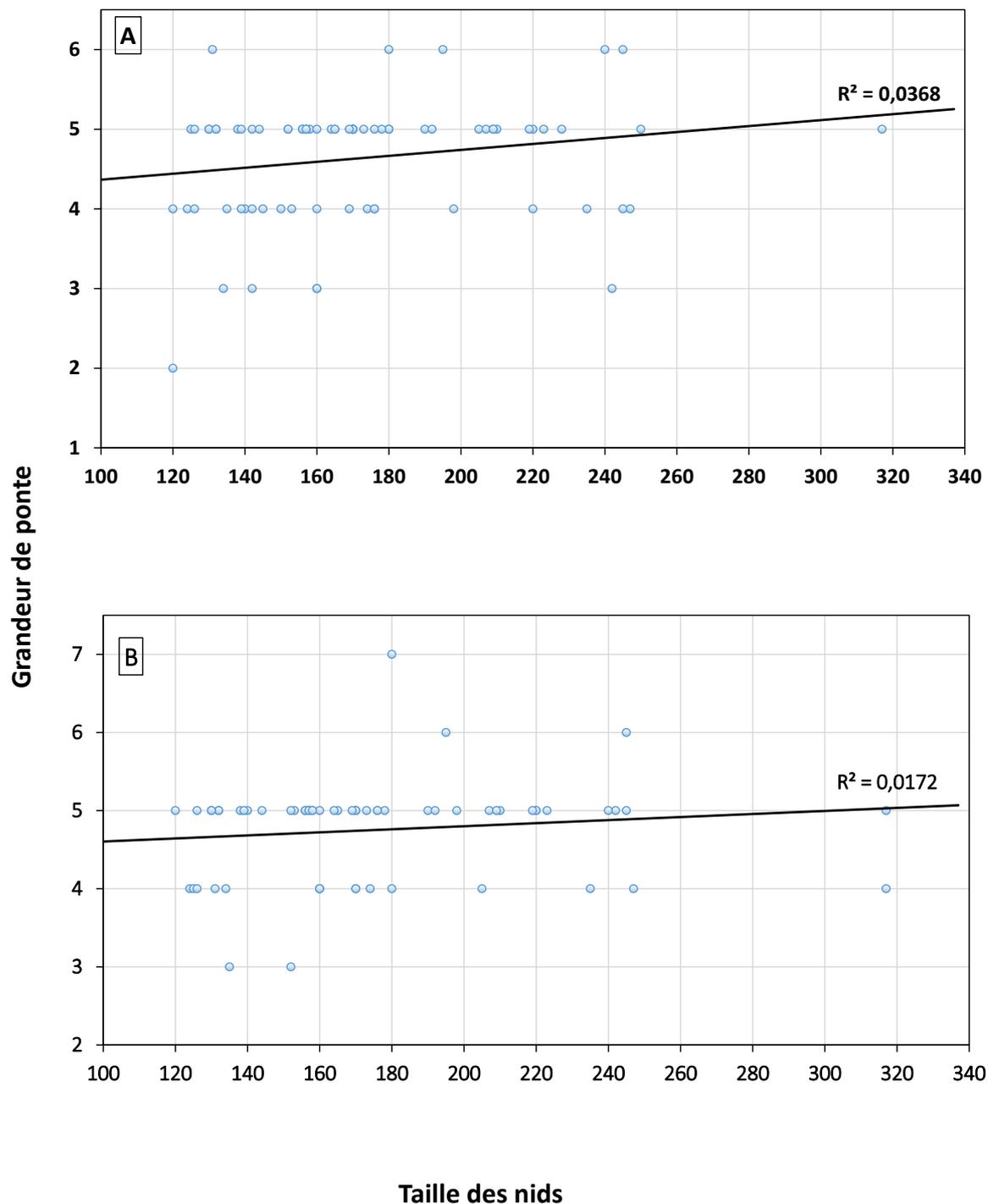


FIGURE 4.7 – Variation de la grandeur de ponte moyenne selon les différentes tailles des nids (A) 2011 et (B) 2012.

4.2 Caractéristique physiques des œufs

4.2.1 Dimension et volume

TABEAU 4.4 – Moyenne et rang des mensurations des œufs de la cigogne blanche. (A) 2011 et (B) 2012.

Paramètres	Moyenne _{GP} (ET)	Rang _{GP}	Rang _{totale}
A			
Longueur (mm)	73,03 (2,56)	65,34 – 79,45	62,51 - 79,45
Diamètre (mm)	51,27 (1,94)	44,56 – 56,80	44,56 - 56,80
Volume (cm³)	92,78 (8,83)	66,86 – 117,44	66,86 - 117,44
Elongation	1,42 (0,05)	1,30 – 1,60	1,25 – 1,60
N	363	363	433
B			
Longueur (mm)	73,56 (2,91)	66,20 – 80,99	66,2 – 80,99
Diamètre (mm)	51,47 (1,72)	47,16 – 56,06	47,16 – 56,06
Volume (cm³)	94,19 (8,74)	71,12 – 114,84	71,11 – 114,84
Elongation	1,42 (0,05)	1,22 – 1,59	1,22 – 1,59
N	303	311	344

Un ensemble de 433 et 344 œufs ont été mesurés respectivement durant les deux saisons de reproduction 2011 et 2012 à l'aide d'un pied à coulisse digital (0,01 mm), chaque saison. En 2011, la longueur des œufs varie entre 62,51 et 79,45 mm avec un moyen de $72,97 \pm 2,73$ mm en 2012, entre 66,2 et 80,99 mm avec un moyen de $73,51 \pm 2,95$ mm, Le diamètre varie entre 44,56 et 59,4 mm avec un moyen de $51,2 \pm 1,95$ mm en 2011 et entre 47,16 et 68,98 mm avec un moyen de $51,47 \pm 2,1$ en 2012. (Fig. 4.8).

La moyenne de la longueur, le diamètre, le volume et l'élongation de la présente étude sont similaires à ceux trouvés dans les hautes plaines Sétifiennes (Djerdali, 2010) et aussi à d'autres travaux du monde (Schulz, 1998 ; Bogucki et Ozgo, 1999).

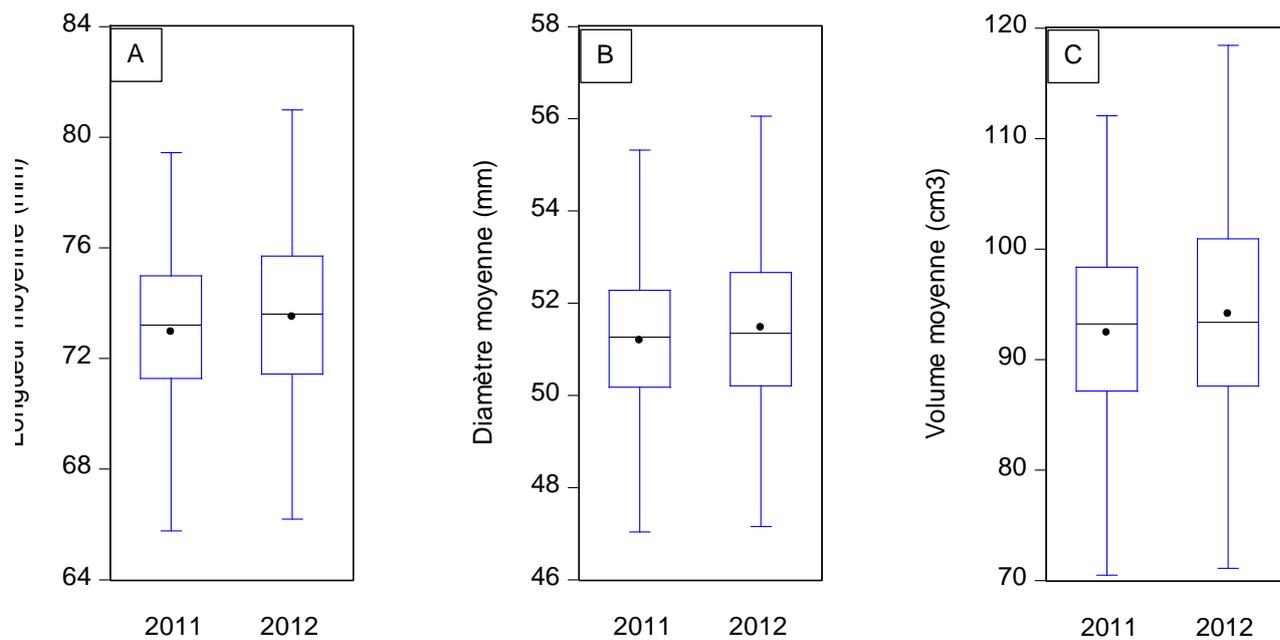


FIGURE 4.8 – Paramètres biométriques des œufs de la cigogne blanche

((A) Longueur, (B) Diamètre et (C) Volume)

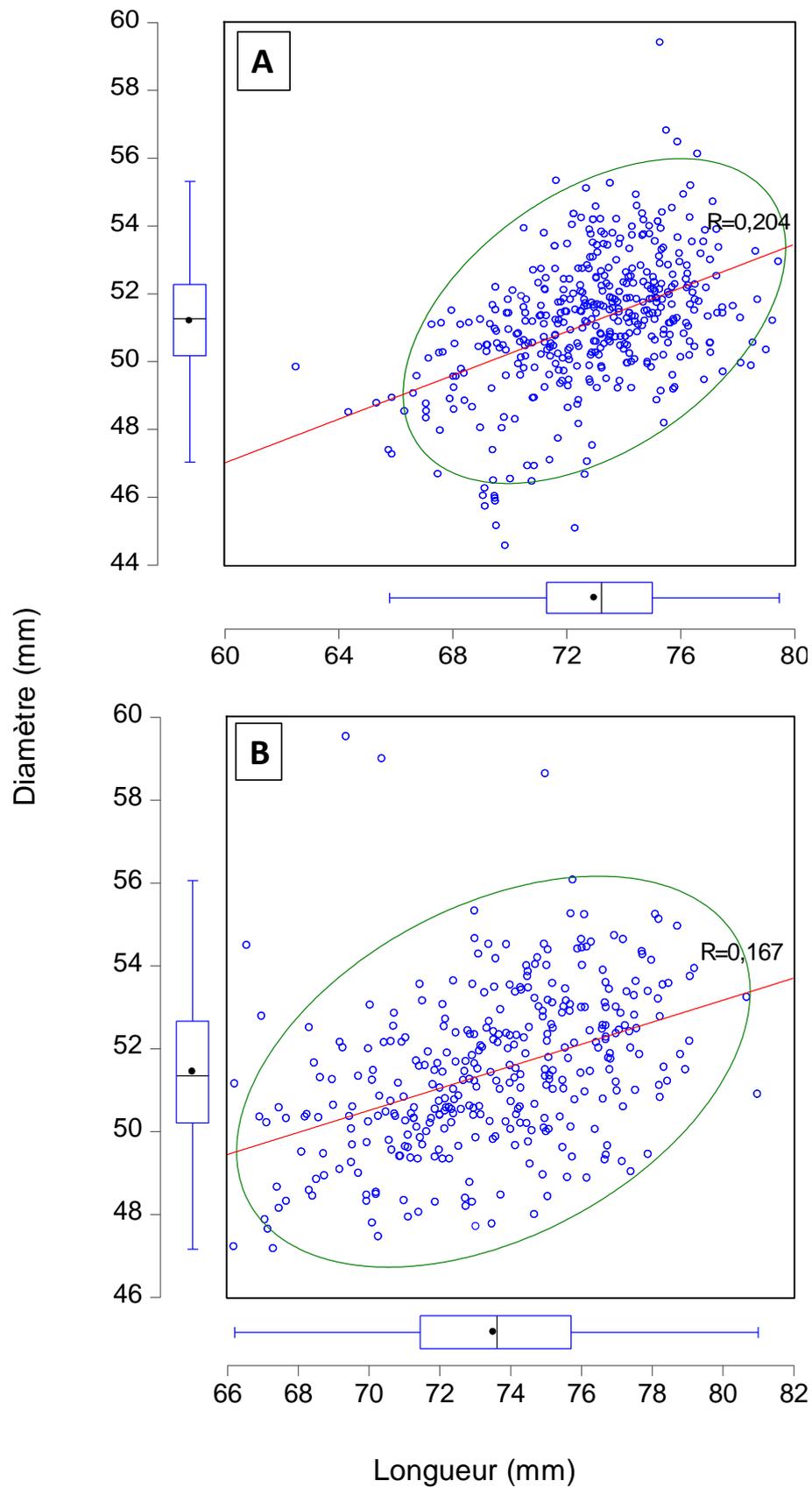


FIGURE 4.9 – Corrélation entre la longueur et le diamètre des œufs de la cigogne blanche durant les deux saisons de reproduction (A) 2011 et (B) 2012.

4.2.2 Corrélation entre la longueur et le diamètre des œufs

La figure (4.9) montre une corrélation significative positive entre la longueur et le diamètre des œufs de la cigogne blanche durant les deux saisons de reproduction (2011 : Pearson, $r=0,454$; $N=363$, $P=0,0001$) et (2012 : Pearson, $r=0,495$; $N=303$, $P=0,0001$).

4.2.3 Variation de la biométrie des œufs

a. Volume des œufs en fonction de la grandeur de ponte

TABLEAU 4.5 – Volume des œufs (Moy ± ET) par ordre de ponte en 2011 et 2012 (cm^3).

GP	Moyenne (Ecart-type)	N	Moyenne (Ecart-type)	N
2	101,80 (4,39)	4	86,37 (3,81)	4
3	92,30 (6,29)	12	91,15 (5,21)	18
4	93,04 (9,87)	116	93,40 (8,71)	72
5	91,91 (8,70)	265	94,21 (9,33)	231
6	92,42 (6,88)	36	97,76 (5,29)	12
7	-	-	87,75 (3,56)	7

En 2011, Les plus gros œufs ($101,79 \pm 4,39 cm^3$) ont été enregistrés dans les couvées comportant deux œufs, la taille des œufs continue à diminuer au fur et au mesure de la grandeur de ponte augmente jusqu'au ($91,91 \pm 8,70 cm^3$) dans les couvées de six œufs ($n=5$). Contrairement, en 2012, les œufs composants les couvées de deux œufs ont été désormais les plus petits ($86,37 \pm 3,81 cm^3$), le volume des œufs augmente graduellement avec l'augmentation de la grandeur de ponte et finalement diminuer abruptement dans la couvée de sept œufs (Tab. 4.5).

L'analyse de la variance exécutée en 2011 a montré qu'il n'existe pas de compromis taille de ponte et volume moyen des œufs (ANOVA, $F_{4,428} = 1,48$, $p=0,2$), la même tendance avait été remarquée en 2012 (ANOVA, $F_{5,338} = 2,16$, $p=0,058$) (Fig. 4.10).

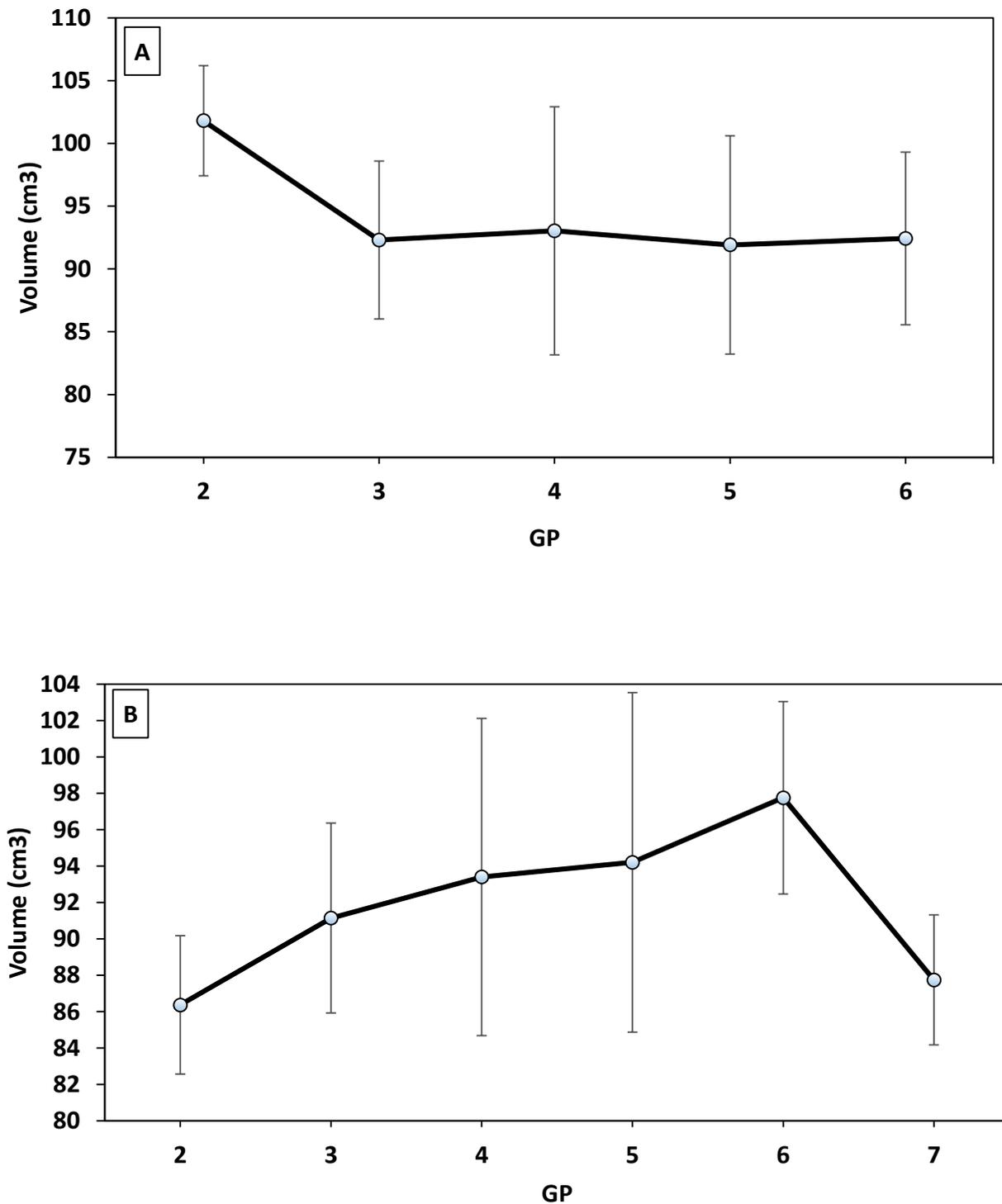


FIGURE 4.10 – Variation du volume des œufs (Moy ±ET) en fonction de la grandeur de ponte. (A) 2011 et (B) 2012.

TABLEAU 4.6 – Volume des œufs (Moy ± ET) selon la grandeur de ponte (cm^3).

Ordre	Moyenne (Ecart-type)	N	Moyenne (Ecart-type)	N
1	93,35 (9,37)	94	93,18 (9,29)	75
2	94,50 (8,42)	94	94,71 (8,22)	76
3	93,62 (8,95)	92	95,05 (8,32)	73
4	91,23 (7,97)	88	94,11 (9,32)	67
5	87,63 (8,10)	59	91,31 (9,26)	49
6	86,99 (5,66)	6	91,38 (9,31)	3
7			81,25	1

b. Volume des œufs en fonction d'ordre de ponte

En 2011, Le 1^{er} œuf dans la séquence ($94,38 \pm 9,37 cm^3$) est de taille plus petit que le deuxième qui est le plus gros de la couvée ($94,50 \pm 8,42 cm^3$). La taille des œufs subséquents diminue graduellement avec l'ordre de ponte, finalement la taille diminue abruptement au dernier œuf ($86,99 \pm 5,66 cm^3$) qui est souvent le plus petit de la couvée (Tab. 4.5).

En 2012, la taille des œufs augmente avec l'ordre de ponte jusqu'au 3^{ème} œuf ($95,05 \pm 8,32 cm^3$) qui est le plus grand dans la séquence, puis, le volume des œufs subséquents diminue graduellement avec l'ordre de ponte, finalement la taille diminue abruptement au dernier œuf ($81,24 cm^3$) qui est souvent le plus petit de la couvée (Tab. 4.6).

Le patron de variation du volume des œufs à l'intérieur de la couvée dans la population étudiée avait été significativement affecté par l'ordre de ponte en 2011, (ANOVA, $F_{5,427} = 6,15$, $P = 0,0001$). Le 1^{er} œuf dans la séquence est de taille plus petit que le deuxième qui est le plus gros de la couvée. En outre, les différences dans le volume étaient significatives entre les œufs pondus en 2^{ème} et ceux pondus en 5^{ème} position (Test post hoc de Tukey, $df = 7,11 cm^3$, $P = 0,001$) (Fig. 4.11 a). Par contre, En 2012, le patron de variation du volume des œufs à l'intérieur des couvées n'a pas été significativement affecté par l'ordre de ponte (ANOVA, $F_{6,337} = 1,46$, $p = 0,19$) (Fig. 4.11 b).

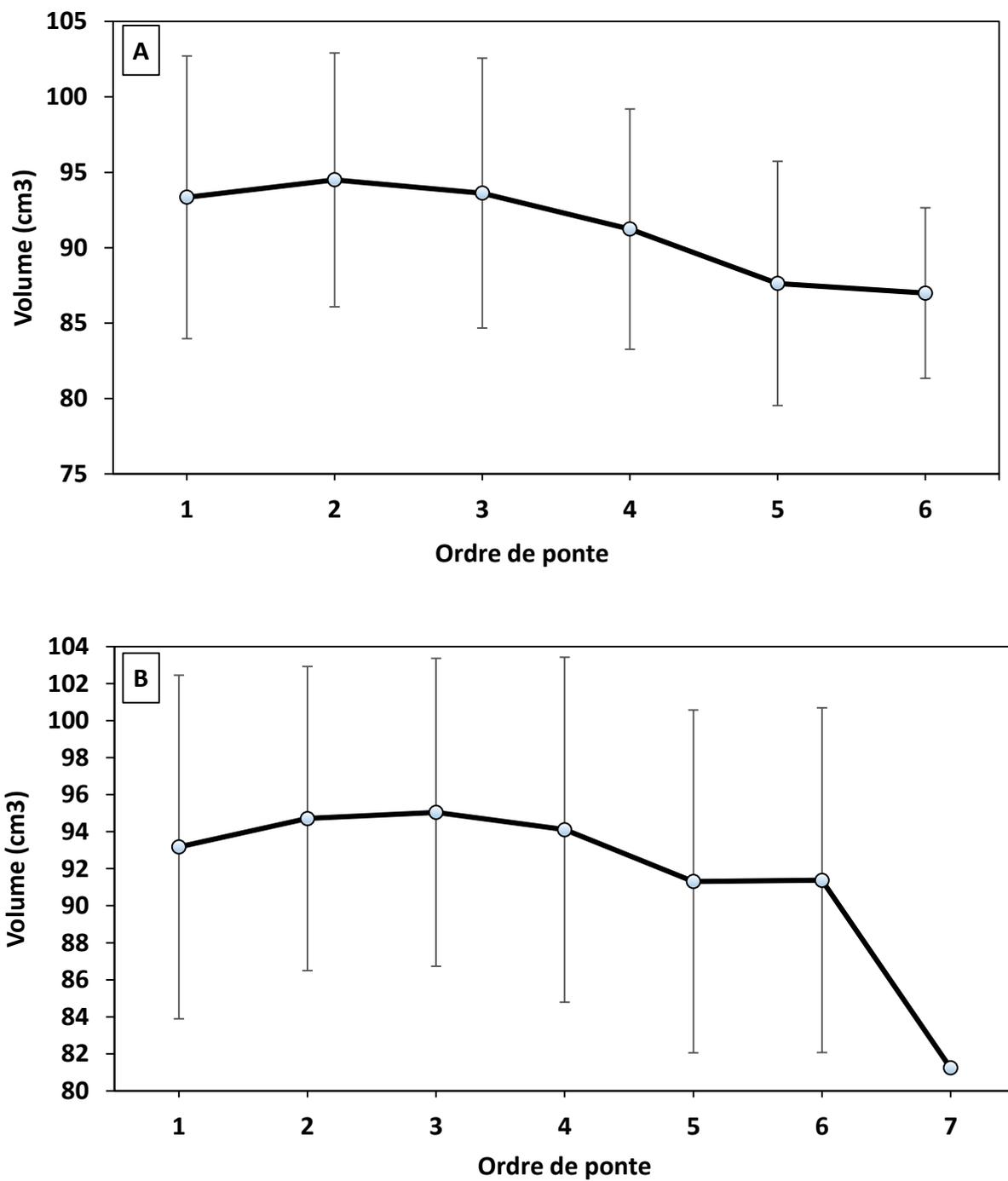


FIGURE 4.11 – Variation du volume des œufs (Moy \pm ET) en fonction d'ordre de ponte. (A) 2011 et (B) 2012.

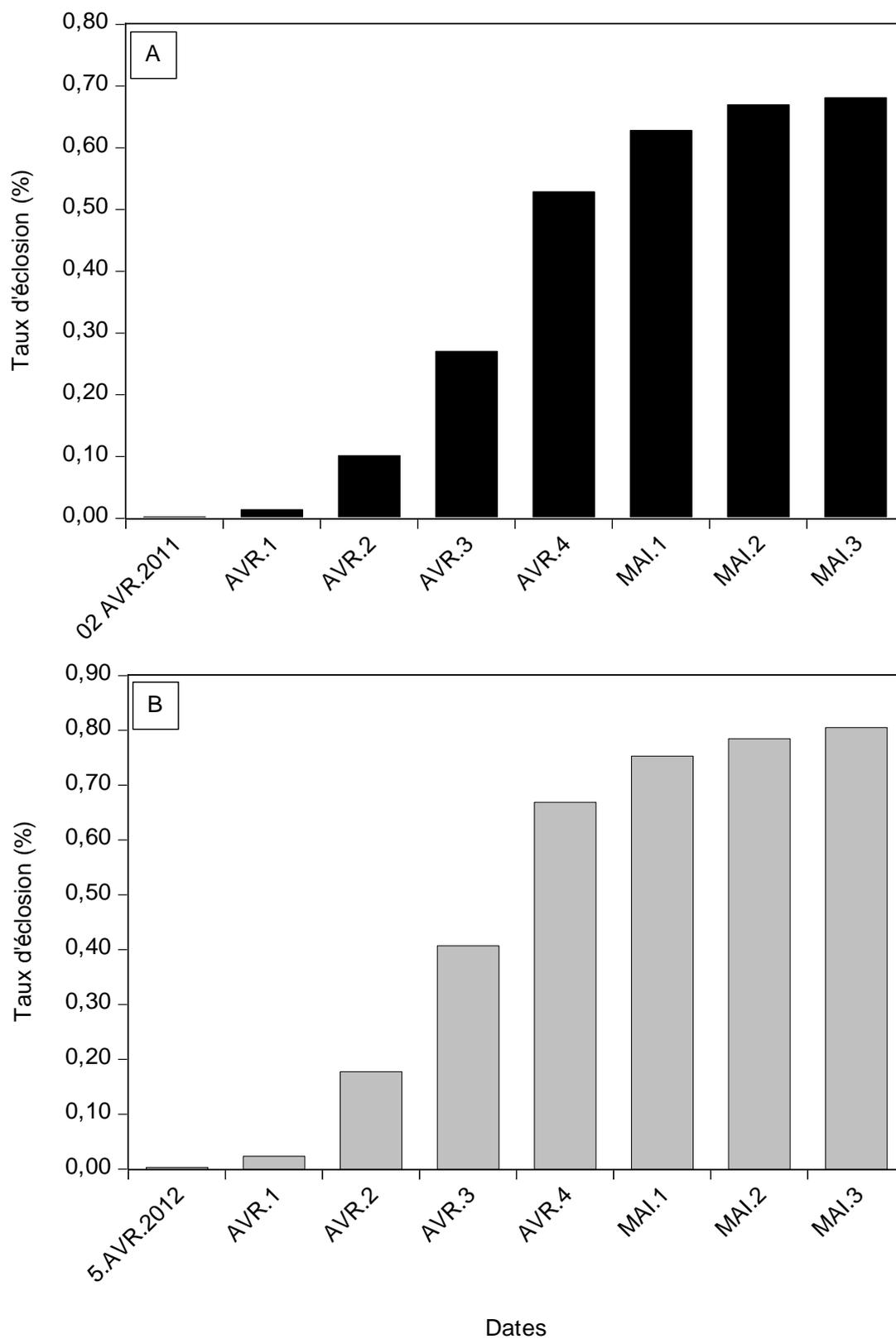


FIGURE 4.12 – Evolution du taux d'éclosion des œufs de la cigogne blanche par semaine. (A) 2011, n=433 et (B) 2012, n=344.

4.3 Date et évolution d'éclosion

La cigogne blanche a une éclosion asynchrone, avec des dates moyennes le 25 et le 28 avril respectivement durant les deux saisons de reproduction 2011 et 2012; elle s'étale entre le 02 avril jusqu'au 18 mai 2011 et entre le 05 avril jusqu'au 21 mai 2012.

4.3.1 Taux d'éclosion

Le taux d'éclosion moyen était de 68,13 % et de 79,65 % respectivement durant les deux saisons de reproduction 2011 et 2012, avec une moyenne de 81,63 % et 82,95 % des nids ayant subi une éclosion (au moins un œuf éclos) durant les deux saisons de reproduction respectivement.

4.3.2 Évolution du taux d'éclosion

L'éclosion des œufs de la colonie de Dréan durant la saison de reproduction 2011 avait commencé le 02 avril s'étalant jusqu'au 18 mai avec un moyen de 6,28 œufs éclos par jour. Par contre, en 2012, l'éclosion avait commencé un peu tard (le 05 avril) et s'étale jusqu'au 21 mai avec un moyen de 5,83 œufs éclos par jour (Fig. 4.12).

4.4 Analyse démographique et phénologique de la reproduction de la cigogne blanche

4.4.1 Paramètres démographiques

De l'examen des divers paramètres démographiques de la Cigogne blanche au Dréan pour l'année 2011, il ressort que le nombre de reproducteurs (HPm) est de 80 couples (soit 88,9 %), (HPo) constituant les 10 couples restants (soit 11,1 %). Sur un total d'éclosions de 295 poussins (JZG), le nombre de jeunes envolés est de 185, soit un taux de 62,7 % et un moyen de $2,47 \pm 1,13$ poussins par couple reproducteur (JZm), cette valeur signifie une mortalité significative des poussins.

Pour l'année 2012, il ressort que le nombre de reproducteurs (HPm) est de 73 (soit 82,9 %), les non reproducteurs (HPo) constituant les 15 couples restants (soit 17,04 %). Sur un total d'éclosions de 274 (JZG), le nombre de jeunes envolés est de 221, soit un taux de 80,65%

et un moyen de $3,12 \pm 1,06$ poussins par couple reproducteur (JZm), cette valeur signifie une mortalité significative des poussins inférieure à l'année précédente (Tab. 4.7).

La densité reflète la grandeur de la population par rapport à l'étendue du territoire considéré. Pour ce qui nous concerne, la densité moyennes des nids de la Cigogne blanche à la colonie de Dréan, où on a pris en considération la partie du champ d'oliveraie qui contient des arbres actifs avec une superficie de 22,4 hectares, était de l'ordre de 3,61 couples par hectare en 2011, légèrement supérieure à celle enregistrée durant la saison qui suit avec 3,53 couples par hectare.

4.4.2 Succès de reproduction

Le succès de la reproduction représente la continuité de l'effort investi dans la reproduction qui débute par l'ajustement de la grandeur de la ponte aux disponibilités du milieu en nourriture avant et après la ponte. Le succès d'élevage des jeunes dépend étroitement des ressources alimentaires disponibles pour que l'énergie allouée à sa recherche soit minimale et la rentabilité du nourrissage maximale (Lack, 1946; 1947). Le détail du succès de l'élevage des poussins par nid dans la région d'étude pour les deux années 2011 et 2012 montre que la majorité des couples reproducteurs élèvent de 2 à 5 poussins par nid, très rarement 6 (seulement en 2012), mais plus souvent 4 (42,5 % et 40,3 % respectivement) (Tab. 4.7).

Succès de reproduction en fonction de la grandeur de ponte

Pour trouver la grandeur de ponte optimale, on a exécuté une corrélation entre les différentes grandeurs de ponte (Moy \pm ET) et le nombre des jeunes élevés par couple reproducteur (JZa) (Tab. 4.8) et des juvéniles prêts à l'envol (JZm) (Tab. 4.9) durant chaque saison de reproduction.

Le nombre moyen des poussins élevés par couple (JZa) augmente graduellement selon la grandeur de ponte avec une même tendance durant les deux saisons de reproduction. Un taux maximal enregistré dans les couvées de 6 œufs ($4,4 \pm 0,89$ poussin/couple) en 2011 et ($5,5 \pm 0,70$ poussin/couple) en 2012 (Fig. 4.13; Tab. 4.8).

Le succès de reproduction (JZm) augmente graduellement selon la taille des couvées avec un taux maximale enregistré en 2011 dans les couvées de quatre œufs ($2,67 \pm 0,97$ poussin/couple) et en 2012 dans les couvées de six œufs ($4 \pm 1,41$ poussin/couple) (Fig. 4.14; Tab. 4.9).

TABLEAU 4.7 – Paramètres démographiques de la Cigogne blanche de Dréan durant 2011 et 2012.

(HPa : Nombre de couples occupant un nid; HPm : Nombre de couples nicheurs avec poussin; HPo : Nombre de couples nicheurs sans poussin; JZG : Nombre total des poussins; JZa : Nombre moyen de jeunes à l'envol par couple nicheur avec et sans jeunes; JZm : Nombre moyen de jeunes à l'envol par nombre de nids avec jeunes à l'envol).

Paramètres Années	HPa	HPm HPm %	HPo HPo %	JZG	JZa	JZm
2011	90	80 88,88%	10 11,12%	295	3,66 ± 1,14	2,47 ± 1,13
2012	88	73 82,95%	15 17,05%	274	3,67 ± 1,10	3,12 ± 1,06
Moyennes	89	76,5 85,95%	12,5 14,04%	284,5	3,66 ± 1,12	2,8 ± 1,09

TABLEAU 4.8 – Variation du succès d'éclosion (JZa) (Moy ± ET) selon les différentes grandeurs de ponte avec comparaison entre 2011 et 2012.

GP	2	3	4	5	6	7
2011	1	2,6 ± 0,54	3,14 ± 1,01	3,97 ± 1,06	4,4 ± 0,89	-
2012	-	2	2,94 ± 0,97	3,84 ± 0,99	5,5 ± 0,70	5

TABLEAU 4.9 – Variation du succès à l'envol (JZm) (Moy ± ET) selon les différentes grandeurs de ponte avec comparaison entre 2011 et 2012.

GP	2	3	4	5	6	7
2011	1	1,4 ± 0,89	2,42 ± 1,32	2,67 ± 0,97	2,2 ± 1,48	-
2012	-	2	2,88 ± 0,92	3,17 ± 1,09	4 ± 1,41	4

Les résultats moyens des deux saisons sont significatifs autant pour le nombre moyen de jeunes par couple reproducteur, tous les couples compris (ANOVA, $F_{5,147} = 8,50$, $P = 0,0001$), que pour les couples ayant réussi leur reproduction (ANOVA, $F_{5,145} = 2,50$, $P = 0,033$). Globalement, durant les deux saisons de reproduction, les grandeurs les plus productives sont ceux qui contiennent cinq œufs ($3,27 \pm 1,15$ poussin/nid) et six œufs ($3,14 \pm 2,04$ poussin/nid), donc les couples qui ont accompli une large grandeur de ponte en une grande probabilité d'élever un taux élevé des poussins.

Une variation inter-annuelle était observée concernant le succès de reproduction (JZm) selon les différentes tailles de ponte avec une augmentation en 2012 par rapport à 2011 notamment dans les couvées de cinq œufs (Teste de Wilcoxon, $Z = 2,276$, $N = 48$ nids, $P = 0,02$).

Variation du succès de reproduction selon la taille des nids

La figure (4.15) montre une corrélation significative entre la taille des nids et le succès de reproduction, avec une tendance similaire observée durant les deux saisons de reproduction. En 2011, le succès de reproduction varie de 1 poussin/par couple dans les nids de 155,62 cm de diamètre à 5 poussins/couple dans les nids de 250 cm de diamètre. En 2012, le succès de reproduction varie de 1 poussin/couple dans les nids de 152,33 cm de diamètre à 4 poussins/couple dans les nids de + 200 cm de diamètre.

Les nids de grande taille peuvent contenir une large grandeur de ponte et assure par conséquence un grand succès de reproduction, en plus, la Cigogne blanche est une espèce de grande taille dont les poussins pèsent entre 3-4 kg et ont une envergure d'environ 1,5 m (Cramp et Simmons, 1977). Le nid de grande taille offre de l'espace aux poussins et diminue le risque d'interaction intra-couvée entre les poussins pendant la période d'élevage et aussi pendant d'envol où les cigogneaux commence à entraîner leurs ailes.

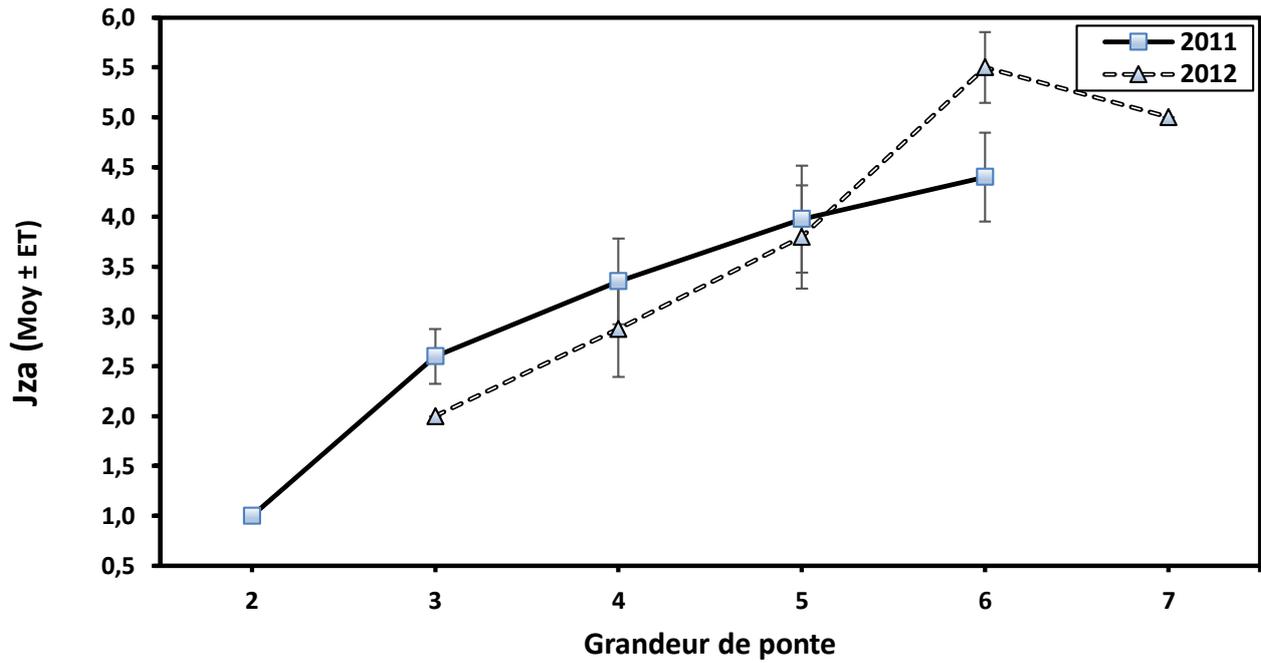


FIGURE 4.13 – Variation du nombre moyen de jeunes par couple (JZa) selon les différentes grandeurs de pont en 2011 et 2012.

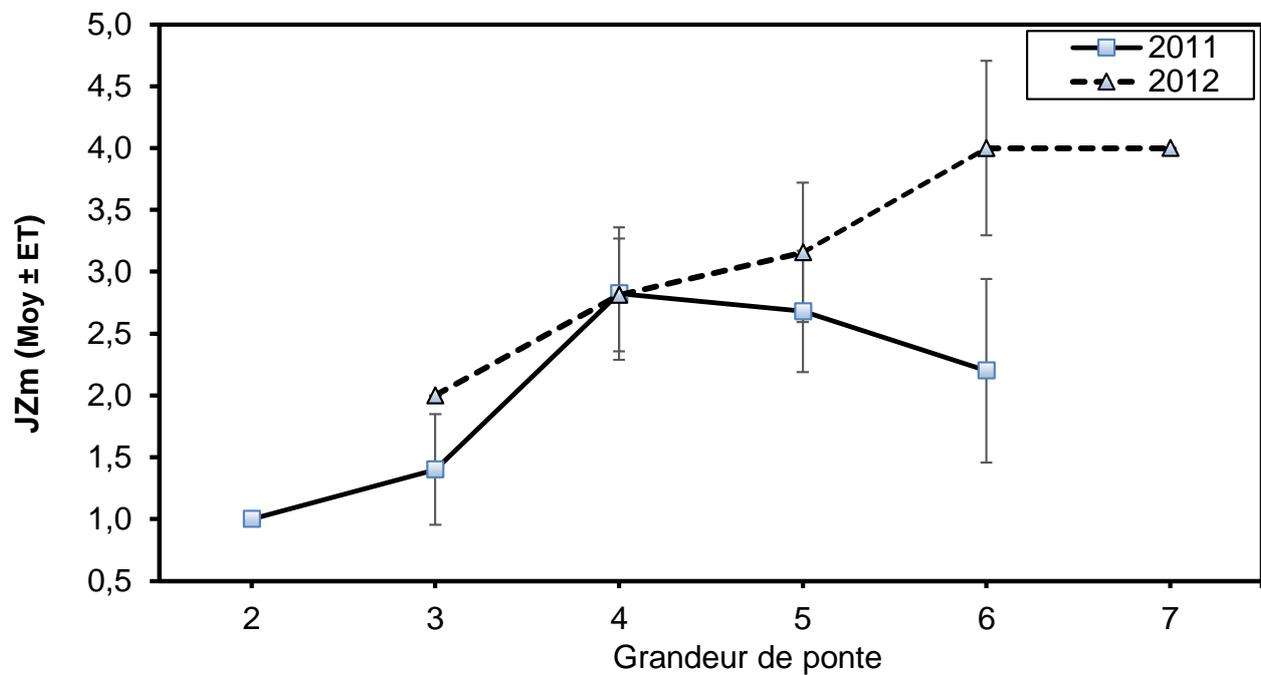


FIGURE 4.14 – Variation du succès de reproduction (JZm) selon les différentes grandeurs de pont en 2011 et 2012.

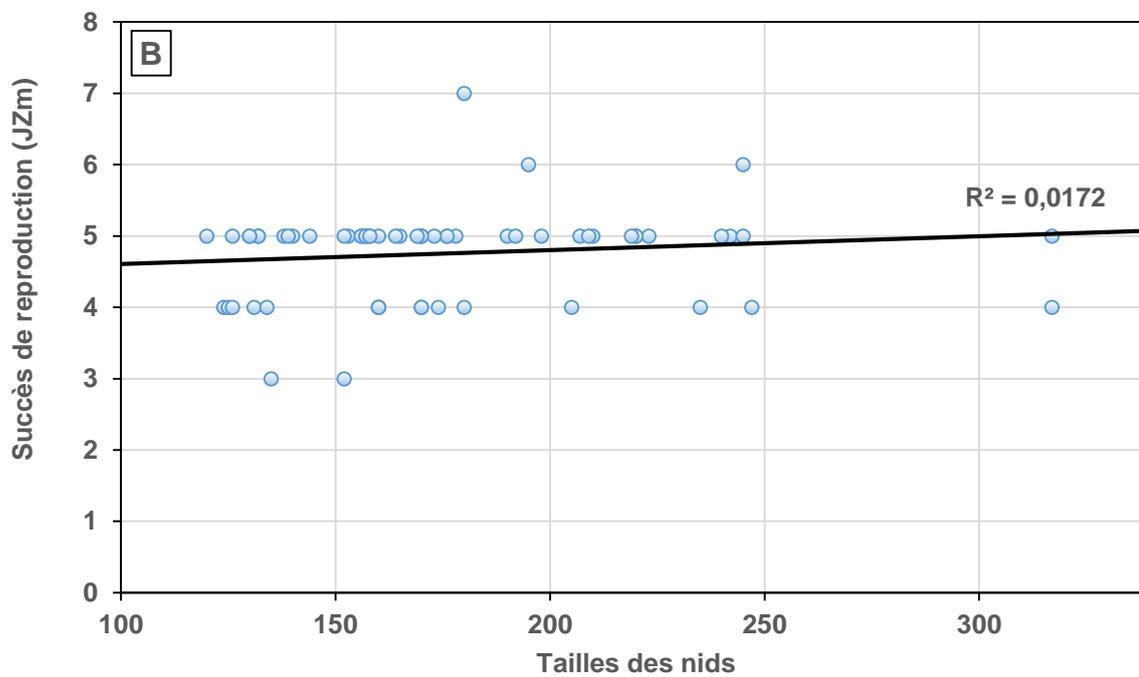
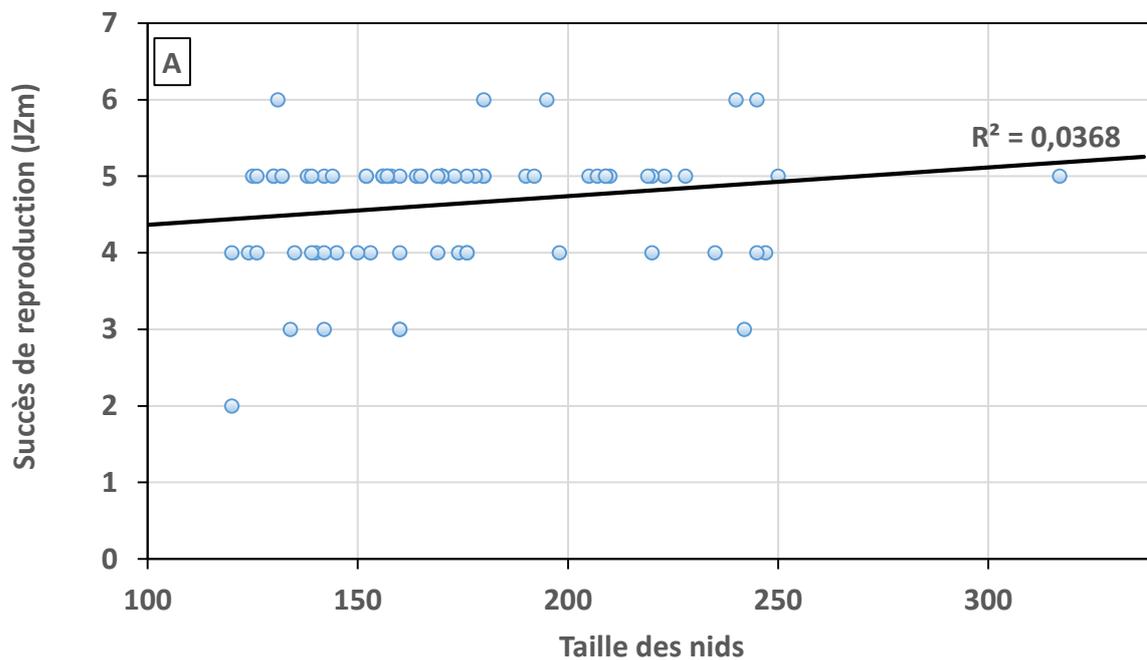


FIGURE 4.15 – Succès reproductif moyen (JZm) selon les différentes tailles des nids en (A) 2011 et (B) 2012.

4.5 Les facteurs déterminants de la performance de reproduction de la cigogne blanche *C. ciconia*

Le timing de la reproduction et l'emplacement des nids chez les oiseaux coloniaux peuvent avoir des conséquences sur leurs fitness, la performance de reproduction également connue pour être influencée par de nombreux facteurs telles que le manque de la nourriture, la prédation, les conditions météorologiques et l'âge des couples (Furness, 1982 ; Saether, 1990 ; Martin, 1995 ; Rodríguez et Bustamante, 2003). Cependant, il existe de nombreux facteurs de confusion telles que la structure spatiale de la colonie, la densité de nids, la qualité des parents, l'âge et le comportement de reproducteurs qui peut interagir avec la position du nid et entre eux. L'un des principaux déterminants de succès de reproduction chez les oiseaux coloniaux est la position du nid (Coulson, 1968 ; Tenaza, 1971 ; Hoogland et Sherman, 1976). Dans cette partie, on va essayer de ressortir les facteurs déterminants de la performance de reproduction de la cigogne blanche *C. ciconia* dans la colonie de Dréan.

4.5.1 Caractéristiques des nids

TABLEAU 4.10 – Paramètres estimés pour la régression linéaire multiple du volume de nid de la Cigogne blanche de Dréan.

Variables	Estimation	Erreur standard	P
Intercept	22269,56	1661,94	0,00
Périphérie	-77777,2	3738,54	0,04
Date de ponte	-218,59	67,52	0,00
Périphérie x date de ponte	270,1	140,61	0,06

La régression linéaire multiple de la variable de réponse, le volume du nid, par rapport à la date de ponte, la position du nid et une interaction entre ces deux variables ont indiqué une diminution significative de la taille du nid actif avec le démarrage tardif de la reproduction. Les nids de centre de la colonie étaient également légèrement plus grands que les nids périphériques (Tab. 4.10).

Les résultats indiquaient également une interaction significative marginale entre la position du nid et la date de ponte, ce qui suggère que les changements saisonniers dans le volume du nid entre le centre et la périphérie étaient distincts (Fig. 4.16).

4.5.2 Phénologie de la ponte

Les premiers œufs ont été pondus le 3 mars en 2011 et le 7 mars en 2012. En utilisant le 1^{er} mars comme jour= 1, les dates moyennes de ponte pour 2011 et 2012 étaient respectivement $23,5 \pm 10,2$ jours et $20,8 \pm 10,9$ jours, avec la ponte dans les nids du centre apparue significativement plus tôt que dans les nids périphériques (Régression linéaire : interception = 20,43 ; $\beta = 5,93 \pm 1,64$; $P = 0,0004$) (Fig. 4.18). Une analyse de régression linéaire n'a indiqué aucune variation spatiale ou temporelle du volume moyen des œufs.

4.5.3 Grandeur de ponte

La grandeur de ponte globale moyenne était $4,7 \pm 0,7$ œufs ($N = 156$), variait de deux à sept œufs, avec une grandeur de ponte modèle de cinq œufs. Le modèle **GLM** de Poisson a indiqué qu'aucun facteur environnemental testé n'avait une influence sur la grandeur de ponte. Le taux d'éclosion en 2012 (79,65 %, $N = 65$ couvées) était plus élevé, mais ne différait pas significativement de celui de l'année précédente (68,13 %, $N = 79$ couvées) (test exact de Fisher : $P = 0,23$).

4.5.4 Volume des œufs

Il y avait aucune association entre le volume des œufs et les années (ANOVA : $F_{1,168} = 0,78$, $P = 0,38$), la date de ponte (régression linéaire : $\beta = -0,05$, $P = 0,41$), ou la localisation spatiale du nid (Centre / périphérie) (ANOVA : $F_{1,156} = 0,014$, $P = 0,9$).

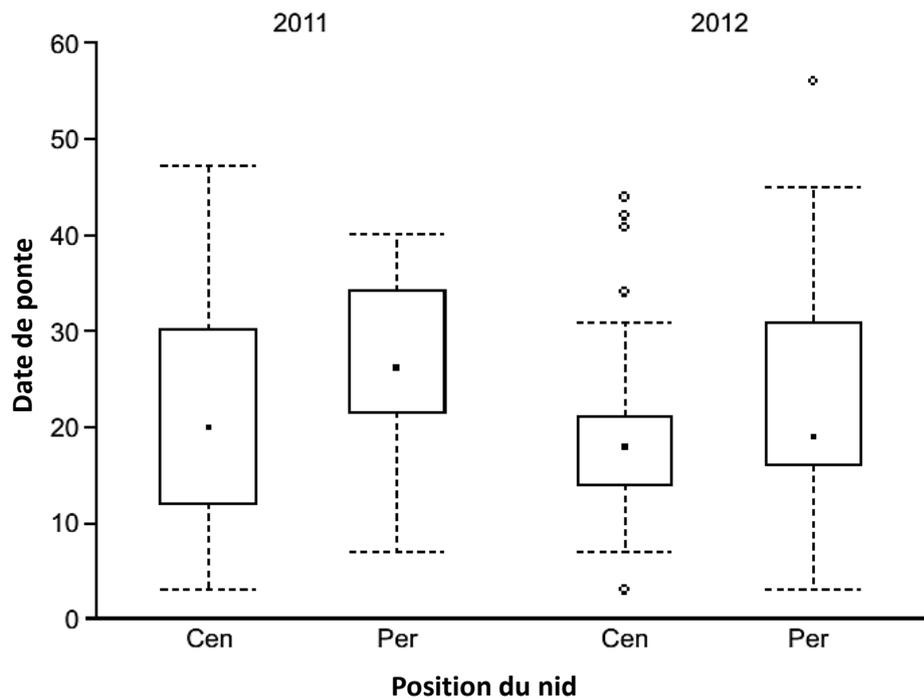


FIGURE 4.16 – Boxplots des dates d’initiation de la ponte (1= 1 mars) par les Cigognes blanches dans la zone centrale (CEN) et la zone périphérique (PER).

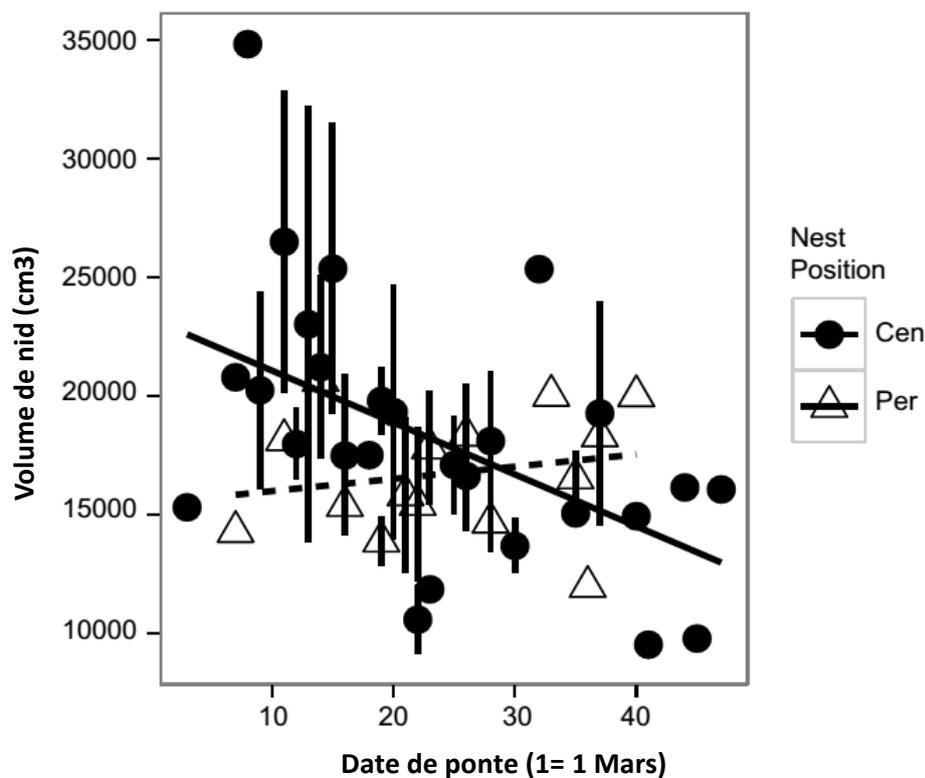


FIGURE 4.17 – Changement saisonnier du volume du nid dans le centre (CEN) et la périphérie (Per) de la colonie en 2011. Les lignes pleines et pointillées représentent les lignes ajustées pour la zone centre et la périphérie, respectivement.

4.5.5 Succès de reproduction

TABLEAU 4.11 – Les paramètres estimés pour la régression logistique du succès de reproduction de la Cigogne blanche de Dréan.

Variables	Odds ration	Limite de confiance	P
		(2 %- 97,5 %)	
Intercept	0	0,00-0,00	0,01
Date de ponte	0,98	0,95-0,99	0,03
Année	1,61	1,12-2,29	0,01

La proportion des nids réussis (avec au moins un poussin élevé) était similaire entre les deux années d'étude : 71,3 % (N = 101) et 70,0 % (N = 96) pour 2011 et 2012, respectivement (test exact de Fisher : P= 0,87). Une régression linéaire multiple a indiqué que la productivité en terme des poussins (JZG) était dépendante des années d'élevage ($\beta= 0,47$; P= 0,01) et la date de ponte ($\beta= -0,02$; P= 0,03). Il y avait une différence significative entre les années dans le nombre moyen des poussins ayant atteint l'âge de 40 jours (JZm) entre 2011 ($2,28 \pm 0,97$ poussin) et 2012 ($2,85 \pm 1,24$ poussin) (Test de Wilcoxon, $Z=-3,48$, N= 73 nid, P= 0, 0001). La régression logistique a indiqué que la date de ponte était le seul variable explicatif qui a eu un effet significatif sur le succès de reproduction (Fig. 4.19 ; Tab. 4.11).

Il n'y avait pas de changement significatif de la productivité en terme de poussin (JZG) entre le centre et la périphérie de la colonie. Les nids occupés au premier avaient une plus grande probabilité d'un succès que les nids tardifs. Le démarrage moyen de la ponte dans les nids réussis précède celui des nids échoués par 8 jours ($22,0 \pm 9,88$ vs $8,06 \pm 30,21$) (Kruskal Wallis Test : $X^2= 9,57$, p= 0,002).

Il n'y avait aucun changement significatif pour le succès de nidification entre le centre et la périphérie de la colonie. Le diamètre externe moyen des nids avec succès ($174,6 \pm 38,9$ cm) était plus grand que celui des nids échoués ($150,7 \pm 24,8$ cm), mais le volume du nid n'a pas d'influence sur le succès de reproduction.

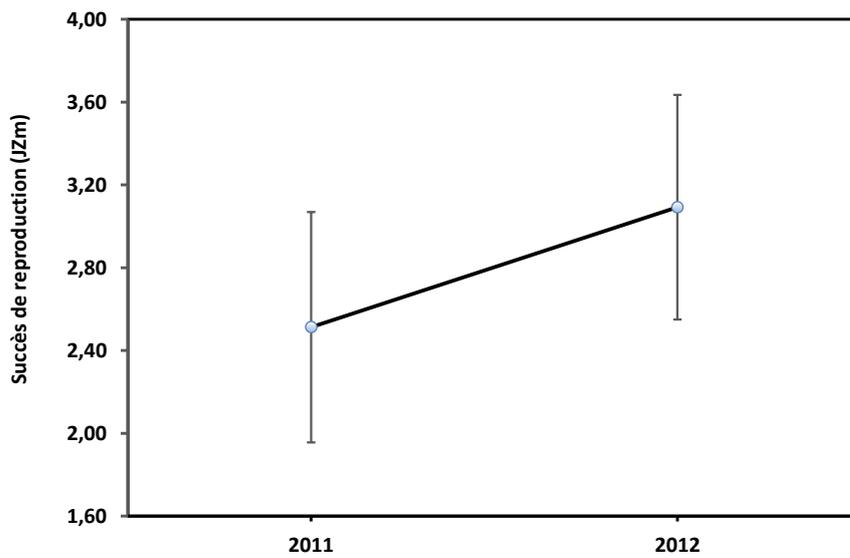


FIGURE 4.18 – Variation du succès de reproduction (Moy \pm ET) entre 2011 et 2012.

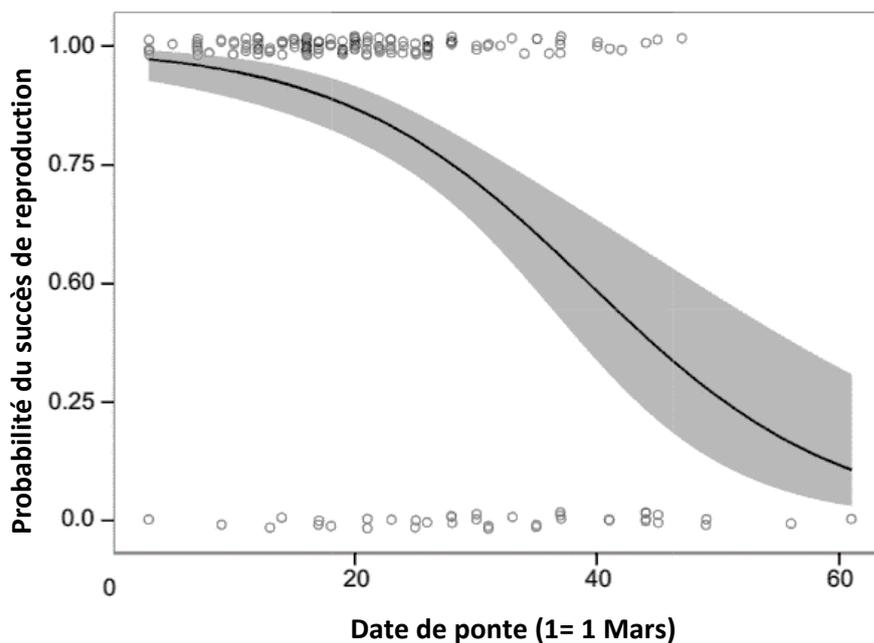


FIGURE 4.19 – Probabilité estimée du succès de reproduction de la Cigogne blanche au Dréan, mise contre la date de ponte (1 = 1 Mars). Les points de données sont dispersés autour de leurs vraies valeurs (0/1) et faites semi-transparent pour accroître leur visibilité. La zone grise représente des intervalles de confiance à 95%.

4.6 Périodes de saisons de reproductions

En Algérie, la cigogne blanche se reproduit généralement en colonie avec un moyen de 11 couples à 45 couples (Si Bachir et al., 2012 ; Moali-Grine et al., 2013). Les deux saisons de reproduction 2011 et 2012 ont été divisées en quatre parties sur la base des étapes de la reproduction de la Cigogne blanche. Ce sont : l'occupation, l'accouplement, l'incubation et l'envol.

Comme il n'avait pas d'observations journalières pendant la période de reproduction, pour déterminer la longueur exacte de chaque période, on a fait certaines hypothèses. Les visites régulières (2 visites par semaine) à la colonie et l'inspection des nids en utilisant de la perche-miroir nous ont permis de décrire les échéances des différentes étapes caractérisants le cycle biologique de la Cigogne blanche (Fig. 4.20). Ainsi, la première semaine de mars était la date moyenne de début de la ponte et la première semaine de mai était la date moyenne de début d'éclosion.

4.6.1 Occupation

L'occupation des nids a été définie par le premier jour où l'individu est vu perché, défendre ou construire certains nids (Vergara et al., 2007b), une date de début d'occupation moyenne était définie le 07 janvier (le 07 et le 14 janvier respectivement en 2011 et 2012). Dans notre étude, les dates d'occupation étaient beaucoup plus tôt que dans la région d'Europe (Barbraud et al., 1999 ; Ptaszyk et al., 2003 ; Gordo et Sanz, 2008 ; Fulin et al., 2009 ; Kosicki, 2010).

4.6.2 Accouplement

la période d'accouplement était estimée juste après le début d'occupation jusqu'au l'enclenchement de la ponte.

4.6.3 Ponte

la ponte avait débuté le 09 mars et le 03 mars et durera 38 jours et 46 jours en 2011 et 2012 respectivement avec une date moyenne estimée le 28 mars (29 mars et 27 mars respectivement en 2011 et 2012).

4.6.4 Incubation

La période d'incubation est l'intervalle entre la ponte du premier œuf et l'éclosion de l'ensemble de la couvée. Pour la cigogne blanche, la période d'incubation est fixée d'une durée de 33 à 34 jours (Haverschmidt, 1949).

4.6.5 Éclosion

La cigogne blanche a une éclosion asynchrone, s'étale de la première semaine d'avril jusqu'à la troisième semaine de mai avec des dates moyennes 25 et 28 avril respectivement durant les deux saisons de reproduction 2011 et 2012.

4.6.6 Envol

L'envol des jeunes cigognes blanches était observé dès la fin du juin, cependant la colonie était complètement désertée la mi-juillet.

4.6.7 Estivage et hivernage

Il est difficile de donner une définition claire de la période d'estivage de la cigogne blanche et ainsi la distinction entre les individus reproducteurs et les non-reproducteurs. Généralement, les non-reproducteurs sont définis comme la fraction du groupe des individus qui sont présents dans l'air de reproduction durant la période de reproduction, mais ne présente aucun signe de comportement reproductif (Van den Bossche, 2002 *in* Antczak et Dolata, 2006). Pour la population étudiée, on a considéré la période estivale entre juin et la mi-juillet (Van den Bossche et al., 2002) qui s'allonge jusqu'au la fin d'août.

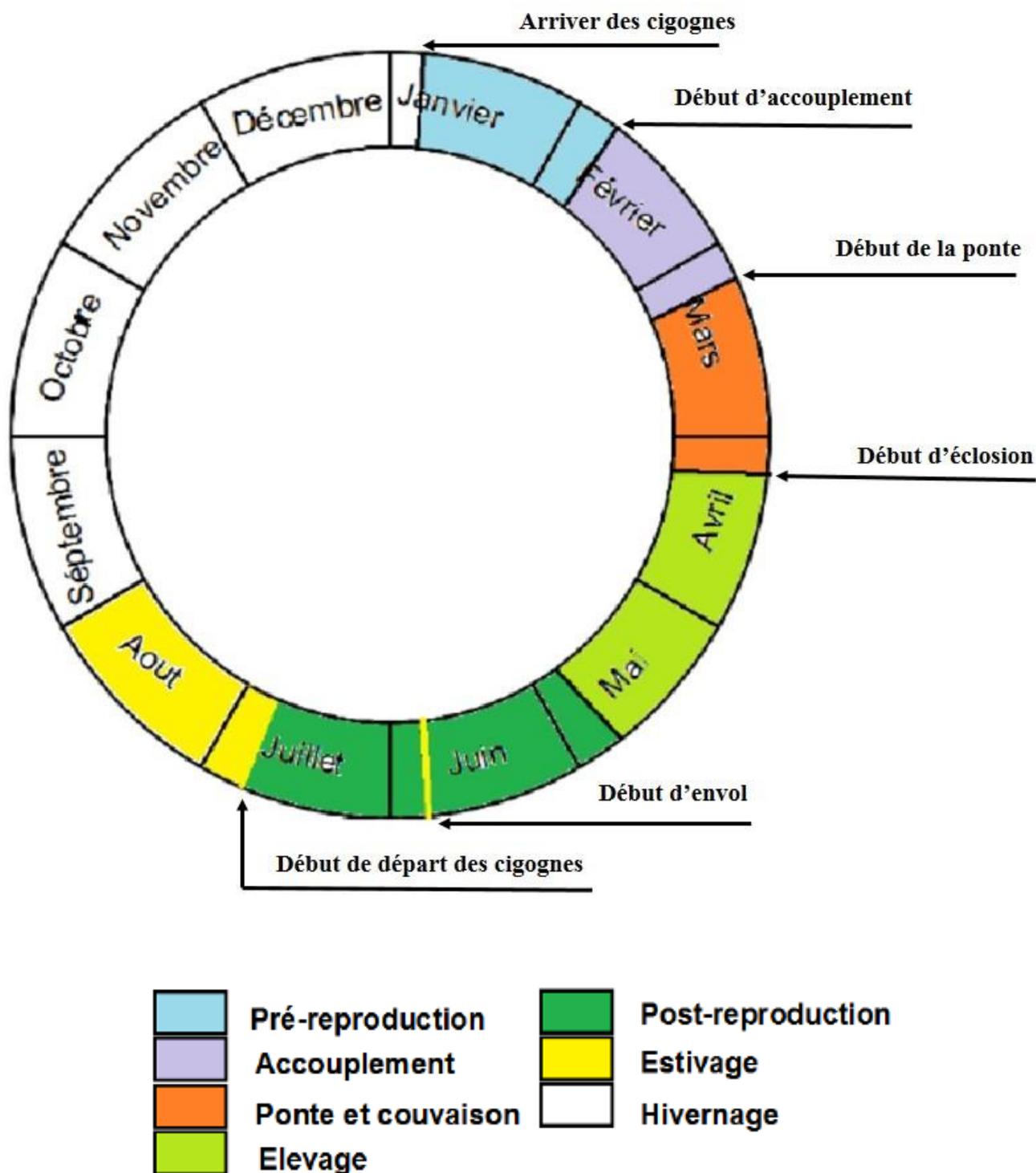


FIGURE 4.20 – Cycle biologique de la cigogne blanche dans la colonie de Dréan (2011-2012).

4.7 Étude de la croissance des poussins de la cigogne blanche

4.7.1 Effet du volume des œufs sur la masse corporelle des poussins à l'âge d'éclosion

La masse corporelle moyenne des poussins à l'éclosion est $79,33 \pm 8,83$ g et $78,04 \pm 7,88$ g en 2011 et 2012 respectivement, L'analyse de la variance a montré que le compromis entre le volume des œufs et la masse corporelle des poussins à l'éclosion étaient bien clairs et significatifs en 2011 (ANOVA : $F_{37,2} = 17,38$; $P = 0,05$) (Fig. 4.21. A). Par contre, en 2012, il n'y avait pas de relation significatif entre les deux paramètres (ANOVA : $F_{13,1} = 4,80$; $P = 0,34$) (Fig. 4.21. B).

Les œufs de grand volume donnent des poussins plus gros et ceci pourrait donner de meilleures possibilités de survie jusqu'à l'envol, ceci ne serait pas seulement dû au volume en soit, mais serait une conséquence de l'habileté et la bonne qualité des parents de pondre des œufs et ultérieurement apportant un soin optimal aux poussins (Meathrel et al., 1993). Taille de l'œuf et survie du poussin sont probablement affectées par la qualité des parents, en particulier celle des femelles (Nager et al., 2006).

La masse élevée des poussins à l'éclosion est bénéfique pendant la première semaine de vie quand les poussins sont vulnérables aux mauvaises conditions climatiques et aux prédateurs (Williams 1994 ; Jager et al., 2000). Un poids optimal à l'éclosion pourrait épargner aux poussins les contraintes de mauvaises conditions climatiques surtout que les poussins ne développent pas leur thermorégulation avant 20 jours d'âge (Tortosa et Castro, 2003).

4.7.2 Effet d'ordre d'éclosion sur la masse corporelle des poussins à l'âge d'éclosion

Pour tester l'effet d'ordre d'éclosion sur la masse corporelle des poussins à l'éclosion de la cigogne blanche de la colonie de Dréan, on a marqué les tarse de chaque poussin dans chaque nid avec des rubans colorés afin d'indiquer leurs ordres, les résultats sont mentionnés dans le tableau (4.13). L'ordre d'éclosion varie entre 1-6 durant la saison de reproduction 2011 et entre 1-7 durant la saison 2012.

En 2011, la masse corporelle moyenne des poussins à l'éclosion varie selon l'ordre d'éclosion avec le premier poussin éclos qui pèse $84,86 \pm 86,64$ (g), qui représente le poussin le plus lourd, après, le poids des poussins subséquents diminue graduellement avec l'ordre d'éclosion jusqu'au cinquième poussin qui pèse $72,43 \pm 10,05$ (g). Tandis qu'en 2012, le premier

poussin éclos pèse $76,50 \pm 7,45$ (g), puis le poids augmente à $83,8 \pm 5,72$ (g) pour le deuxième poussin qui est désormais le plus gros, après, le poids des poussins subséquents diminue graduellement avec l'ordre d'éclosion jusqu'au sixième poussin qui pèse 68 (g) (Tab. 4.13).

L'analyse de la variance a montré que la masse corporelle à l'éclosion des poussins est significativement affectée par l'ordre d'éclosion seulement en 2011 (ANOVA₂₀₁₁ : $F_{4,40} = 3$, $P = 0,03$; ANOVA₂₀₁₂ : $F_{5,16} = 1,15$, $P = 0,37$) (Fig. 4.22).

4.7.3 Mensurations biométriques des poussins

Les mensurations biométriques d'un ensemble de 45 poussins (de 34 couvées) et 21 poussins (de 20 couvées) à l'éclosion respectivement durant les deux saisons de reproduction 2011 et 2012 sont présentées dans (Tab. 4.12). Les valeurs moyennes sont présentées ± 1 Ectype.

Pour vérifier s'il y a une différence entre les biométries des poussins à l'éclosion entre les deux années, nous avons effectué un certain « Test de Wilcoxon » qui a révélé une différence annuelle significative de la longueur d'aile ($1 \pm 0,84$ mm) en 2012 (Test de Wilcoxon, $Z = 3,02$, $P = 0,02$, $N = 21$ nids). Pour la longueur de bec de tarse et pour le poids, la différence observée était sans signification statistique ($P = 0,72$, $P = 0,054$ et $P = 0,73$ respectivement).

TABEAU 4.12 – Mensurations biométriques (Moy ± ET) des poussins de la cigogne blanche à l'éclosion en 2011 et 2012.

Paramètre	2011		2012	
	Moy ± ET	Rang	Moy ± ET	Rang
Bec-tête (mm)	46,66 ± 1,23	43,22 – 49,28	46,67 ± 1,34	44,44 -49,65
Tarse (mm)	19,93 ± 0,88	18,23 – 22,59	20,89 ± 1,68	18,34 – 24,95
Aile (mm)	20,44 ± 2,21	19,02 – 33,95	21,25 ± 0,81	20,19 – 22,86
Poids (g)	79,33 ± 9,76	60 - 110	78,05 ± 7,88	62 - 91
N	45		21	

TABEAU 4.13 – Variation de la masse corporelle des poussins à l'éclosion (Moy ± ET) en fonction d'ordre de ponte en 2011 et 2012.

Ordre	2011		2012	
	Moy (ET)	N	Moy (ET)	N
1	84,86 (7,64)	7	76,50 (7,45)	6
2	84,22 (6,38)	9	83,80 (5,72)	5
3	81,25 (4,68)	8	77,00 (8,29)	4
4	75,79 (11,74)	14	76,60 (9,63)	5
5	72,43 (10,05)	7	70,00	1
6	-	-	68,00	1

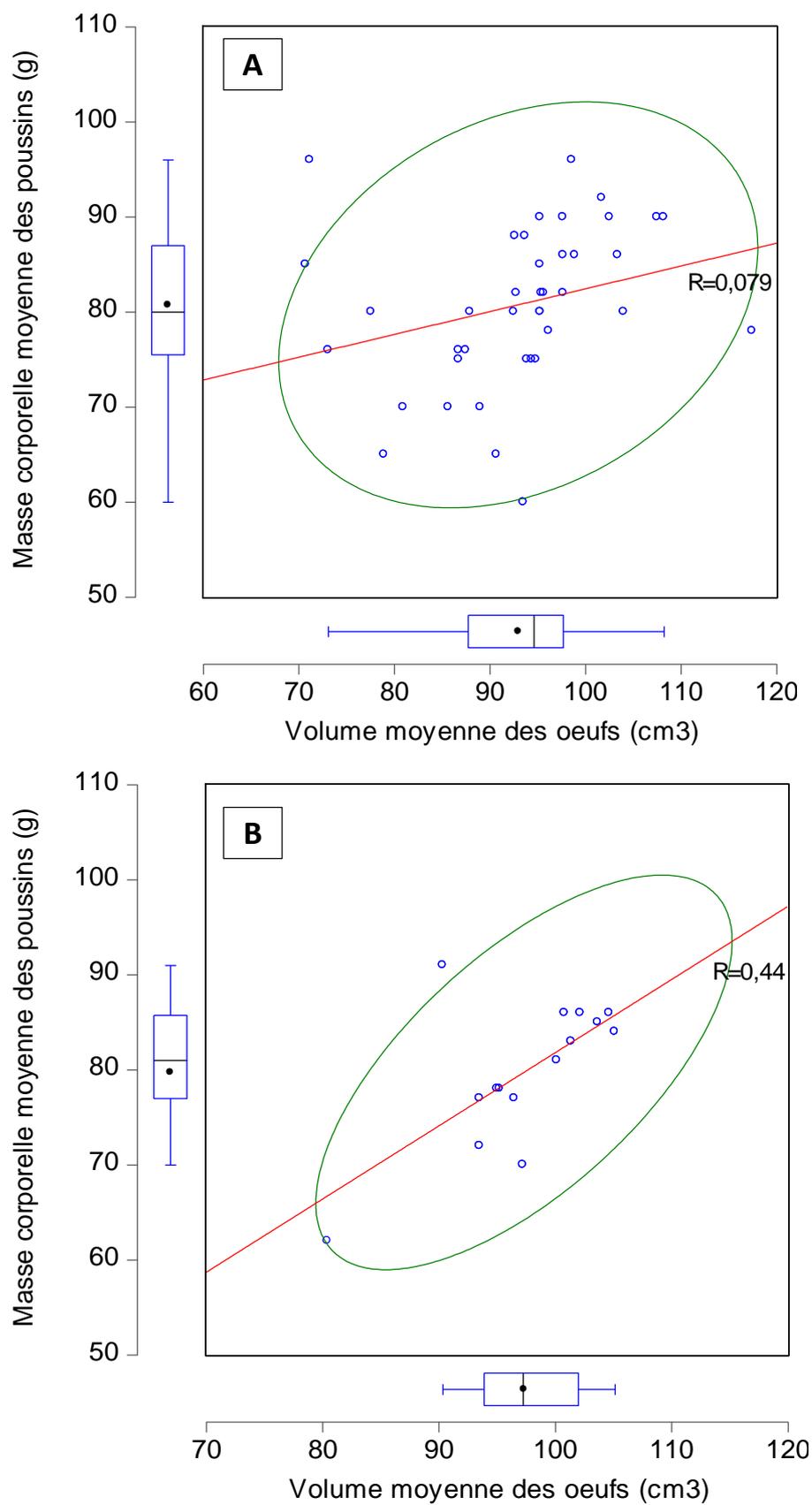


FIGURE 4.21 – Corrélation entre le volume moyen des œufs (cm^3) et le poids moyen des poussins à l'éclosion (g) (A) 2011 et (B) 2012.

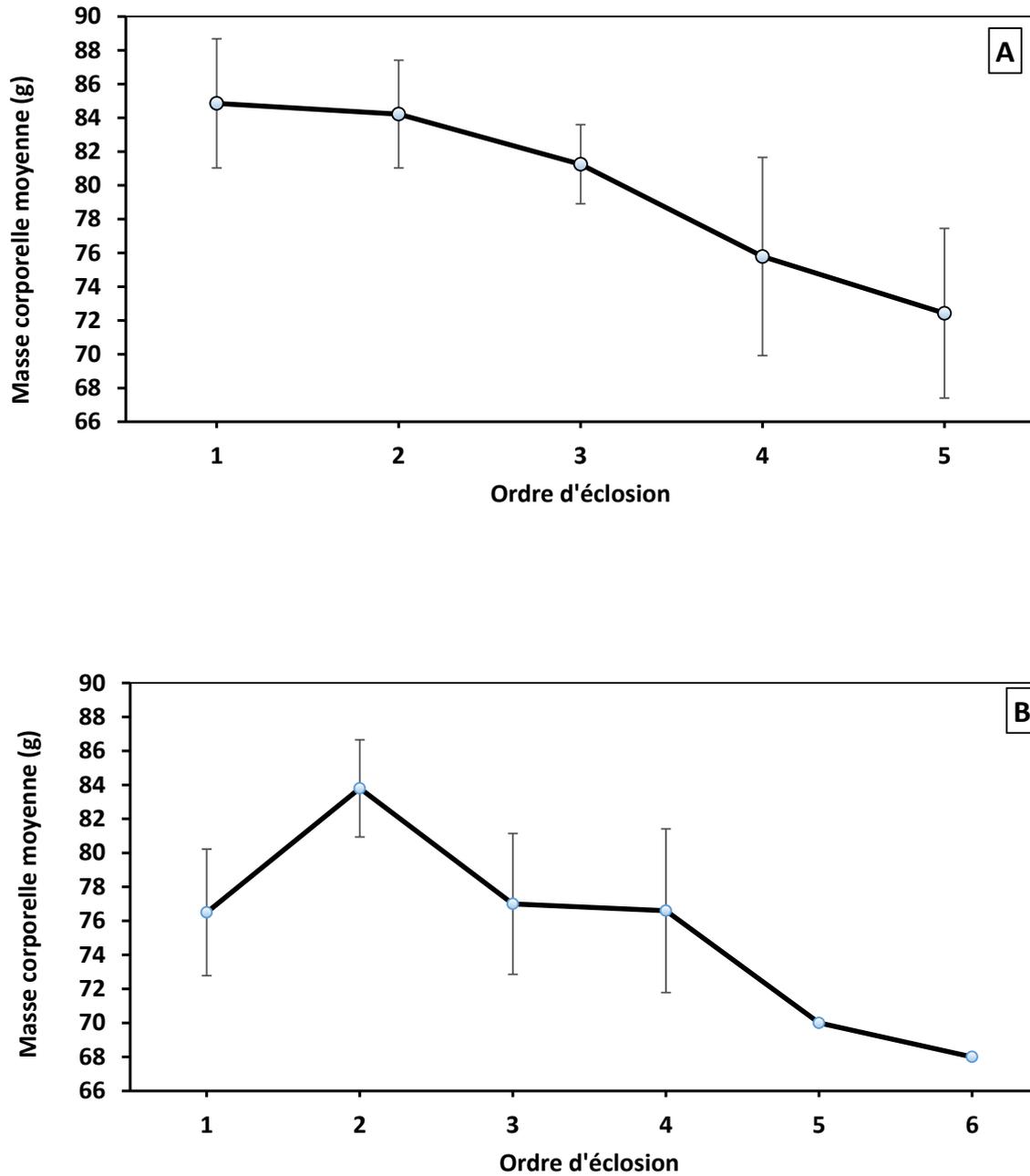


FIGURE 4.22 – Variation de la masse corporelle des poussins à l'éclosion (Moy \pm ET) en fonction de l'ordre d'éclosion en (A) 2011 et (B) 2012.

4.7.4 Taux de croissance des poussins

Taux de croissance relatif

Les taux relatifs de croissance (R) ont été calculés à un intervalle d'âge de cinq jours en utilisant l'équation de Brody¹ (Voir 3.7.2). Durant la saison de reproduction (2011), le taux de croissance relatif a montré que la longueur du bec, longueur du tarse et la longueur d'aile ont subi une augmentation relativement rapide [0,01 - 0,04] durant les premières 20 jours d'âge des poussins, on ce qui concerne la masse corporelle, elle augmente mais pas aussi rapide que les autres paramètres biométriques [0,001-0,01] durant la même période. Puis ce taux diminue en fluctuant jusqu'au 45^{ème} jours, (Tab. 4.14).

En (2012), le taux de croissance relatif a montré que la longueur du bec, longueur du tarse et la longueur d'aile ont augmenté relativement rapidement [0,01 - 0,043] durant les premières 20 jours d'âge des poussins, on ce qui concerne la masse corporelle, elle augmente mais pas aussi rapide que les autres paramètres biométriques [0,001-0,009] durant la même période. Puis ce taux diminue en fluctuant jusqu'au 45^{ème} jours, (Tab. 4.15).

Le taux de croissance relatif (R) indique que la croissance de tous les paramètres biologiques des cigogneaux (bec, tarse, aile, poids) était rapide pendant les premiers 20 jours d'âge et spécialement entre 0-10 jour, avec une tendance similaire durant les deux saisons de reproduction 2011 et 2012. Le taux de croissance moyenne diminue avec l'âge mais reste toujours positif contrairement aux résultats obtenus en Grèce où le taux de croissance devient négatif après le 35^{ème} jour d'âge des poussins (Tsachalidis et al., 2005).

1. $R = \frac{\ln(g2) - \ln(g1)}{(t2 - t1)}$

TABEAU 4.14 – Taux de croissance relatif (R) calculé à un intervalle de cinq jours pendant la période de croissance des oisillons de la Cigogne blanche (2011).

Age (jours)	Bec ($mm^{-1} jr^{-1}$)	Tars ($mm^{-1} jr^{-1}$)	Ail ($mm^{-1} jr^{-1}$)	M.C ($g^{-1} jr^{-1}$)
0-5	0,0196	0,0443	0,0450	0,0096
5-10	0,0157	0,0336	0,0336	0,0048
10-15	0,0125	0,0237	0,0226	0,0023
15-20	0,0103	0,0160	0,0147	0,0013
20-25	0,0087	0,0109	0,0083	0,0007
25-30	0,0078	0,0092	0,0061	0,0006
30-35	0,0069	0,0074	0,0043	0,0004
35-40	0,0060	0,0059	0,0035	0,0004
40-45	0,0065	0,0056	0,0036	0,0003

TABEAU 4.15 – Taux de croissance relatif (R) calculé à un intervalle de cinq jours pendant la période de croissance des oisillons de la Cigogne blanche (2012).

Age (jours)	Bec ($mm^{-1} jr^{-1}$)	Tars ($mm^{-1} jr^{-1}$)	Ail ($mm^{-1} jr^{-1}$)	M.C ($g^{-1} jr^{-1}$)
0-5	0,0194	0,0435	0,0422	0,0093
5-10	0,0154	0,0340	0,0320	0,0044
10-15	0,0121	0,0226	0,0202	0,0020
15-20	0,0103	0,0172	0,0145	0,0013
20-25	0,0085	0,0114	0,0082	0,0007
25-30	0,0077	0,0092	0,0058	0,0006
30-35	0,0070	0,0074	0,0044	0,0004
35-40	0,0064	0,0062	0,0034	0,0004
40-45	0,0061	0,0055	0,0030	0,0003

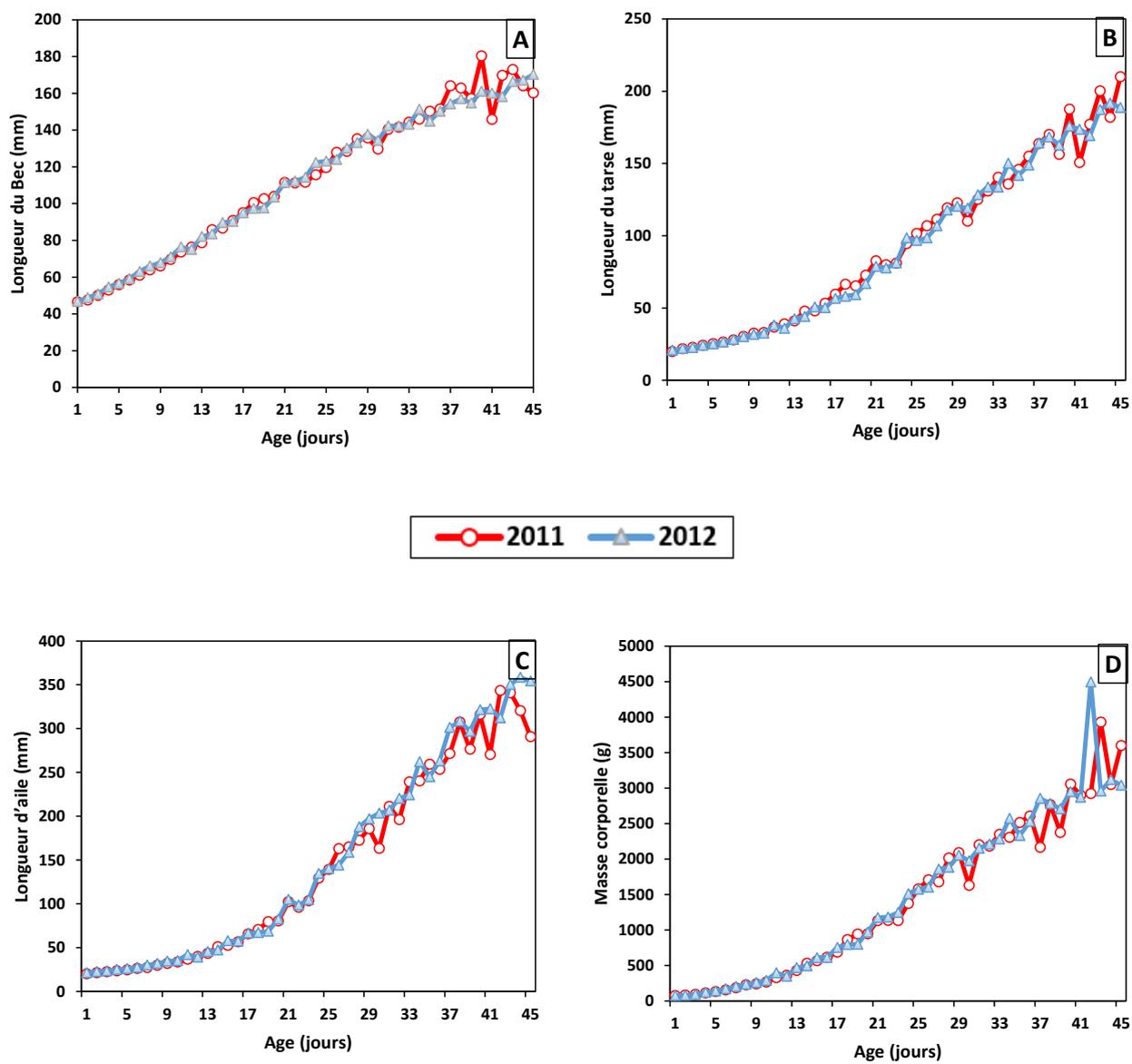


FIGURE 4.23 – Croissance moyenne totale des paramètres biométriques des poussins de la cigogne blanche en 2011 et 2012. (A) longueur du bec, (B) longueur du tarse, (C) longueur d'aile et (D) la masse corporelle.

4.7.5 Variation de la masse corporelle des juvéniles à l'âge d'envol selon l'ordre d'éclosion

TABLEAU 4.16 – Variation de la masse corporelle (Moy ± ET) des juvéniles à l'envol selon l'ordre d'éclosion.

Ordre	2011	N	2012	N
1	2927,78 ± 493,47	18	3105,27 ± 329,67	62
2	2659 ± 233,88	10	2932,64 ± 403,6	55
3	2645,83 ± 485,9	12	2712,02 ± 448	48
4	2695 ± 289,91	2	2462,86 ± 558,35	21
5	-	-	2430 ± 466,69	2

La masse corporelle moyenne des juvéniles de la cigogne blanche à l'âge d'envol varie en 2011, de (2 927,78 g) pour les poussins de première ordre jusqu'au (2 695 g) pour les poussins de quatrième ordre, pas de différence de masse significative entre les poussins. Par contre, en 2012, varie de (3 105,27 g) pour les poussins de première ordre jusqu'au (2 430 g) pour les poussins de cinquième ordre avec une différence de masse significative entre le premier et le dernier éclos (Post Hoc test $P=0,0001$).

La masse corporelle des juvéniles à l'envol diminue selon l'ordre d'éclosion avec les premiers poussins éclos ayant atteint une masse maximale à l'âge de 8 semaines (à l'envol). Donc L'asynchronie avait un effet négatif sur la masse corporelle des juvéniles à l'âge d'envol avec une même tendance observée durant les deux saisons, (Kruskal-Wallis : $X^2=8,07$; ddl= 3, $P=0,045$), (Kruskal-Wallis : $X^2=36,15$; ddl= 4, $P=0,0001$) respectivement (Fig. 4.24; Tab. 4.16).

4.7.6 Échec de reproduction

L'échec total de la reproduction représente le rapport entre le nombre des œufs non éclos et l'ensemble des œufs pondus, il a été 20.68 % ($n=433$) en 2011 et 23.73 % ($n=344$) en 2012.

L'ensemble des nids qui n'ont pas subi une éclosion était 26.61 % et 27 % en 2011 et 2012 respectivement. La proportion des œufs non éclos était 31,87 % et 20,35 % durant les deux saisons de reproduction respectivement (Fig. 4.25).

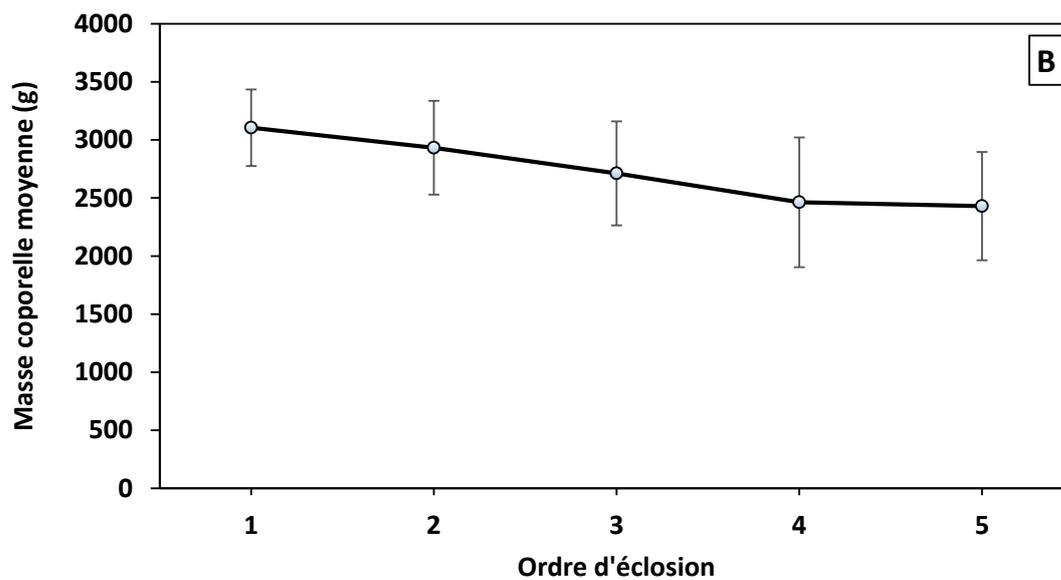
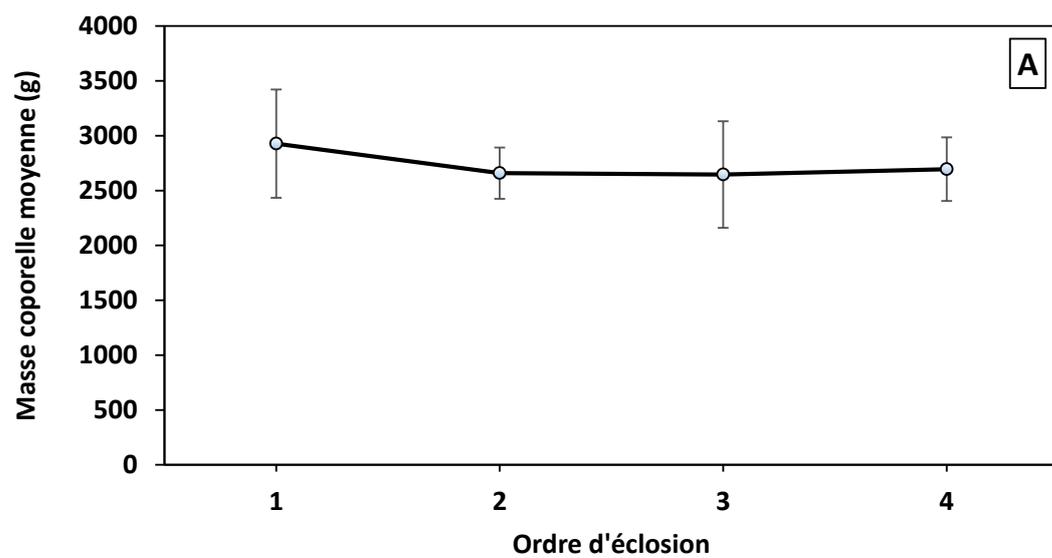


FIGURE 4.24 – Variation de la masse corporelle (Moy \pm ET) des juvéniles à l'envol selon l'ordre d'éclosion en (A) 2011 et (B) 2012.

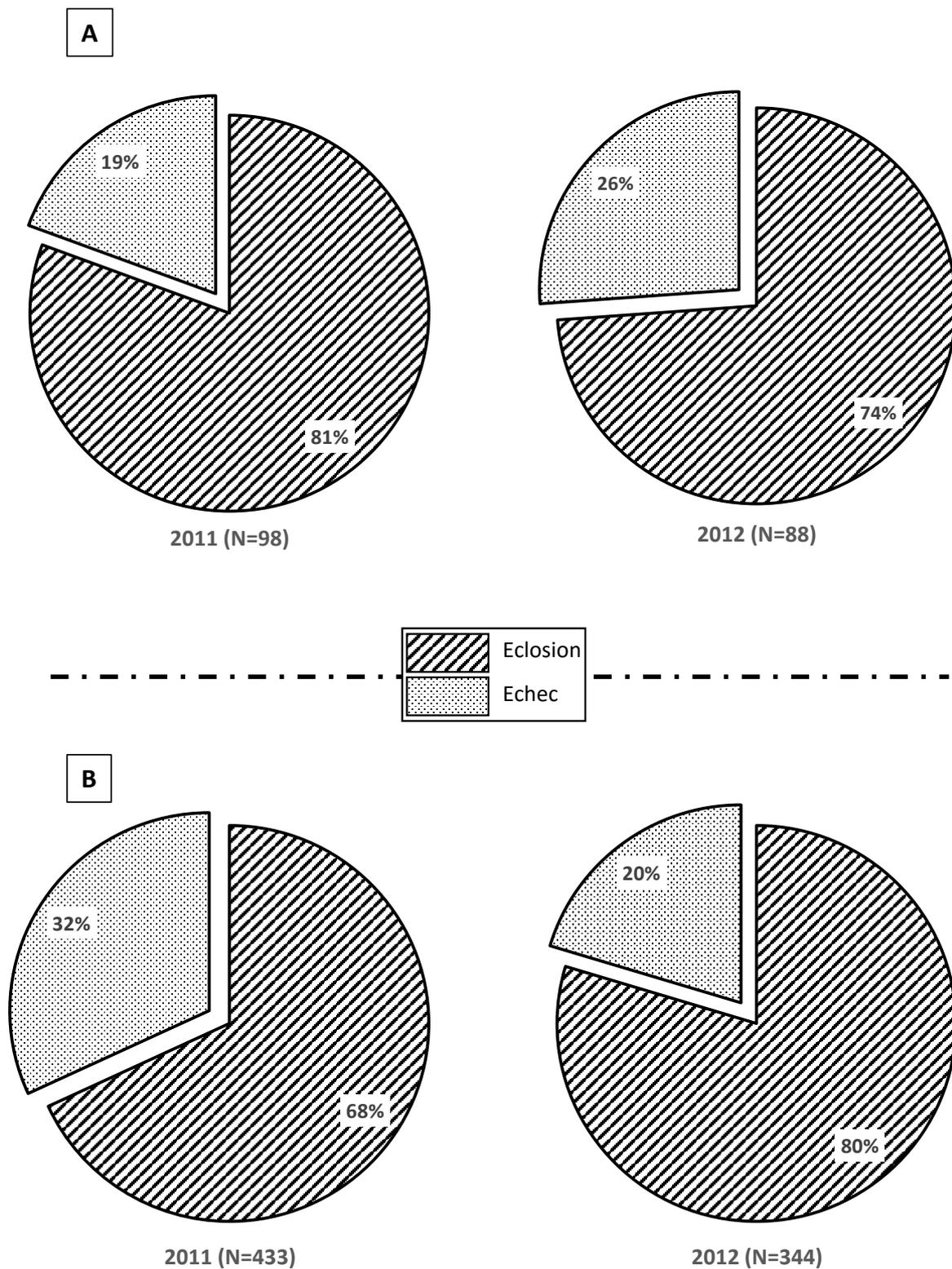


FIGURE 4.25 – Taux d'éclosion et taux d'échec des nids (A) et des œufs (B) de la cigogne blanche, en 2011 et 2012

Causes d'échec

L'échec de reproduction était principalement dû à la perte des œufs ou de l'échec d'éclosion (14,9 % et 25,0 % en 2011 et 2012 respectivement). La prédation (3,0 % et 4,2 % en 2011 et 2012, respectivement) était relativement rare au cours de la période d'étude, mais les conditions météorologiques peuvent prendre un lourd tribut : des vents forts en 2011 font tomber certains nombres d'arbres et ont détruit certains nids (10,9 %). Autres menaces, a noté principalement en dehors de la saison de reproduction, notamment par coupure des branches d'arbres pendant la récolte d'olives et des incendies.

4.8 La réduction de la nichée

L'incertitude écologique rend souvent difficile la prédiction de la taille optimale de la nichée (Lack, 1946). Une solution à ce problème est de produire initialement un nombre élevé de jeunes (engendrant ainsi une taille de ponte optimale) et que par la suite le surplus de jeunes sera éliminé via le phénomène adaptatif de la réduction de la nichée en fonction des conditions écologiques subséquentes (Forbes, 1993). la réduction de la couvée est un phénomène apparu chez les espèces avec éclosion asynchrone qui est associée avec un faible taux de croissance, derniers poussins éclos de petite taille et une faible viabilité du premier œuf pondu (Vinuela, 2000).

4.8.1 Causes de mortalité des poussins chez la cigogne blanche

Le taux de mortalité des poussins de la cigogne blanche durant les deux saisons de reproduction était respectivement 23,72 % et 12,77 %, dû principalement à des causes inconnues après avoir trouvé des poussins morts dans les nids, en 2011, (âge moyen de mortalité $16,86 \pm 11,72$ jours), les conditions météorologiques (forte pluie) étaient responsables directement d'un tiers de la mortalité des poussins et indirectement par la destruction des arbres y compris leur nids (11,00 %). En 2012, (âge moyen de mortalité $14,95 \pm 9,33$ jours), 61,00 % de la mortalité des poussins dû à l'inconnu, la perte des poussins représente (27,00 %), la prédation avait un effet considérable sur la mortalité des poussins avec un taux de (12,00 %) (Fig. 4.26).

4.8.2 Variation de la mortalité des poussins selon l'ordre d'éclosion

La figure (4.27), montre une tendance similaire d'évolution du taux de mortalité des poussins de la cigogne blanche selon l'ordre d'éclosion durant les deux saisons de reproduction 2011 et 2012, avec un taux maximale enregistré chez les quatrièmes poussins (10,85%) en 2011 et chez les cinquièmes poussins (3,28 %) en 2012.

4.8.3 Variation de la mortalité selon les différentes tailles de couvée

Le taux de mortalité des poussins de la cigogne blanche augmente selon la taille des couvées, une corrélation significative rencontrée seulement en 2011 (Kruskal-Wallis, $X^2 = 12,09$; ddl= 4, P= 0,017) par rapport à la saison 2012 (Kruskal-Wallis, $X^2 = 7,95$; ddl= 5, P= 0,159). Le plus fort taux mortalité enregistré dans les couvées de cinq poussins (40 % et 15 % poussins morts respectivement durant 2011 et 2012) (Fig. 4.28).

4.8.4 Variation de la mortalité des poussins selon leurs âges

La figure (4.29), montre un taux de mortalité très élevé durant les premiers quinze jours d'âge des poussins de la cigogne blanche avec 60 % et 53 % respectivement en 2011 et 2012. Une diminution remarquable du taux de mortalité en 2012 avec l'âge suite à l'augmentation de la masse corporelle et par conséquent l'amélioration des conditions morphologiques des juvéniles. Par contre, en 2011, le taux de mortalité reprend sa courbe d'augmentation entre [15 - 40] jour d'âge, une période qui coïncide avec les conditions climatologiques extrêmes pendant avril 2011 (des vents pluvieuses).

4.8.5 Variation annuel de la mortalité des poussins

Le taux de mortalité des poussins de la cigogne blanche dans la colonie de Dréan, varie aussi d'une année à l'autre, une variation inter-annuel significative (Test de Wilcoxon, $Z = -4,713$, $N = 29$ cas, $P = 0,0001$), avec un taux élevé enregistré en 2011 (26,78 %) par rapport à 2012 (12,77 %).

Cette variation de taux de mortalité (double) dû principalement aux conditions climatiques extrêmes rencontrées en 2011 qui ont causé la perte de 11 % des nids de la cigogne blanche y compris leurs contenus (Fig. 4.30).

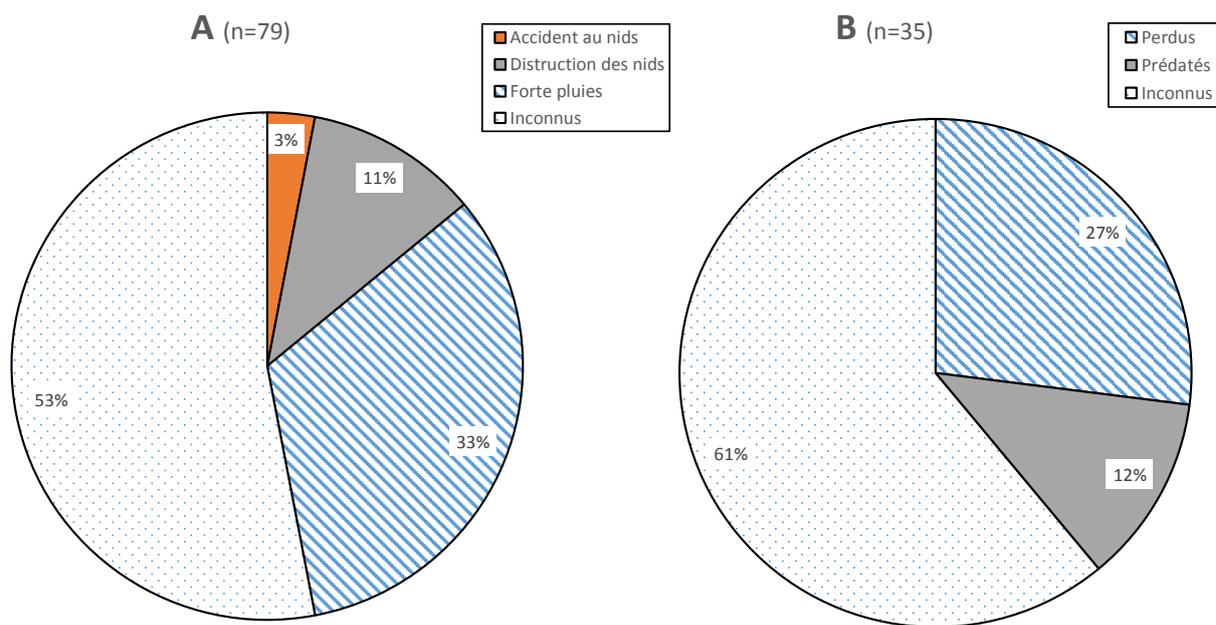


FIGURE 4.26 – Causes de mortalité des poussins de la cigogne blanche durant les deux saisons de reproduction, (A) 2011 et (B) 2012.

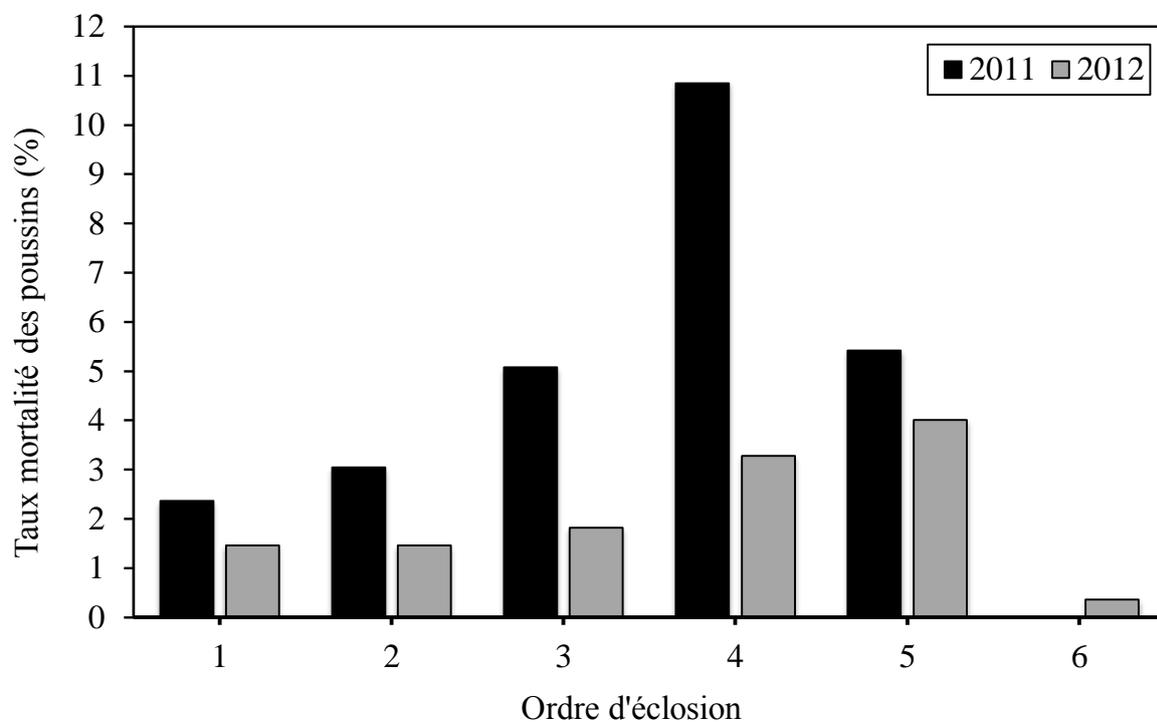


FIGURE 4.27 – Distribution de la mortalité des poussins de la cigogne blanche selon l'ordre d'éclosion durant les deux saisons de reproduction 2011 (n=79) et 2012 (n=35).

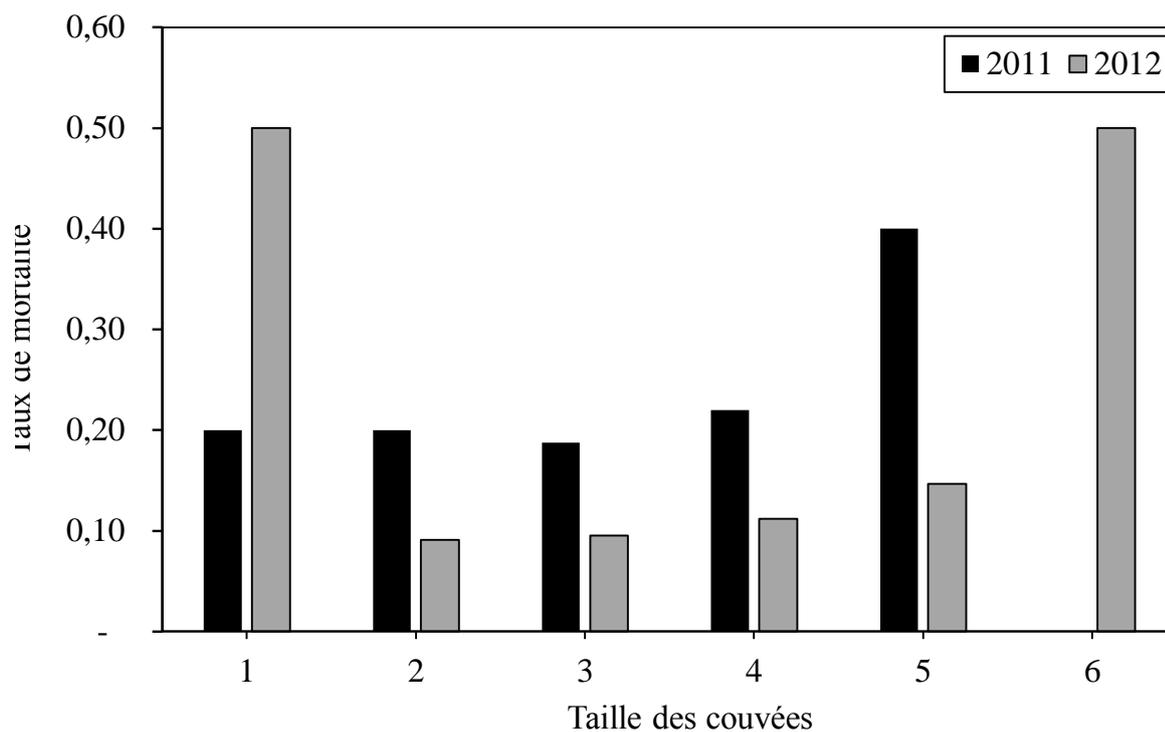


FIGURE 4.28 – Variation de la mortalité des poussins selon les différentes tailles des couvées

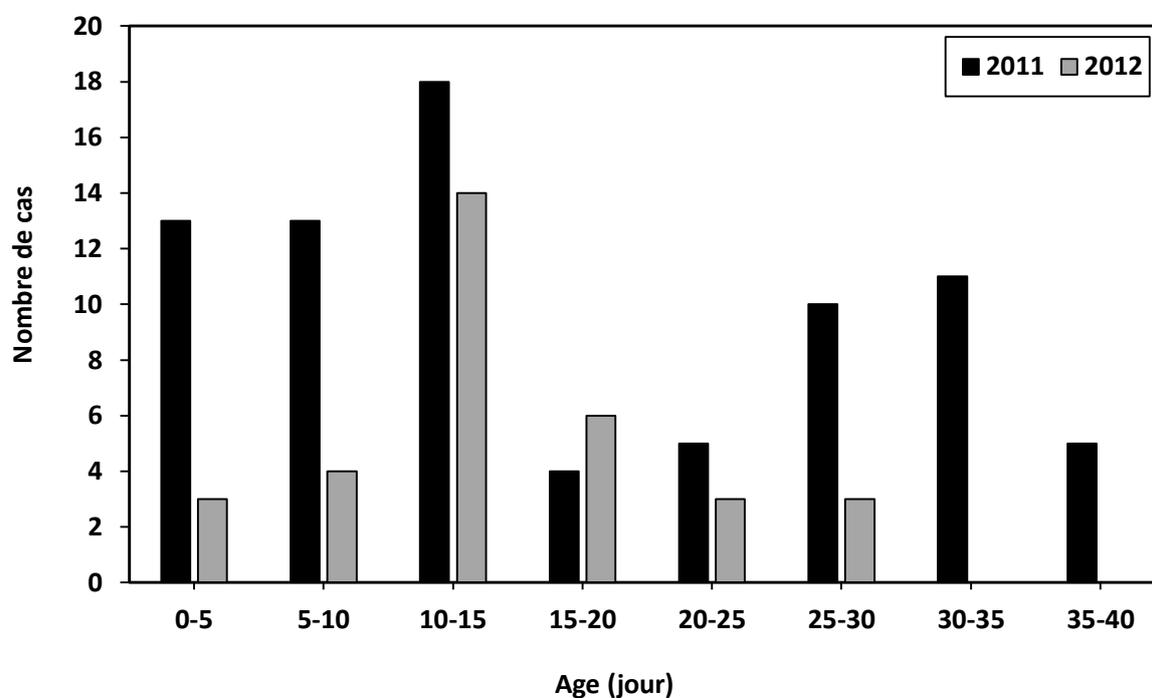


FIGURE 4.29 – Distribution de la mortalité des poussins selon l'âge durant les deux saisons de reproduction 2011 (n=79) et 2012 (n=35).

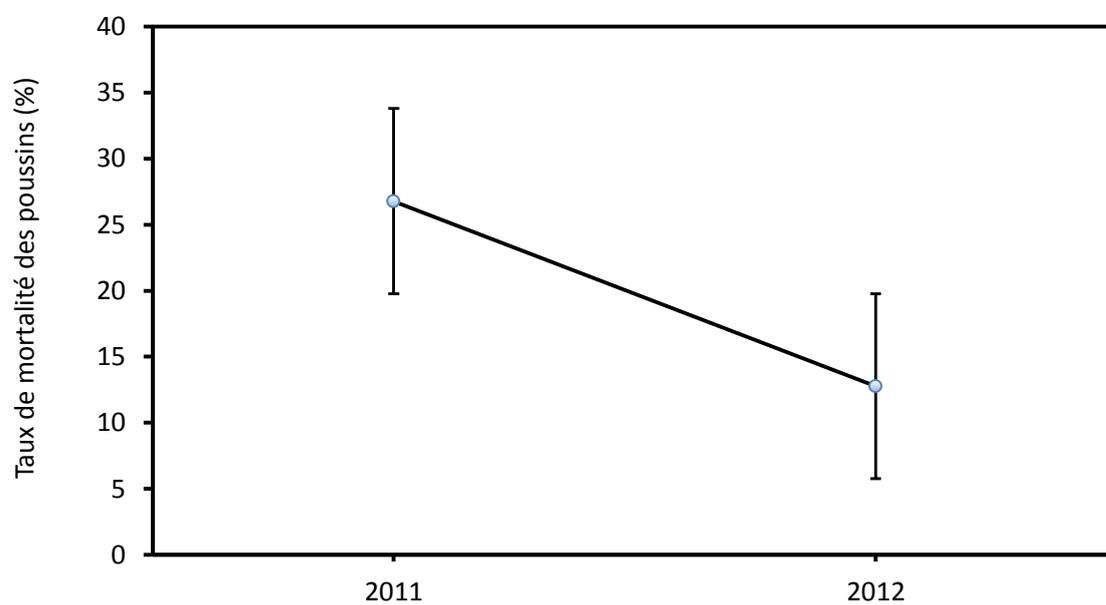


FIGURE 4.30 – Taux de mortalité des poussins (Moy ± ET) de la Cigogne blanche en 2011 (n= 79) et 2012 (n=35).

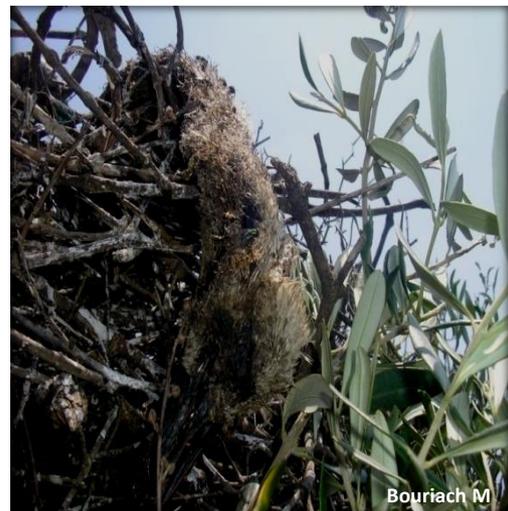


FIGURE 4.31 – Mortalité chez les poussins



FIGURE 4.32 – Mortalité chez les adultes de la cigogne blanche : des juvéniles bagués captés et brûlés par des bergers locaux.

4.9 Opérations de baguage des poussins de la cigogne blanche

En ornithologie, de nombreuses recherches sont effectuées à partir d'observations et de comptages. Cependant, ces techniques ne permettent pas de suivre individuellement les oiseaux, ce qui est fondamental pour connaître notamment leurs longévités et leurs déplacements. Le baguage reste à ce jour la technique la plus éprouvée pour assurer ce type de suivi sur un grand nombre d'individus.

L'utilisation des marquages de couleurs dans le cadre d'étude ornithologique est une technique relativement récente mais qui, depuis quelques années, a rapidement pris de l'ampleur.

Différents types de marquage sont utilisés, la pose d'une ou plusieurs bagues de couleur aux pattes, d'un collier au cou, d'un dossard ou de plaques alaires, de petits fanions aux pattes ... etc. La coloration ou la décoloration des plumes sont des techniques moins fréquemment employées.

En suivant individuellement un grand nombre des cigognes, par baguage, on pourra :

- Étudier la dynamique de population, la fidélité au site et la longévité des individus.
- Approfondir les voies et les phénomènes liés à la migrations ou à l'hivernage.
- Recueillir des données biométriques sur l'espèce.
- Acquérir le maximum des connaissances sur l'espèce.

Sur un ensemble de 366 et 349 œufs suivis respectivement en 2011 et 2012, un nombre total de de 295 et 274 poussins ont été éclos respectivement. Le taux d'élevage moyen était $2,47 \pm 1,13$ et $3,12 \pm 1,06$ poussin/couple respectivement.

Deux opérations de baguage ont été réalisées en 2011, l'une le 14 mai avec 44 poussins bagués et l'autre le 25 mai avec 88 poussins bagués. En 2012, l'opération de baguage avait été étalée sur quatre sessions avec 20 poussins bagués dans le 10 mai, 59 poussins dans le 17 mai, 36 poussins le 21 mai et 16 poussins le 25 mai.

Les juvéniles de la cigogne blanche *Ciconia ciconia* ont été bagués à l'âge moyen de $30,74 \pm 5,13$ jour, avec une masse corporelle moyenne de $2245,86 \pm 550,74$ (g), longueur du bec $143,13 \pm 15,59$ (mm), longueur du tarse $134,44 \pm 27,41$ (mm) et longueur d'aile $221,51 \pm 59,89$ (mm).

TABLEAU 4.17 – Mensurations biométriques moyenne des juvénile bagués

	Moyenne ± Ecart type	Rang	N
Bec	143,13 ± 15,59	[108,42-192]	263
Tarse	134,44 ± 27,42	[67,01-212]	263
Aile	221,51 ± 59,89	[18,7-390,6]	263
Poids	2245,86 ± 550,75	[100-3600]	263

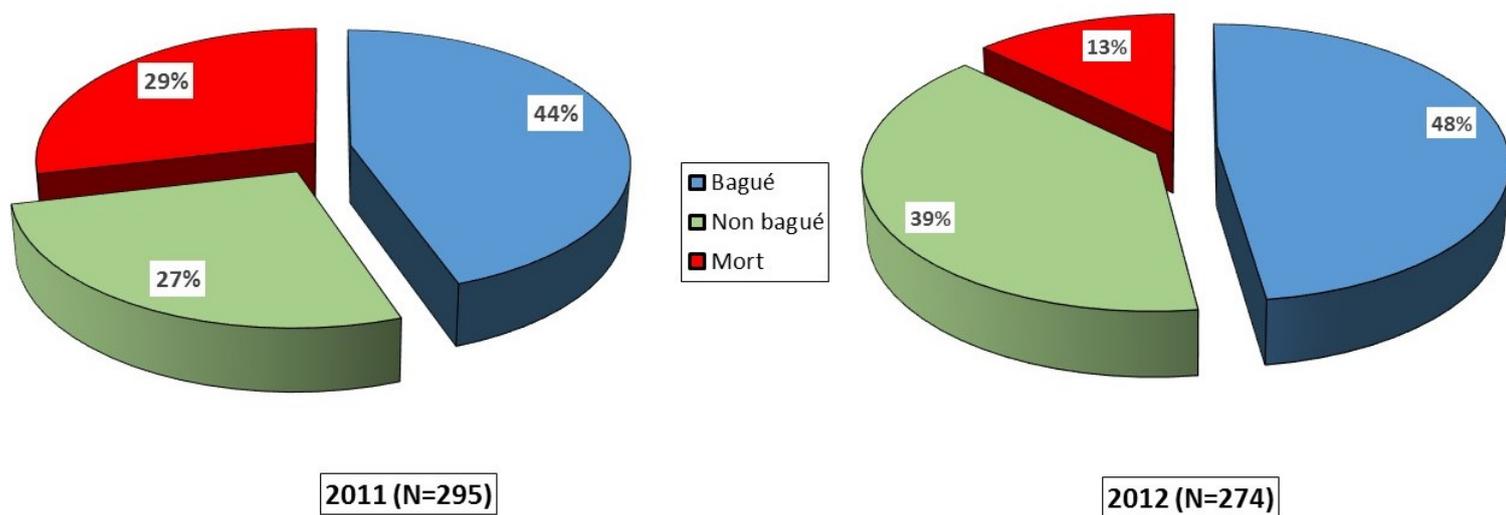


FIGURE 4.33 – Taux des poussins bagués



FIGURE 4.34 – Opérations de baguage des poussins de la Cigogne blanche de Dréan.

Chapitre 5

DISCUSSION

« Le but de la discussion ne doit pas être la victoire, mais l'amélioration. »

Joseph Joubert

Sommaire

5.1 Analyses phénologiques de la reproduction de la cigogne blanche de Dréan	112
5.1.1 Biologie de la population de cigogne blanche de Dréan	112
5.1.2 Caractéristiques des œufs	116
5.1.3 Variation de la biométrie en fonction d'ordre de ponte	117
5.1.4 Variation en fonction de la grandeur de ponte	117
5.1.5 Le succès de reproduction	118
5.2 Analyse démographique de la cigogne blanche de Dréan	119
5.2.1 État des couples reproducteurs en Algérie	119
5.2.2 Evolution du nombre de couples reproducteurs (Hpa) en Algérie pendant (1993-2007)	120
5.2.3 Variation du succès de reproduction (JZm) en Algérie pendant (1993-2001)	120
5.2.4 Sédentarité de la cigogne blanche dans la région nord-est	120
5.3 Les facteurs déterminants de la performance de reproduction	123
5.3.1 La phénologie	123
5.3.2 Les caractéristiques des nids et des œufs	124
5.3.3 La grandeur de ponte et succès d'éclosion	124
5.3.4 Le succès de reproduction	125
5.4 La croissance des poussins de la cigogne blanche	126

5.4.1	Éclosion et survie des poussins	126
5.4.2	Effet d'ordre d'éclosion sur la survie des poussins	127
5.4.3	Croissance des paramètres biométriques des poussins	127
5.5	La réduction de la nichée	128
5.6	Conservation et protection	129



5.1 Analyses phénologiques de la reproduction de la cigogne blanche de Dréan

5.1.1 Biologie de la population de cigogne blanche de Dréan

Caractéristiques des nids

LA cigogne blanche construit le plus grand et le plus lourd nid parmi le monde des oiseaux, un nid qui dure plusieurs années mesure jusqu'au (180 x 180 x 80 cm) et pèse plus qu'un ton (Creutz, 1985 *in* Muzinic, 1999), et leur âge est inconnu, en outre, Vergara et al (2010) ont supposés une corrélation significative entre la taille du nid et son âge. Placé sur une large gamme des supports (pylônes, arbres, plafonds, cheminée ... etc) (Cramp et Simmons, 1977 ; Tryjanowski et al., 2009) qui sera réutilisé pendant des décennies (Cramp et Simmons, 1977 ; Vergara et al., 2006). Le mâle est chargé de construire le nouveau nid et la réparation de l'ancien, la femelle est concernée aussi (Schulz, 1998 *in* Vergara et al., 2010). L'apport du matériel pour la modification du nid commence dès leur retour au site de reproduction et continue même durant l'élevage des poussins (Cramp et Simmons, 1977).

La construction de nouveaux nids est toujours associée à une augmentation des populations où les nouveaux couples (recrutés) doivent convenir et élaborer de nouveaux sites de nidification (Vergara et al., 2007 a). Mais, les couples dans les nouveaux nids se reproduit tardivement par rapport aux couples dans les anciens nids, et ont eu de faible grandeur de ponte et par conséquent un succès de reproduction plus faible (Tobolka et al., 2013).

Occupation des nids

Dans notre étude, les dates d'occupation étaient beaucoup plus tôt que dans la région d'Europe (Barbraud et al., 1999 ; Ptaszyk et al., 2003 ; Gordo et Sanz 2008 ; Fulin et al., 2009 ; Kosicki, 2010). Les cigognes blanches de la population d'Afrique du nord arrivent plus tôt à leurs quartiers de reproduction car la distance migratoire de leur quartier d'hivernage est plus courte en comparant avec les voies de migration suivies par les populations Européennes (Gordo et al., 2013).

On a également trouvé que les nids de plus grande taille sont occupés en premier, les cigognes qui arrivent tôt à leur site de reproduction occupant des nids de grande taille, en plus on a enregistré un taille de ponte et un succès de reproduction plus élevé chez les individus occupant les nids les plus grands par rapport à ceux occupant les nids les plus petits. Nos résultats se concordent avec ceux de (Tortosa et Redondo, 1992), (Bocheński et Jerzak, 2006),

(Tryjanowski et al., 2004 ; 2009), (Si Bachir et al., 2008) (Vergara et al., 2010) (Djerdali et al., 2010) sur la Cigogne blanche.

La fidélité au site de reproduction retrouvée chez la cigogne blanche (Vergara et al., 2006) implique une compétition sur les nids, surtout dans les colonies. En outre, l'interaction directe entre les individus tels que le vol du matériel et même la destruction de couvé sont des comportements habituellement observés dans les colonies de la cigogne blanche (Tortosa et Rondondo 1992 ; Vergara et al., 2010). Les individus âgés de la cigogne blanche arrivent tôt aux sites de reproduction, occupent des meilleurs nids et par conséquent, assurent un grand succès reproductif (Vergara et al., 2007 ; Nevoux et al., 2008). Plusieurs études ont révélé que les nids placés dans des meilleurs territoires sont occupés d'une façon continue (Bochenski et Jerzak, 2006). Pour cette raison, il a été suggéré que la taille du nid peut être un indicateur de la qualité du milieu (Vergara et al., 2010).

Choix des nids

Le choix du nid est important du moment que ce dernier puisse conditionner le succès de reproduction de la femelle pour les motifs telles que le faible risque de prédation, le faible dérangement humain, la protection des aléas climatiques, la stabilité de la structure du nid et de bonnes conditions micro-climatiques pour la thermorégulation des poussins (Collias, 1986, Tortosa et Castro 2003 ; Vergara et al., 2010).

Quelques études supposent que les nids de plus grand volume sont occupés plus tôt et donnent un plus grand succès de reproduction que les nids de plus petite taille (Tortosa et Redondo 1992, Bocheński et Jerzak 2006, Tryjanowski et al., 2009), en outre, plusieurs études ont révélé que les nids placés dans des meilleurs territoires sont occupés d'une façon continue (Bochenski et Jerzak, 2006). Pour cette raison, il est met en hypothèse que la taille du nid peut être comptée parmi les indicateurs de la qualité du milieu (Vergara et al., 2010).

Plusieurs hypothèses ont été proposées pour expliquer les mécanismes évolutifs qui sont derrière les bénéfiques dans l'efficacité biologique issus des nids de grande taille chez plusieurs espèces d'oiseaux (Fargallo et al., 2001 ; Soler et al., 2001). L'une de ces hypothèses explique la relation observée entre la taille du nid et le succès de reproduction supposant que les nids de plus grande taille pourraient contenir plus de poussins que les nids plus petits.

La Cigogne blanche est une espèce de grande taille dont les poussins pèsent entre 3-4 kg et ont une envergure d'environ 1,5 m (Cramp et Simmons, 1977). Avant de quitter le nid les poussins doivent s'exercer pour l'envol et font des tentatives d'envol, dans un petit nid, les poussins ont de fortes chances de tomber ce qui pourrait avoir des conséquences négatives

pour les poussins et par conséquent sur le succès de la reproduction de leurs parents. Donc la taille du nid pourrait diminuer le succès de la reproduction dans cette espèce la cigogne blanche (Cramp et Simmons 1977).

Un autre mécanisme proposé pour expliquer la relation entre la taille du nid et le succès de reproduction chez les oiseaux, c'est la sélection sexuelle (Soler et al., 2001). Le nid pourrait être une extension du phénotype des individus du moment que par exemple, les grands nids, les biens élaborés, les mieux décorés pourraient précisément signaler la qualité du constructeur (Fargallo et al., 2004 ; Tomás et al., 2006 ; Moreno et al., 2008).

La taille des nids a été suggérée d'être un trait de sélection sexuelle indiquant la capacité des parents des deux sexes (Soler et al., 2001). Par conséquent, les individus avec les meilleurs nids augmentent la chance de l'acquisition d'un partenaire de meilleure qualité (Hoi et al., 1994 ; Evans et Burn, 1996 ; Kleindorfer 2007). Taille du nid est l'hypothèse d'informer les femelles sur la volonté d'un mâle à investir dans la reproduction (Soler et al., 2001). Comme la Cigogne blanche est une espèce qui réutilise son nid, donc on suppose que l'obtention de bénéfices directs est probablement le principal facteur sélectif qui a agit sur l'évolution des mécanismes discriminatoires utilisés par les femelles de la cigogne blanche dans le choix des mâles dans nos colonies. En effet, un mâle capable d'acquérir et de défendre un grand nid pourrait signaler sa qualité et pourrait avoir une partenaire de haute qualité (Evans et Burn, 1996 ; Kleindorfer, 2007).

La grandeur de ponte

La grandeur de ponte moyenne été $4,65 \pm 0,75$ et $4,78 \pm 0,59$ (œuf par nid) respectivement durant les deux saisons de reproduction 2011 et 2012. Une grandeur de ponte significativement grande par rapport à d'autres études en Algérie et en Europe (Tortosa et al., 2003 ; Profus et al., 2004 ; Kosicki, 2010), suggère des hautes conditions favorables d'alimentation dans la région d'étude (Tortosa et al., 2003 (Tab. 5.1).

Deux hypothèses principales ont été proposées pour expliquer l'augmentation de la grandeur de ponte chez la cigogne dans la colonie étudiée. La première hypothèse, la disponibilité alimentaire. Une des principales causes de l'évolution de la taille de ponte chez les oiseaux est la disponibilité alimentaire pendant la période de reproduction (Lack, 1947).

La deuxième hypothèse, le phénotype des reproducteurs. L'expérience reproductrice chez la cigogne blanche augmente avec l'âge (Vergara et Aguirre, 2006 ; Nevoux et al., 2008), les individus âgés arrivent tôt aux sites de reproduction, occupent des meilleurs nids en conservant leurs énergie de construction des nids pour l'investir dans la ponte précoce et assurent

TABLEAU 5.1 – Données comparatives de la grandeur de ponte moyenne dans des différentes régions du pays et du monde.

Région	GP	Source
Sétif, Algérie (avec A S)	4,21 ± 0,79	(Djerdali, 2010)
Sétif, Algérie (sans A. S)	3,68 ± 0,74	(Djerdali, 2010)
Bejaia, Algérie	3,17 ± 0,14	(Boukhemza et al., 2007)
Batna, Algérie	4,04	(Djeddou, 2006)
France	3,2 ± 0,14	(Barbraud et al., 1991)
Pologne	4,05 ± 0,82	(Profus et al., 2004)
Dréan, Algérie	4,62 ± 0,79	La présente étude.

A.S : Signifié Alimentation supplémentaire.

une large grandeur de ponte et par conséquent un grand succès reproductif (Both et Visser, 2001 ; Vergara et al., 2007 ; Nevoux et al., 2008). Aussi, la grandeur de ponte et la taille de la couvée sont dépendantes de l'âge des reproducteurs (Schulz, 1998), généralement la femelle de la cigogne blanche ajuste la taille de la couvée à la taille finale du nid (Soler et al., 2001).

L'occupation continue des nids qui reflètent la qualité du milieu (Bochenski et Jerzak, 2006) et la haute-fidélité aux sites de nidification (Barbraud et al., 1999) qui survient spécialement après des tentations de reproduction réussies (Vergara et al., 2006), nous a conduit à suggérer que les nids de la colonie étudié ont une qualité optimale pour la reproduction de la cigogne blanche (disponibilité alimentaire et absence de prédation) et que les adultes (les parents) ont une grande expérience reproductrice (âge).

Oscillation de la grandeur de ponte

Dans la région de Kabylie, la grandeur de ponte varie de 3 à 4 œufs avec une grandeur modèle de 3 œufs à Tizi-Ouzou (Fellag, 2006), à Bejaia, de 3 à 5 œufs avec un modèle de 3 œufs (Boukhamza et al., 2007). Dans les hauts plateaux, le rang d'oscillation a été plus grand, avec une variation de 4 à 6 œufs, modèle de 4 œufs à Batna (Djeddou, 2006) et de 2 à 6 œufs avec un modèle de 4 œufs par nid à Sétif (Djerdali, 2010). Dans la population mondiale, la

grandeur de ponte varie de 2 à 5 œufs avec un modèle de 4 œufs en Pologne (Profus et al., 2004) et de 4 à 6 œufs, modèle 4 œufs au Danemark (Skov, 1991), au Tunisie, 46 % des couples ont une couvée de 2 œufs (Azafzaf, 2002).

La grandeur de ponte de la colonie de Dréan varie de 2 à 6 avec une modèle de 5 œufs par nid durant les deux saisons de reproduction, et on a enregistré une couvée avec 7 œufs en 2011, ce phénomène avait été signalé rare par Cramp et Simmons, (1977). Donc le rang de la grandeur de ponte de la colonie étudiée est le plus grand dans la région, et même par rapport à des études dans le monde.

5.1.2 Caractéristiques des œufs

La taille des œufs est une variable importante qui influe sur l'investissement de la reproduction et le succès reproductif (Hargitai et al., 2005). La variation intra-spécifique de la biométrie des œufs est influencée par plusieurs facteurs telles que l'ordre de ponte (Slagsvold, 1984), la grandeur de ponte (Vanuela, 1977; Parsons, 1976), les années (Jover, 1993), l'âge et l'expérience de la femelle reproductrice (Jarvinen et Vaisanen, 1983), et, chez certaines espèces, la température ambiante pendant la ponte (Webb, 1987; Conway et Martin, 2000).

La biométrie des œufs est largement étudiée et pourtant les causes et les conséquences de la variation dans ce trait restent mal comprises (Christians, 2000). Il convient d'analyser en parallèle la stratégie de reproduction de l'espèce, dont en premier lieu l'investissement dans la taille de ponte (Nbr d'œufs dans chaque ponte complète) et la taille des œufs (caractéristiques biométriques) (Paillisson, 2005).

La taille des œufs est importante pour déterminer la masse corporelle et les conditions physiques des poussins, leur probabilité de survivre et leur futur succès de reproduction (Williams, 1994). La variation des dimensions des œufs est le résultat à la fois des déterminations génétiques et l'impact des conditions environnementales (Surmacki et al., 2003). Par conséquent, la connaissance du degré de détermination génétique et l'héritabilité de dimensions d'œufs est très important dans la description de l'impact des conditions environnementales sur ces caractéristiques (Zduniak et Antczak, 2003). L'écart dans les dimensions d'œufs inter et intra-couvées a été expliqué par l'ordre de ponte, l'héritabilité, la pressions physiologiques et environnementales, et la réduction de la taille de couvée (Yosef et Zduniak, 2004; 2008).

5.1.3 Variation de la biométrie en fonction d'ordre de ponte

Nos résultats montrent que le dernier œuf pondu est le plus petit dans la couvée, un pattern observé chez d'autres oiseaux d'eaux coloniaux (ex. Parsons, 1970, Nisbet, 1978 *in* Custer et Frederick, 1990), supporte effectivement l'hypothèse qui dit que les petits derniers œufs sont associés à la réduction de la couvée et qu'il y a une corrélation négative entre la taille du dernier œuf et la grandeur de ponte (Custer et Frederick, 1990).

La dimension de l'œuf varie selon l'ordre de ponte avec un de trois modèles : (1) une augmentation dans la taille des œufs selon la position dans l'ordre de ponte (Howe, 1976) ; (2) une diminution de la taille des œufs selon la position dans l'ordre de ponte (Parsons, 1972) ; (3) une augmentation dans la dimension de l'œuf à un certain point dans la séquence de la ponte avec une diminution par la suite (Williams, 1991). La taille des œufs peut aussi décliner avec l'ordre de ponte parce que la réserve d'énergie allouée à la formation des œufs diminue durant la ponte (Aparicio, 1999). D'après Leblanc (1987) le taux de prolactine dans le sang augmente durant l'incubation, et ce phénomène peut réduire la taille des follicules (*in* Aparicio, 1999).

Le volume des œufs diminue avec l'ordre de ponte, cas très commun chez les oiseaux asynchrones (Howe, 1976 ; Bollinger, 1994) et chez la Cigogne blanche (Profus et al., 2004). Cependant, nos résultats montrent une augmentation de la taille des œufs en 2012 par rapport à l'année précédente, comme il n'y a pas un changement notable en ce qui concerne les facteurs extrinsèques (facteurs climatiques, disponibilité alimentaire, qualité de milieu), cette observation nous a conduit à suggérer de relier l'augmentation inter annuel de la taille des œufs aux facteurs intrinsèques concernant l'âge et l'expérience des reproducteurs.

Finalement, la fluctuation des conditions environnementales pendant la période de ponte comme la chute de la température (Ojanen et al., 1981 ; Magrath, 1992 *in* Aparicio, 1999) peuvent causer des variations dans la taille des œufs indépendamment d'ordre de ponte (Aparicio, 1999).

5.1.4 Variation en fonction de la grandeur de ponte

En 2011, les plus grands œufs ont été trouvés dans les couvées de 2 œufs et le plus petit dans les couvées de 6 œufs de grandeur. La taille des œufs diminue graduellement avec l'augmentation de la grandeur de ponte. Cependant, une tendance contraire est apparue en 2012, avec le plus petit œuf a été trouvé dans les couvées de 2 œufs et le plus gros dans les couvées de 6 œufs. La taille des œufs augmente graduellement avec l'augmentation de la

grandeur de ponte. Finalement, la taille diminue abruptement dans la couvée de 7 œufs.

Globalement, les causes de variation de la taille des œufs sont pratiquement méconnues mais plusieurs hypothèses ont été proposées au-dessus, on commence par celle qui dit, la taille des œufs est reliée avec l'âge de la femelle (l'expérience, les techniques de forage et le choix de bon territoire seront améliorés avec l'âge), plus que la femelle est âgée, elle va acquérir d'expérience reproductive (Saether, 2006), et par conséquence augmente la taille de ces œufs (Christians, 2002).

La taille de la femelle affecte la taille des œufs, Redmond (1986) et Simmons (1994) ont proposé une corrélation significative positive entre au moins un caractère physiologique des femelles et la taille de leurs œufs (Christians, 2002). Mais, la taille des œufs n'est pas reliée aux aspects de performance reproductive comme la grandeur de ponte, le timing de ponte et l'habilité d'élever des poussins (Christians, 2002).

La taille des œufs varie parmi plusieurs espèces d'oiseaux, avec le grand œuf dans une population appartient généralement à la grande espèce, aussi la variation du poids de l'œuf non seulement due à la variation entre les couvées, mais intra-couvée aussi (Christians, 2002).

5.1.5 Le succès de reproduction

Les cigognes blanches choisissent leurs milieux d'alimentation suivant la disponibilité des proies et leurs accessibilité (Alonso et al., 1991) et elles se reproduisent près des décharges publiques (Tortosa et al., 2002) où en présence du bétail où les cigognes ont un meilleur accès aux ressources alimentaires (Tryjanowski et al., 2005). Donc, le succès de reproduction chez la cigogne blanche est directement affecté par la qualité d'habitats et par la disponibilité alimentaire.

Dans notre étude, les fortes valeurs du succès de la reproduction durant les deux saisons de reproduction dans la colonie de Dréan pourraient s'expliquer par la proximité de la colonie à la décharge public à ciel ouvert donc le site avec de la nourriture supplémentaire. Nos résultats sont semblables à ceux trouvés par Tortosa et al.(2002) en Espagne et Djerdali et al.(2010) à Sétif, qui ont trouvé que le succès de la reproduction était plus élevé dans les colonies situées près des décharges, en effet, la nourriture supplémentaire permet aux femelles de passer moins de temps cherchant la nourriture donc elles commencent plus tôt la couvaison ce qui engendre une meilleure protection des œufs de la prédation et donc un envol en avance qui pourrait engendrer des taux de survie plus élevés (Bollinger et al., 1990).

Dans la colonie étudiée, comme il n'y a pas de différence de bénéfice d'alimentation supplémentaire entre les deux années 2011 et 2012, la différence de succès de reproduction entre les deux années est probablement une conséquence de l'amélioration de la condition physique des parents vu la disponibilité alimentaire qui leur permettrait de mieux prendre soin des poussins (Goodburn, 1991).

5.2 Analyse démographique de la cigogne blanche de Dréan

5.2.1 État des couples reproducteurs en Algérie

Les recensements des effectifs des couples nicheurs de la Cigogne blanche en Afrique du Nord sont rares et irréguliers, l'Algérie en fait part. La première évaluation pour l'Algérie a été réalisée en 1935, qui a donné un effectif nicheur de 6 500 couples (Bouet, 1936), suivie par une deuxième en 1955 qui a montré un effectif plus important de l'ordre de 8 844 couples qui serait dû à un balayage plus complet par l'enquête (Bouet, 1956). Ensuite le chiffre a diminué à 2 000 couples en 1974, ce chiffre montre une réduction de la population de l'ordre de 75 % entre 1955 et 1974 (Thomas et al., 1975).

Le résultat du recensement de 1993 a donné un déclin nettement prononcé de 86 % à comparer avec le résultat de 1955 (Bouet, 1956), l'effectif était de 8 844 couples, alors qu'en 1993, il était passé à 1 195, particulièrement, le Constantinois a vu ses effectifs baisser de 76 %. La région allant d'El Tarf à Alger comptait les 72 % du total et c'était à la région de l'Ouest que l'effectif nicheur le plus faible était enregistré, 51 couples soit 0,04 % (Moali-Grine et al., 2004).

Ultérieurement, les recensements nationaux de 1995, 1998, 2001 et 2007 ont marqué une reprise spectaculaire des populations nicheuses de cigognes blanches en Algérie qui s'inscrit dans le cadre de l'accroissement général des effectifs de l'espèce dans toute son aire de nidification, le nombre de nids a presque doublé entre 1995 et 2007 (Fig. 5.1) Ces effectifs sont respectivement de 2 679, 3 922, 5 147 et 8 171 couples nicheurs en 1995, 1998, 2001 et 2007 respectivement, avec la plus grande concentration dans la région du constantinois et celle du Nord-Est (Tab. 5.2).

Une vraie explosion démographique a été observée dans certaines régions du pays entre 1993 et 2007. Dans la région du Nord Est, à El Tarf, l'effectif nicheur de la Cigogne blanche est passé de 174 en 1993 à 1 037 en 2007. Dans le Constantinois, à Mila, il est passé de 289 à 877 (D.G.F), au cours de la même période. Ainsi, en Oranie où on ne comptait que 51 nids en 1993, le chiffre est passé à 341 en 2001 et 572 en 2007 (Moali-Grine et al., 2004).

Le taux d'accroissement national entre 1993 et 2007 est de l'ordre de 86,3 % et entre 2001 et 2007 est de l'ordre de 37 %, donc la croissance spectaculaire de la population algérienne au cours de cette période va de paire avec la hausse des effectifs de la Cigogne blanche dans toute son aire de nidification. Depuis la reprise des effectifs de l'espèce à travers toute son aire de reproduction, la région nord-est du pays a aussi observé une hausse dans ses effectifs entre 1993 et 2007 passant de 267 à 2 103 couples en 2007 donc d'un taux de l'ordre de 87%.

5.2.2 Evolution du nombre de couples reproducteurs (Hpa) dans les différentes régions d'Algérie pendant la période (1993-2007).

Tel que montrent les graphes ci-dessous (Fig. 5.1), il y avait une tendance d'augmentation des couples reproducteurs dans toutes les régions d'Algérie durant la période allant de 1993 à 2007 (Moali-Grine, 2007 ; Djerdali, 2010), comme il arrive dans la même période en Europe (Schulz, 1999 ; Muller et Schierer, 2002). C'est une tendance positive générale des couples nicheurs en Algérie y compris la région nord-est du pays suivant l'essor démographique en Europe à partir de 1990.

5.2.3 Variation du succès de reproduction (JZm) dans les différentes régions d'Algérie au cours de la période 1993-2001.

Le succès de reproduction durant les quatre recensements nationaux (1993-2001) ne variait pas significativement entre les différentes régions d'Algérie, avec la valeur la plus élevée de ce paramètre enregistré dans la région des hauts plateaux de Sétif (Tab. 5.2 ; Fig. 5.2). Dans toutes les régions d'Algérie, il n'y a pas une tendance spécifique et le succès reproducteur semble ne pas être affecté par la densité de la population (Djerdali, 2010).

5.2.4 Sédentarité de la cigogne blanche dans la région nord-est

Depuis les années 90, le phénomène de l'hivernage de la Cigogne blanche est apparu en Algérie signalé surtout dans la région Est du pays (Samraoui, 2002), serait dû à l'apparition des nouvelles ressources alimentaires, les décharges publiques et les dépôts illicites de déchets de la volaille. Kherfi (2008) a signalé le plus grand nombre d'individus dans la wilaya d'Annaba avec 33 couples, la wilaya de Jijel avec 15 couples, de Tébessa avec 20 couples, quelques couples sont signalés à M'sila, Tizi-Ouzou, et Sidi B. Abbas (*in* Djerdali, 2010) ce phénomène est donc en train de prendre de l'ampleur en Algérie et dans la région d'étude.

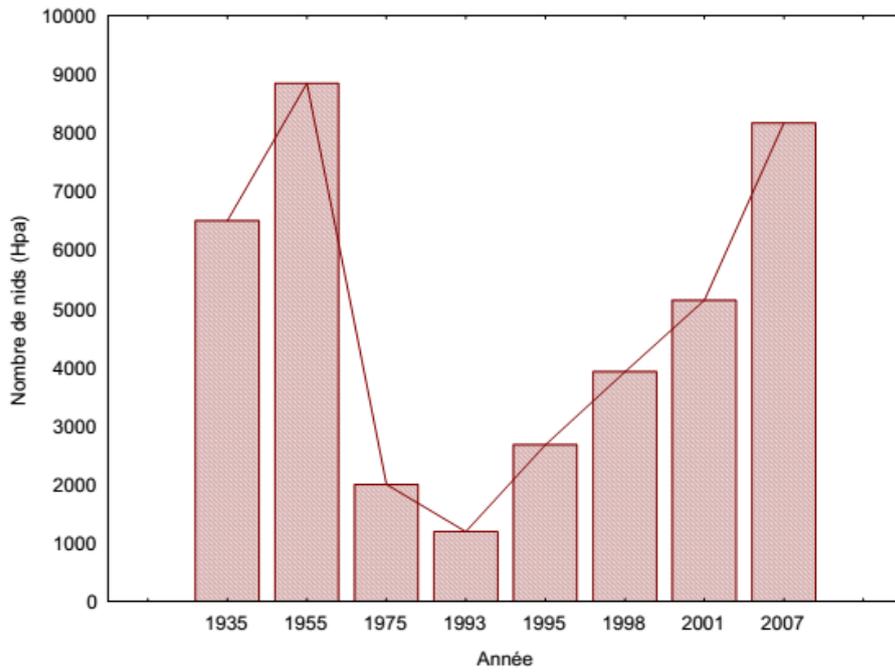


FIGURE 5.1 – Nombre des nids occupés par les couples nicheurs (HPa) en Algérie (Période 1935-2007) (Moali-Grine et al., 2004).

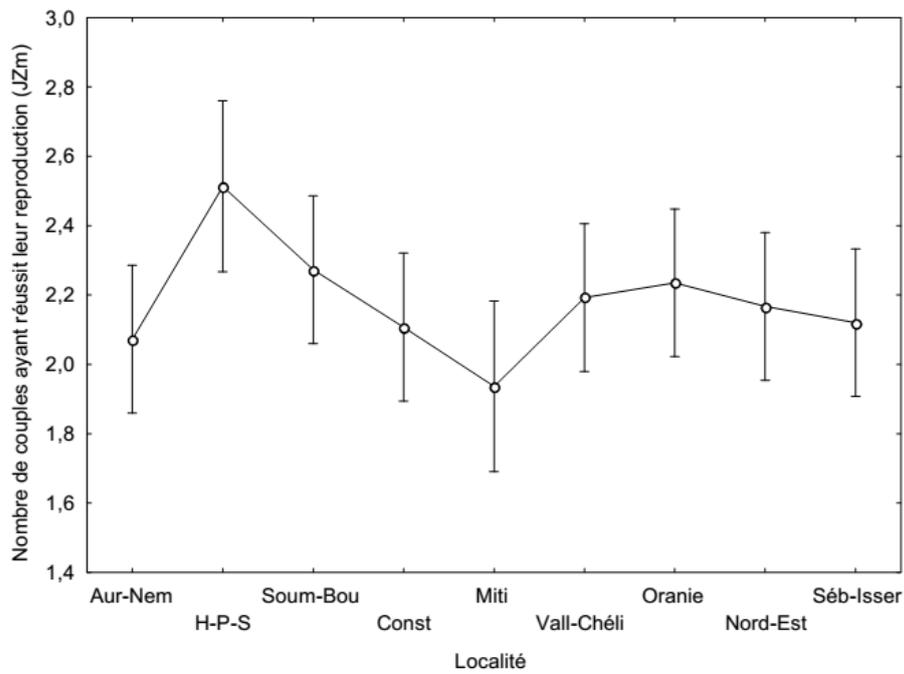


FIGURE 5.2 – Variation du succès de reproduction (JZm) dans les différentes régions d'Algérie. (Djerdali, 2010)

TABLEAU 5.2 – Paramètres démographiques de la Cigogne blanche dans les différentes régions d'Algérie d'après (Moali-Grine et al., 2004).

Année/Paramètre	1993			1995			1998			2001		
	HPm	JZG	JZm									
Nord-est	207	475	2,29	656	1421	2,17	967	2143	2,17	1064	2176	2,04
Aurès Némmemcha	251	461	1,83	331	690	2,08	378	803	2,12	413	935	2,26
Hauts plateaux Sétif	-	-	-	158	379	2,04	336	863	2,57	727	1871	2,57
Soummam-Bouira	77	191	2,48	157	348	2,22	188	391	2,08	258	588	2,28
Constantinois	267	603	2,26	877	1987	2,26	1134	2307	2,03	1250	2352	1,88
Sébaou-Isser	193	474	2,47	245	255	2,47	310	543	1,75	366	663	1,81
Mitidja	-	-	-	12	21	1,75	16	33	2,06	47	94	2
Vallée du Chélef	4	9	2,25	28	58	2,07	53	114	2,15	53	122	2,3
Oranie	22	47	2,13	81	175	2,16	196	407	2,06	301	780	2,59
Totaux	1021	2260	2,21	2555	5710	2,23	3578	7604	2,12	4479	9581	2,14

5.3 Les facteurs déterminants de la performance de reproduction de la cigogne blanche *C. ciconia*

La colonie de Cigogne blanche de Dréan fournit une bonne occasion d'étudier la variation inter-annuel et l'influence d'un gradient centre-périphérie sur le succès de reproduction. Selon le modèle de distribution central-périphérie, l'emplacement d'un nid dans une colonie peut avoir des conséquences importantes pour le succès de la reproduction (Porter et Coulson, 1987). Le nid de centre peut être mieux protégé contre la prédation qui peut exercer une forte pression sélective (Ricklefs, 1969 ; Donehow et al., 2007), de perturbation ou des conditions météorologiques défavorables (Burger et Lesser, 1978 ; Cuervo, 2004).

5.3.1 La phénologie

À Dréan, comme prévu, les dates de ponte moyennes se sont révélées d'être significativement différente entre le centre et la périphérie de la colonie avec la ponte qui démarre premièrement au centre de la colonie.

Les couples dominants vont d'abord choisir le centre de la colonie, dans le but de fournir un entourage de reproduction plus sécurisé et protégé contre les conditions météorologiques (Tenaza, 1971 ; Minias et Kaczmarek, 2013). Un ensemble de facteurs (photopériode, la température, la disponibilité de la nourriture, etc.) peut déterminer le début de la reproduction chez les oiseaux (Perrins, 1970), tandis que l'arrivée tôt au site de reproduction et la ponte précoce peuvent conférer un grand fitness aux oiseaux (Brinkhof et al., 2002 ; Tryjanowski et al., 2004 ; Tobolka et al., 2013 ; Janiszewski et al., 2013). Le début de la ponte et le succès de reproduction (résultat et / ou de la productivité) sont étroitement liés aux dates d'arrivée chez la cigogne blanche (Tryjanowski et al., 2004 ; Vergara et al., 2007) et d'autres espèces (Møller, 1994).

Les oiseaux les plus âgés retournent tôt à leurs sites de reproduction (Barbraud et al., 1999), cela peut supplanter les jeunes en compétition pour choisir des nids de haute qualité (Vergara et al., 2010), et profiter d'un succès de reproduction plus élevé (Vergara et Aguirre, 2006). Le début de la période de ponte dans le nord-est d'Algérie (3-7 Mars) a eu lieu plus tôt que dans le hautes plaines semi-arides (26-30 Mars) (Djerdali et al., 2008a). Ce décalage reflète probablement la différence de temps d'arrivée moyen entre les deux régions.

5.3.2 Les caractéristiques des nids et des œufs

Comme prévu, les nids de grande taille sont occupés au premier, mais cela a été seulement enregistré dans la zone centrale. Ces résultats sont en accord étroit avec ceux de Vergara et al. (2010) qui a trouvé que la colinéarité de la taille du nid et la date d'occupation sont mieux expliquées par l'âge des reproducteurs.

Chez la Cigogne blanche, la taille du nid est liée à la fréquence de son utilisation dans le passé, un indice fiable de la qualité d'un nid (Vergara et al., 2006). Cependant, les mécanismes sous-jacents qui favorisent la sélection de grands nids n'ont pas été pleinement explorés et des futurs travaux sur la valeur adaptative des caractéristiques des nids peuvent faire la lumière sur les raisons de la préférence des nids de grande taille. Les caractéristiques des nids et la préférences des sites de nidification peuvent être influencées par une gamme de facteurs (Clark et Shutler, 1999) et peuvent avoir une forte incidence sélective sur le succès de reproduction (Burger et Gochfeld, 1990 ; Alonso et al., 1991 ; Rauter et al., 2002). Bien que la façon dont les caractéristiques des nids peuvent déterminer le résultat de la reproduction n'est pas toujours facile à déterminer (Palomino et al. 1998 ; Tryjanowski et al., 2009 ; Minias et al., 2013), les nids de grande taille peuvent être avantageux car ils peuvent accueillir en toute sécurité plus d'œufs ou de poussins (Slagsvold, 1989), fournissent un microclimat favorable pour les oisillons (Tortosa et Villafuerte, 1999) ou résister aux inondations et à l'action du vent (Ulfvens, 1988 ; Cheriet et al., 2015). La taille du nid peut aussi être utilisée comme un facteur proximal pour la qualité du constructeur (Vergara et al., 2010).

5.3.3 La grandeur de ponte et succès d'éclosion

La grandeur de ponte ne différait pas entre la zone centrale et la zone périphérique de la colonie et il n'y avait aucune indication que cela a changé avec la date de ponte. Pas de diminution saisonnière de la grandeur de ponte a été signalé pour les colonies de Cigogne blanche situées à proximité des décharges (Tortosa et al., 2003) ou d'avoir accès à la nourriture abondante (Massemin-Challet et al., 2006). En revanche, une corrélation négative entre la date de ponte et la grandeur de ponte a été trouvée par Vergara et al. (2007). Ainsi, la proximité d'une décharge ne peut pas exclure une diminution saisonnière de la grandeur de ponte comme a été trouvé par Djerdali et al. (2008a) qui a constaté que la Cigogne blanche répond à la nourriture supplémentaire et d'autres conditions environnementales comme les précipitations en avançant son début de la reproduction et par augmenter la grandeur de ponte.

5.3.4 Le succès de reproduction

La variation intra-spécifique des paramètres de reproduction (ex. chronologie de reproduction, grandeur de ponte et condition des poussins) est très considérable parmi plusieurs espèces d'oiseaux, deux facteurs causales sont proposés pour expliquer cette différence. Premièrement, la variation du succès de reproduction est souvent expliquée par la différence des qualités des parents (Slagsvold et Lifjeld, 1988 *in* Przybylo et al., 2001) comme l'expérience et la masse corporelle. Deuxièmement, la variation de la qualité du territoire peut mener aussi à la différence de la performance de reproduction (Nager et Van Noordwijk, 1992 *in* Przybylo et al., 2001) et aussi la position du nid qui est l'un des principaux déterminants de succès de reproduction chez les oiseaux coloniaux (Coulson, 1968 ; Tenaza, 1971 ; Hoogland et Sherman, 1976).

a. Qualité du milieu

Denac (2006) a trouvé que les mauvaises conditions climatiques (Froid et pluie) pendant la saison d'élevage affectent négativement le succès de reproduction de la cigogne blanche, cela était observé durant la saison de reproduction 2011, où des conditions climatiques extrêmes (148,5 mm, 9,6 °C et 78,4 km/h) ont causé la chute des nids, et même des arbres entières qui ont augmenté le taux de mortalité chez les poussins de la cigogne blanche.

La cigogne blanche peut modifier sa date d'arrivée en fonction des conditions météorologiques actuelles dans la zone de reproduction, mais il ne peut pas répondre à des événements météorologiques extrêmes qui vont causé une diminution du succès de reproduction à l'avenir (Tobolka et al., 2015).

Plusieurs études ont révélé que les nids placés dans des meilleurs territoires sont occupés d'une façon continue (Bochenski et Jerzak, 2006). Comme signalé par plusieurs chercheurs, citant (Tortosa et Redondo, 1992), (Bocheński et Jerzak, 2006), (Tryjanowski et al., 2009), (Vergara et al., 2010), nos résultats concordent aussi avec l'idée que les nids de grande taille seront les premiers à être occupés et auront par conséquence un succès reproductif élevé.

b. Emplacement dans la colonie

Le taux de prédation est souvent lié au bord de la colonie (Jackson et al., 2005), mais le faible taux de prédation enregistré pourrait fournir une explication à l'absence de différence de succès de reproduction entre le centre et la périphérie de la colonie de Dréan où d'autres facteurs comme l'âge des oiseaux nicheurs peuvent avoir plus d'influence (Vergara et al., 2007).

La colonie de Cigogne blanche de Dréan est au centre de deux wilayas, El Tarf et Annaba qui avaient un nombre moyen de poussins par nid durant la même période allant de 2,13 à 2,71 (El Tarf) et de 1,48 à 2,30 (Annaba) (Moali-Grine et al., 2012). La productivité au Dréan (2,29 et 2,85 poussins), Malgré la haute densité, ainsi il a surpassé celle des deux régions voisines. La productivité a également été montrée pour être inversement à la dépendance de la densité (Barbraud et al., 1999), ainsi les ressources alimentaires abondantes fournies par la décharge publique peuvent diminuer la compétition intra-spécifique et peuvent tenir compte de la productivité relativement élevée au Dréan.

Contrairement à notre prédiction, in n'y a pas de différences de productivité en terme de poussins ou d'élevage ont été trouvées entre les nids de centre et les nids périphériques. Peut-être, cette différence ne peut être enregistrée lorsque les ressources sont rares et / ou avec un taux élevé de prédation. La productivité a aussi été légèrement liée à la date de ponte. Ce résultat se concorde avec celle de Vergara et al. (2007) qui ont constaté que la grandeur de ponte et la productivité n'étaient pas reliés à la date d'arrivée. En revanche, et comme prévu, les premiers arrivistes à leurs sites de reproduction semblent avoir une grande probabilité de succès de reproduction.

Ces résultats suggèrent que la nature adaptative de choix du site de nidification de la Cigogne blanche peut être compliquée et différents composants de fitness peuvent être optimisés (Chalfoun et Schmidt, 2012 ; Streby et al., 2014).

5.4 La croissance des poussins de la cigogne blanche

5.4.1 Éclosion et survie des poussins

Dans la présente étude, on a trouvé une corrélation positive entre le volume des œufs et le poids des poussins à l'éclosion, cette relation avait été traitée par de nombreux travaux cités en littérature (Bollinger 1994 ; Aparicio, 1999 ; Jager et al., 2000 ; Amat et al., 2001 ; Karel et al., 2008) qui ont tous trouvé que le poids des poussins a l'éclosion augmente avec le volume des œufs, spécifiquement tous ces auteurs ont travaillé en présence de nourriture supplémentaire. Le volume des œufs est important pour déterminer la masse corporelle et les conditions physiques des poussins et par conséquent leur probabilité de survie (Surmacki et al., 2003 ; You et al., 2008),

Un avantage de la masse élevée à l'éclosion est que la survie des poussins pourrait au moins être plus grande pendant la première semaine de vie quand les poussins sont vulnérables aux mauvaises conditions climatiques et aux prédateurs (Williams, 1994 ; Jager et al.,

2000), de même pour la cigogne blanche, un poids optimal à l'éclosion pourrait épargner aux poussins les contraintes de mauvaises conditions climatiques surtout que les poussins ne développent pas leur thermorégulation avant 20 jours d'âge (Tortosa et Castro, 2003).

5.4.2 Effet d'ordre d'éclosion sur la survie des poussins

L'éclosion asynchrone est très répandue chez les oiseaux (Magrath 1990 *in* Dey et al., 2014), apparue comme résultats du début d'incubation juste après la ponte du premier œuf, généralement l'asynchrone est adaptative, car la hiérarchie de taille dans la couvée est bénéfique pour les parents (Dey et al., 2014).

La cigogne blanche est une espèce nidicole de longue vie, avec aucun comportement agressif parmi les poussins (Djerdali et al., 2008a), la grandeur de ponte varie entre 1-7 (moyenne 4) et le nombre des poussins réussis à l'envol varié entre 1 et 4 (Del Hoyo et al., 1992), les poussins sont alimentés durant toute la période d'élevage (50-60 jours) par les deux parents. La distribution d'alimentation se fait par régurgitation sur la plateforme de nid après le regroupement des poussins autour de l'adulte. Donc, la distribution alimentaire est une classique « compétition chaotique » reliée seulement à l'habilité des poussins d'ingestion aussi vite que possible (Tortosa et al., 2008).

Lack (1947) a proposé que les parents favorisent la compétition asymétrique par l'éclosion asynchrone, mais le mécanisme par lequel l'ordre d'éclosion affecte la dominance des juvéniles au sein de la couvée chez la cigogne blanche reste non clair. Si possible que les premiers poussins éclos augmentent leurs tailles rapidement due à l'augmentation d'acquisition d'alimentation (compétition intra-couvée) suite à la distribution des proies de grande taille contrôlée par les parents (Djerdali et al., 2008a).

5.4.3 Croissance des paramètres biométriques des poussins

La croissance aviaire et la taille des poussins durant l'élevage avaient des conséquences importantes pour le fitness des poussins comme la survie et le succès de reproduction (Gebhardt-Henrich et Richner, 1998). Le taux de croissance est souvent influencé par les facteurs environnementales telles que la disponibilité d'alimentation (Ricklefs, 1983 ; Martin, 1987), la température et la précipitation (Kosicki et Indykiewicz, 2011), et aussi par des facteurs intrinsèques telles que la grandeur de ponte, la date d'éclosion et la diachronie d'éclosion (Richner, 1989 ; Gebhardt-Henrich et Richner, 1998). Il est aussi probable que ce succès de la reproduction serait une conséquence de l'amélioration de la condition physique des parents

(improved parental condition) vu la disponibilité alimentaire qui leur permettrait de mieux prendre soin des poussins (Goodburn, 1991).

5.5 La réduction de la nichée

La réduction de la nichée (brood reduction), définie par la mort d'une fraction de cette dernière, cette réduction causée par les membres restants de la famille (O'Connor, 1978), pourrait agir pour réduire la rivalité fraternelle ou de promouvoir la mort des derniers poussins éclos éclos (Vinuela, 1999). Ce phénomène est fut un objet de beaucoup de recherches depuis Lack (1947, 1954) qui a émis l'hypothèse prédisant que les parents des oiseaux produiraient plus de rejetons qu'ils ne puissent normalement élever comme une couverture contre l'incertitude écologique. Les oiseaux doivent ajuster leurs nichées aux disponibilités alimentaires dans un environnement imprévisible (Lack, 1947). En produisant peu d'œufs, les parents ne pourraient que réduire inutilement la production de jeunes, à l'opposé le fait de faire des pontes de grande taille pourrait engendrer des poussins de mauvaise qualité avec une faible chance de survie (Lack, 1954).

Lack (1947) a proposé que les parents favorisent la compétition entre les poussins de la nichée en imposant une asymétrie dans la taille de ces derniers due à l'asynchronisme d'éclosion. La compétition pour la nourriture entre les individus au sein de la nichée est ubiquiste et la manière de laquelle se déroule cette compétition varie selon les espèces. Des sévères interactions agonistiques ont été très bien décrites chez les rapaces où les poussins les plus âgés de la nichée empêchent agressivement leurs frères plus jeunes de se nourrir où les tuent directement (Viñuela, 1999). Chez les espèces nidicole non agressives, sont les parents qui attribue la nourriture d'une manière directe, proportionnellement à la taille des poussins (favoritisme) comme chez les passereaux (Redondo et Castro, 1992).

La Cigogne blanche est un oiseau nidicole, espèce longévive avec un comportement des poussins non agressif. La taille de ponte varie de 1 à 7 œufs (moyenne de 4) et le nombre de poussins qui arrivent à l'envol varie de 1 à 4 (Del Hoyo et al., 1992). L'intervalle d'éclosion augmente avec la taille de ponte et varie du synchronisme dans les pontes à deux œufs à deux jours (intervalle 1 à 3 jours) dans les pontes de cinq œufs (Tortosa et Redondo, 1992). Les poussins sont nourris par les deux parents jusqu'à ce qu'ils abandonnent le nid quand ils atteignent 50-65 jours d'âge.

Quand à leur régime alimentaire, les poussins sont d'abord nourris par des invertébrés tels que les lombrics, les orthoptères, les coléoptères (Barbraud et Barbraud, 1997). Les petits vertébrés tels que les larves d'amphibiens, les petits lézards et mammifères sont aussi

progressivement introduits au fur et au mesure que les poussins se développent (Tortosa, 1992). Les parents délivrent la nourriture par régurgitation sur le plancher du nid après que les poussins se réunissent en ronde autour de la tête du parent. Donc la distribution de la nourriture est une compétition en foule classique (classic scramble competition) se rapportant seulement aux différences dans l'habilité des poussins à manger le plus vite possible. De plus les parents de la Cigogne blanche ne font preuve d'aucune préférence évidente envers un poussin quelconque (Kahl, 1972).

En conséquence, les parents de la Cigogne blanche pourraient avoir deux types de contrôle sur la distribution de la nourriture dans la nichée, premièrement par la décision du moment de commencement de la couvaison et alors déterminant par ce fait une compétition entre les poussins par l'asymétrie, émanant de l'asynchronisme d'éclosion, et deuxièmement à travers l'infanticide parental de certains poussins (Zielinski, 2002).

L'âge moyen des poussins morts est de $16,86 \pm 11,72$ et $14,95 \pm 9,33$ jour respectivement durant les deux saisons de reproduction contredisant avec l'hypothèse d'infanticide parental élaboré par Tortosa et Redondo (1992) et Djerdali et al., (2010) qui ont trouvé que les attaques parentales aux poussins se produisent aux alentours de l'âge de 6,25 jours et 7,3 jours respectivement.

Djerdali et al. (2010) ont proposé que les parents soient sensibles à la taille des poussins seniors et ils ont supposé une augmentation dans la taille des proies délivrées à la nichée quand la taille des poussins seniors est expérimentalement augmentée. Néanmoins, en sélectionnant des proies de plus grande taille, les parents pourraient influencer la distribution de la nourriture, tout simplement parce que les poussins juniors ne pourraient pas toujours s'accaparer des proies de grande taille. Par conséquent ils ont aussi prédit que la distribution de la nourriture à l'intérieur des nichées manipulées serait affectée du moment que le poussin de rang élevé prendrait une grande part de la nourriture allouée à la nichée.

5.6 Conservation et protection

L'objectif principal de la protection de la Cigogne blanche doit être la conservation ou la reconstitution d'une population durable capable de se maintenir par elle-même et présentant toutes les caractéristiques d'une espèce sauvage. La rencontre a également mis en évidence que les lâchers de Cigognes blanches élevées en captivité ne pouvaient pas, à long terme, constituer une mesure de conservation de l'espèce (Goriup et Schulz, 1991 ; Biber et al., 1995).

Des régimes de précipitation et de la sécheresse en hiver dans la région de Sahel semi-aride est une force motrice majeure pour la détermination des tendances de la population de la cigogne blanche et d'autres oiseaux migrateurs trans-sahariens (Den Held, 1981 ; Sæther et al., 2006 ; Nevoux et al., 2008).

En plus, des phénomènes saisonniers, telle que la migration des animaux, ont fortement été affectés par le réchauffement climatique (Parmesan et Yohe, 2003) conduisent à des changements marqués dans la période d'hivernage (La Sorte et Thompson, 2007) et vers l'avancement des dates d'arrivée et des dates de reproduction relativement précoces pour les oiseaux migrateurs (Lehikoinen et al., 2004 ; Gordo, 2007). Le réchauffement climatique et l'action anthropique telle que les décharges ouvertes ont été invoquées pour expliquer les changements dans le comportement migratoire de la Cigogne blanche (Tortosa et al., 1995 ; Samraoui, 1998). Comme le succès de reproduction repose sur le timing de la ponte, tout changement dans les dates d'arrivée et de reproduction peut avoir des répercussions importantes sur le fitness.

La Cigogne blanche d'Afrique du nord a également souffert de l'envahissement humain sur leurs lieux de reproduction en raison d'un manque général d'application de la loi dans le pays (Samraoui et al. 1992 ; De Belair et Samraoui, 1994), les oliviers constituant la zone d'étude sont en train de disparaître progressivement par coupure de branches et des arbres entières et aussi des incendies.

Les habitats de reproduction des oiseaux aquatiques coloniaux dans la région sont progressivement transformés en terres cultivées ou de terrain pour logement (Samraoui et al., 2007). Dans quelle mesure, la Cigogne blanche sera capable de répondre phonologiquement et comportementalement pour s'adapter aux changements environnementaux rapides dans la région est une question ouverte ?

CONCLUSION GÉNÉRALE

*« Une conclusion, c'est quand vous en
avez assez de penser. »*

Herbert Albert Fisher



Conclusion générale

LA dynamique de population de la Cigogne blanche dans la région méditerranéenne et en Algérie a également suivi la même tendance que la population de l'Europe, après un déclin entre 1935 et 1974 où la population a diminué de près de 91 %, les effectifs des couples nicheurs ont revu une hausse à partir de 1995. L'effectif a doublé entre 1998 et 2001, ensuite entre 2001 et 2007, l'effectif a passé de 875 à 1 192 (D.G.F). Notons qu'entre 2001 et 2007, la région nord-est du pays a également connu une explosion démographique où l'effectif nicheur de la Cigogne blanche a passé de 174 en 1993 à 1 037 en 2007 de l'ordre de 37 % (Djerdali, 2010).

Cette augmentation pourrait être expliquée par l'amélioration des conditions d'hivernage en Afrique sub-saharienne et notamment en Algérie, où le phénomène de la sédentarité de la Cigogne blanche est apparu depuis les années 90 et signalé surtout dans la région est du pays (Samraoui, 2002). Ce phénomène est en train de prendre de l'ampleur en Algérie et dans la région d'étude (Kherfi, 2008 ; Djerdali, 2010).

Dans la région d'étude, l'occupation des nids par les couples reproducteurs de la cigogne blanche a été enregistré le 07 janvier, le suivi avait continu jusqu'à l'envol à la fin du juin et la dissipation complète de la colonie y compris un rayon de 5 km à la fin d'octobre. Cependant, en 2012, les premiers individus sont observés le 17 décembre et l'occupation des nids avait commencé le 14 janvier.

Les nids de plus grande taille sont occupés en première position. D'un autre côté, les premiers individus arrivés ont pu avoir des partenaires plus tôt que les individus arrivés plus tard. La durée que mettent les mâles sans une partenaire était influencée aussi bien par la date de retour à la colonie que par la taille du nid.

La ponte a commencé le 29 et 27 Mars en 2011 et 2012 respectivement avec des périodes de pontes s'étalant entre le 09 Mars - 16 Avril en 2011. En 2012, la ponte commence le 03 Mars et s'allonge jusqu'au 18 Avril. Le nombre d'œufs par ponte oscillait entre 2 et 6 et entre 3 et 7 avec un mode de taille de ponte 5 respectivement pour les deux saisons de reproduction. La moyenne des dimensions des œufs est de $73,24 \times 51,32$ (mm), le volume est en moyenne de $93,29 \pm 9,41$ cm^3 .

La comparaison inter-annuelle du volume moyen des œufs à taille de ponte identique met en évidence un effet significatif, les œufs sont plus gros en 2012. Le volume des œufs a également eu un effet très significatif sur la masse corporelle des poussins à l'éclosion. Le diamètre externe moyen des nids avec succès ($174,6 \pm 38,9$ cm) était plus grand que celui des nids échoués ($150,7 \pm 24,8$ cm).

Concernant le patron de variation de la taille des œufs à l'intérieur des couvées dans la population de la Cigogne blanche étudiée, le 1^{er} œuf dans la séquence est de taille plus petit que le deuxième qui est le plus gros de la couvée. La taille des œufs subséquents diminue graduellement avec l'ordre de ponte, finalement la taille diminue abruptement au dernier œuf qui est souvent le plus petit de la couvée. Les différences dans le volume sont significatives entre les œufs pondus en 2^{ème} et ceux pondus en 4^{ème} et 5^{ème} position. Il a été remarquable aussi que seulement durant la saison de 2011, l'ordre de ponte avait significativement affecté le patron de variation du volume des œufs à l'intérieur de la couvée.

Le succès de reproduction en 2011 était faible par rapport au 2012, dû principalement au taux élevé de la mortalité des poussins pendant la première saison causé principalement par la perte des arbres y compris leurs contenus (nids) suite aux conditions climatologiques extrêmes rencontrés la fin d'avril (des vents pluvieuses). Le taux d'occupation ainsi que le taux des couples avec succès a été supérieur en 2011 par rapport à l'année suivante, mais en terme de productivité, l'année 2012 a été remarquable.

Le taux de croissance total des paramètres biométriques des poussins de la colonie de Dréan a été significativement plus grand en 2012 par rapport à la saison précédente. Cela, supporte l'hypothèse de l'impacte de l'amélioration inter-annuel du comportement des reproducteurs (spécialement la femelle) sur le succès de reproduction. L'échec de reproduction a été principalement dû à la perte des œufs ou de l'échec d'éclosion (14,9 % et 25,0 % en 2011 et 2012 respectivement). Autres menaces, ont été observées en dehors de la saison de reproduction, notamment par coupure des branches d'arbres pendant la récolte d'olives et des incendies.

Enfin, la fréquentation des décharges publiques à ciel ouvert et les dépotoirs de la volaille par la cigogne blanche est un comportement qui doit être suivi sur un plan plus large pour une meilleure maîtrise de la gestion et la conservation de l'espèce, car non seulement, ce nouveau facteur affecte directement les paramètres de la reproduction mais il pourrait aussi avoir une grandeur écologique vue que la sédentarité de l'espèce est principalement causée par ce facteur (alimentation supplémentaire).

La sédentarité de la Cigogne blanche a un effet direct sur les paramètres de reproduction de l'espèce (bénéfice de la nourriture supplémentaire) et aussi sur les conditions physiologiques des individus (sans migration). A long terme, cette nourriture supplémentaire étant impliquée dans le changement de la phénologie de l'espèce pourrait avoir des implications écologiques, des changements dans la dynamique des populations et des stratégies migratoires pour tous les espèces aviaires qui fréquentent les décharges à ciel ouvert.

D'une autre part, nous recommandons des études plus poussées sur le comportement de construction des nids dont les travaux dessus sont rares, et qui reste encore un terrain vaste pour la recherche surtout dans son influence sur l'efficacité biologique (fitness) des individus chez les espèces qui réutilisent les nids comme la Cigogne blanche.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aguirre J. I. (2006).** Factores que afectan a la supervivencia juvenil de la Cigüena blanca *Ciconia ciconia*. Doctoral thesis, *Uni. Madrid*.
- Aguirre J. I., Vergara P. (2007).** Younger, weaker white stork *Ciconia ciconia* nestlings become the best breeders. *Evolutionary Ecology Research*,9(2), 355-364.
- Aguirre J., Vergara P. (2008).** Census methods for White stork *Ciconia ciconia* : bias in sampling effort related to the frequency and date of nest visits. *J Ornithol*, 150(1), 147-153.
- Alonso J., Alonso J., Carrascal L. (1991).** Habitat selection by foraging White Storks *Ciconia ciconia* during the breeding season. *Can. J. Zool.*, 69(7), 1957-1962.
- Anderson D., Hodum P. (1993).** Predator Behavior Favors Clumped Nesting in an Oceanic Seabird. *Ecology*, 74(8),24-62.
- Anderson D., Porter E., Ferree E. (2004).** Non-breeding Nazca Boobies *Sula Granti* Show Social and Sexual Interest in Chicks : Behavioural and Ecological Aspects. *Behaviour*, 141(8), 959-977.
- Aparicio, J. (1999).** Intraclutch Egg-Size Variation in the Eurasian Kestrel : Advantages and Disadvantages of Hatching from Large Eggs. *The Auk*, 116(3), 825-830.
- Ashbrook K., Wanless S., Harris M., Hamer C. K. (2008).** Hitting the buffers : conspecific aggression undermines benefits of colonial breeding under adverse conditions. *Biology Letters*, 4(6), 630-633.
- Balmori A. (2005).** Possible Effects of Electromagnetic Fields from Phone Masts on a Population of White Stork *Ciconia ciconia*. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 24(2), 109-119.
- Balmori A. (2009).** Electromagnetic pollution from phone masts. Effects on wildlife. *Pathophysiology*, 16(2-3), 191-199.
- Barbraud C., Barbraud J. C., Barbraud M. (1999).** Population dynamics of the White Stork *Ciconia ciconia* in western France. *Ibis*, 141(3), 469-479.
- Barbraud C., Barbraud J. C., Barbraud M., Delord K. (2002).** Changements récents dans le régime alimentaire des poussins de Cigogne blanche *Ciconia ciconia* en Charente-Maritime (centre-ouest, France). *Alauda*,70(4), 437-443.
- Barbraud C., Barbraud J., Barbraud M. (2008).** Population dynamics of the White Stork *Ciconia ciconia* in western France. *Ibis*, 141(3), 469-479.

- Barton K. A., B. L. Phillips, J. M. Morales., J. M. J. Travis (2009)** The evolution of an 'intelligent' dispersal strategy : biased, correlated random walks in patchy landscapes. *Oikos*, 118(2), 309-319.
- Beauchamp G. (1998)**. The effect of group size on mean food intake rate in birds. *Biol. Rev.*, 73(4), 449-472.
- Belouahem-Abed D., Belouahem F., Belair G. (2009)**. Biodiversité floristique et vulnérabilité des aulnaies glutineuses de la Numidie algérienne (N.E Algérie). *European Journal of Scientific Research*, 32(3), 329-361.
- Benharzallah N., Si Bachir A. S., Taleb F., Barbraud C. (2015)**. Factors affecting growth parameters of White Stork nestlings in eastern Algeria. *J Ornithol*, 1-12.
- Bentamer N. 1998**. Disponibilité en ressources entomologiques et modalités de leur utilisation par deux échassier : la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* et le Héron Garde-Boeuf *Bubulcus ibis* dans la vallée de Sébaou (Kabylie, Algérie). Thèse Magister. *Inst. Nat. Agro. El-Harrach*.
- Berthold P., Van Den Bossche W., Fiedler W., Gorney E., Kaatz M., Leshem Y., Nowak E., Querner U. (2001)**. Der Zug des Wein storchs *Ciconia ciconia* : eine besondere Zugform auf Grund neuer Ergebnisse. *J Ornithol*, 142(1), 73-92.
- Berthold P., Van Den Bossche W., Jakubiec Z., Kaatz C., Kaatz M., Querner U. (2002)**. Long-term satellite tracking sheds light upon variable migration strategies of White Storks *Ciconia ciconia*. *J Ornithol*, 143(4), 489-493.
- Berthold P., Van Den Bossche W., Kaatz M., Querner U. (2006)**. S12-2 Conservation measures based on migration research in white storks (*Ciconia ciconia*, *Ciconia boyciana*). *Acta Zool Sin*, 52, 211-14.
- Blackburn T. M. (1991)**. An interspecific relationship between egg size and clutch size in birds. *The Auk*, 973-977.
- Blanco G. (1996)**. Population Dynamics and Communal Roosting of White Storks Foraging at a Spanish Refuse Dump. *Colonial Waterbirds*, 19(2), p.273.
- Bocheński M. (2005)**. Nesting of the sparrows Passer s in the white stork *Ciconia ciconia* nests in a stork colony in Kłopot (W Poland). *Int Stud Sparrows*, 30, 39-41.
- Bochenski M., Jerzak L. (2006)**. Behaviour of the White Stork *Ciconia ciconia* : a review. The White Stork in Poland : Studies in Biology, Ecology and Conservation, *Bogucki Wydaw, Naukowe, Poznan*, 301-330.

- Bollinger P. (1994).** Relative Effects of Hatching Order, Egg-Size Variation, and Parental Quality on Chick Survival in Common Terns. *The Auk*, 111(2), 263-273.
- Bouazouni O. (2004).** Parc national d'El Kala, Etude socio-économique du PNEK. *Projet MedMPA*, UNEP, MAP, RAC-SPA.
- Bouet G. (1936).** Nouvelles recherches sur les cigognes blanches d'Algérie. Densités du peuplement des cigognes nichant en Algérie. *Une campagne de baguage*, 287-301.
- Bouet G. (1956).** Une mission ornithologique en Algérie en 1955. Nouvelles recherches sur les cigognes. *L'oiseau et R.FO* (26),227-240.
- Boukhemza M. (2000).** Etude bio-écologique de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia* L., 1775) et du Héron garde-bœufs (*Bubulcus ibis* L., 1775) en Kabylie : Analyse démographique, éthologique et essai d'interprétation des stratégies trophiques (Doctoral dissertation, Thèse Doctorat *Sci. Agro., Inst. Nat. Agro.,* El Harrach).
- Boukhemza M., Boukhemza-Zemmouri N., Voisin J. F. (2006).** Biologie et écologie de la reproduction du Héron garde-bœufs *Bubulcus ibis* en Kabylie (Algérie). *Alauda*, 74(3), 331-337.
- Boukhemza M., Boukhemza-Zemmouri N., Voisin J. F. (2007).** Biologie et écologie de la reproduction de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* dans la vallée du Sébaou (Kabylie, Algérie). *Aves*, 44 (4),213 – 222.
- Boukhemza M., Doumandji S., Bentamer N. (1997).** Sur l'importance des insectes dans le spectre alimentaire de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia* L., 1775) dans la vallée de la Sébaou, région de Kabylie, Algérie. *Rev. Sci. Tech. Univ. Constantine* (8),81-89.
- Boukhtache N. (2009).** Contribution à l'étude de la niche écologique de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* L., 1758 (*Aves, Ciconiidae*) et du Héron garde-bœufs *Bubulcus ibis* L., 1758 (*Aves, Ardeidae*) dans la région de Batna. Thèse de magistère. *Dpt. Agronomie, Uni. El Hadj Lakhdar, Batna*.
- Brinkhof M., Cavé A., Daan S., Perdeck A. (2002).** Timing of current reproduction directly affects future reproductive output in European coots. *Evolution*, 56(2), 400-411.
- Brouwer J., Mullié W., Scholte P. (2003).** White Storks *Ciconia ciconia* wintering in Chad, northern Cameroon and Niger : a comment on Berthold et al. (2001). *Ibis*, 145(3), 499-501.
- Brown C. R., Brown M. B. (1986).** Ectoparasitism as a cost of coloniality in cliff swallows *Hirundo pyrrhonota*. *Ecology*, 67(5), 1206-1218.

- Bunin J. S., Boates J. S. (1994).** Effects of nesting location on breeding success of Arctic terns on Machias Seal Island. *Canadian Journal of Zoology*, 72(10), 1841-1847.
- Burger J., Gochfeld M. (1990).** Nest Site Selection in Least Terns *Sterna antillarum* in New Jersey and New York. *Colonial Waterbirds*, 13(1), 31-40.
- Burger J., Lesser F. (1978).** Selection of colony sites and nest sites by Common Terns *Sterna hirundo* in Ocean County, New Jersey. *Ibis*, 120(4), 433-449.
- Chalfoun A. D., Schmidt K. A. (2012).** Adaptive breeding-habitat selection : is it for the birds ? *The Auk*, 129(4), 589-599.
- Charre J. (1997).** Dessine-moi un climat. Que penser du diagramme ombrothermique. *Mappe-monde*, 2(97), 29-31.
- Cheriet S., Samraoui F., Alfarhan A. H., Samraoui B. (2015).** Factors affecting nesting success in the Great-crested Grebe *Podiceps cristatus* at Lake Tonga, north-east Algeria. *Ostrich*, 86(3), 239-245.
- Chernetsov N. (2004).** Migratory orientation of first-year white storks *Ciconia ciconia* : inherited information and social interactions. *Journal of Experimental Biology*, 207(6), 937-943.
- Chernetsov N., Chromik W., Dolata P., Profus P., Tryjanowski P. (2006).** Sex-related natal dispersal of white storks *Ciconia ciconia* in Poland : how far and where to ? I, 123(4), p.1103.
- Chozas P. (1984).** Situacion de la poblacion de la ciguena blanca, *Ciconia ciconia*, en Espana segun los ultimos censos nacionales (1979 y 1981). *Boletín de la Estación Central de Ecología*.
- Christians J. K. (2002).** Avian egg size : Variation within species and inflexibility within individuals. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 77(01), 1-26.
- Clark R., Shutler D. (1999).** Avian Habitat Selection : Pattern from Process in Nest-Site Use by Ducks ? *Ecology*, 80(1), p.272.
- Collias N. (1986).** Engineering aspects of nest building by birds. *Endeavour*, 10(1), 9-16.
- Collias N. E., Victoria J. K. (1978).** Nest and mate selection in the village weaverbird *Ploceus cucullatus*. *Animal Behaviour*, 26, 470-479.

- Conway C. J., Martin T. E. (2000).** Evolution of passerine incubation behavior : influence of food, temperature, and nest predation. *Evolution*, 54(2), 670-685.
- Cooper A., Rambaut A., Macaulay V., Willerslev E., Hansen A. J., Stringer, C. (2001).** Human origins and ancient human DNA. *Science (New York, NY)*, 292(5522), 1655.
- Cornet A. (1988).** Principales caractéristiques climatiques. *Estudio Integrado de los recursos vegetación, suelo y agua en la reserva de la Biosfera de Mapimí. Ambiente Natural y Humano*. Pub, (23), 45-76.
- Coulson J. (1968).** Differences in the Quality of Birds nesting in the Centre and on the Edges of a Colony. *Nature*, 217(5127), 478-479.
- Cramp S., Simmons K. E. L. (eds). (1977).** The Birds of the Western Palearctic. Vol. 1. *Oxford Univ. Press*.
- Cuervo J. (2004).** Nest-site selection and characteristics in a mixed-species colony of Avocets *Recurvirostra avosetta* and Black-winged Stilts *Himantopus himantopus* : Causes of breeding failure determined optimal nest location, Black-winged Stilts being better adapted than Avocets to nest close to water. *Bird Study*, 51(1), 20-24.
- Custer T. W., Frederick P. C. (1990).** Egg size and laying order of Snowy Egrets, Great Egrets, and Black-crowned Night-herons. *The Condor*, 92(3), 772-775.
- Daget P. (1977).** Le bioclimat Méditerranéen : Analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. *Vegetatio*, 34(2), 87-103.
- Danchin E., Wagner R. H. (1997).** The evolution of coloniality : the emergence of new perspectives. *Trends in Ecology Evolution*, 12(9), 342-347.
- Danchin É., Giraldeau L. A., Valone T. J., Wagner R. H. (2004).** Public information : from nosy neighbors to cultural evolution. *Science*, 305(5683), 487-491.
- De Bélair G. (1990).** Structure, fonctionnement et perspectives de gestion de quatre écosystèmes lacustres et marécageux (El Kala, est Algérien). *Univ. Sci. Tech. Languedoc. Montpellier*.
- De Bélair G. (2005).** Dynamique de la végétation de mares temporaires en Afrique du Nord (Numidie orientale, NE Algérie). *Ecologia mediterranea*, 31(1), 1-18.
- De Bélair G., Samraoui B. (1994).** Death of a lake : Lac Noir in northeastern Algeria. *Environmental Conservation*, 21(02), 169-172.

- Denac D. (2006).** Resource-dependent weather effect in the reproduction of the White Stork *Ciconia ciconia*. *Ardea-Wageningen*, 94(2), 233.
- Den Held J. (1981).** Population-changes in the purple heron in relation to drought in the wintering area. *Ardea*, 69(2), 185-191.
- Dey C. J., O'connor C., Quinn J. S. (2014).** Hatching order affects offspring growth, survival and adult dominance in the jointlaying Pukeko *Porphyrio melanotus melanotus*. *Ibis*, 156(3), 658-667.
- Djeddou N., Bada N. (2006).** Contribution à l'étude bioécologique de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* dans la région de Batna : Recensement des colonies, biologie de la reproduction et écologie trophique. *Mém. Ing. Ecol et Enviro., Dpt. De Biologie, Uni. Batna*.
- Djeddou N., Bada N., Chenchouni H., Si Bachir A. (2007).** Données sur la biologie de la reproduction et les besoins alimentaires de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* en période de nidification dans la colonie d'El Madher (Batna, Algérie). *Acte des Journées Internationales sur la Zoologie Agricole et Forestière Institut National Agronomique, El Harrach, Alger*.
- Djerdali S. (2010).** Etude ethnoécologique de la cigogne blanche *Ciconia ciconia* (linné, 1758), dans la région des hautes plaines Sétifiennes (nord de l'Algérie). *Thèse. Doctorat, Uni. Sétif*.
- Djerdali S., Tortosa F. S., Doumandji S. (2008).** Do white stork *Ciconia ciconia* parents exert control over food distribution when feeding is indirect? *Ethology Ecology Evolution*, 20(4), 361-374.
- Djerdali S., Tortosa F. S., Hillstrom, L., Doumandji S. (2008).** Food supply and external cues limit the clutch size and hatchability in the White Stork *Ciconia ciconia*. *Acta Ornithologica*, 43(2), 145-150.
- Donehower C. E., Bird D. M., Hall C. S., Kress S. W. (2007).** Effects of gull predation and predator control on tern nesting success at Eastern Egg Rock, Maine. *Waterbirds*, 30(1), 29-39.
- Douadi S., Cherchour F. (1998).** Contribution à l'étude du régime alimentaire de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* et du Héron garde-bœufs *Bubulcus ibis* dans la région de Bejaia. *Mém. Ing. Ecol. Env., Inst. Sci. Nat. Bejaia*.
- Emberger L. (1952).** Sur le quotient pluviothermique. *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'académie des sciences*, 234(26), 2508-2510.

- Emberger L. (1955).** Une classification biogéographique des climats. *Rev. Trav. Lab. Géol. Bot. Zool., Fac. Sci. Montpellier*, (7),1-43.
- Evans M. R., Burn J. L. (1996).** An experimental analysis of mate choice in the wren : a monomorphic, polygynous passerine. *Behavioral Ecology*, 7(1), 101-108.
- Fellag M. (1995).** Analyse comparative de la composition des régimes alimentaires de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* (L., 1775) et du Héron Garde-bœufs (*Bubulcus ibis* L.) dans la vallée du Sébaou (Kabylie, Algérie). *Mém. Ing. Ins. Agronomie, Uni. Blida*.
- Fellag M. (2006).** Ecologie trophique des poussins de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* (Linne 1758) dans la vallée de Sébaou en Kabylie (Algérie). *Thèse Magister, Sci. Agro., Ins. Nat. Agro., El Harrache*.
- Finlayson C. (2005).** Biogeography and evolution of genus *Homo*. *Trends in Ecology et Evolution* 20 : 457-463.
- Forbes L. S. (1993).** Avian brood reduction and parent-offspring "conflict". *American Naturalist*, 82-117.
- Forster I. P., Phillips R. A. (2009).** Influence of nest location, density and topography on breeding success in the black-browed albatross *Thalassarche melanophris*. *Marine Ornithology*, 37(3), 213-217.
- Forstmeier W. (2002).** Benefits of early arrival at breeding grounds vary between males. *Journal of Animal Ecology*, 71(1), 1-9.
- Fretwell S. D., Calver J. S. (1969).** On territorial behavior and other factors influencing habitat distribution in birds. *Acta biotheoretica*, 19(1), 37-44.
- Fulin M., Jerzak L., Sparks T., Tryjanowski P. (2009).** Relationship between arrival date, hatching date and breeding success of the white stork *Ciconia ciconia* in Slovakia. *Biologia*, 64(2), 361-364.
- Furness R. W. (1982).** Competition between fisheries and seabird communities. *Advances in marine biology*. 20, 225–307.
- Furness R. W. (1984).** Influences of adult age and experience, nest location, clutch size and laying sequence on the breeding success of the Great Skua *Catharacta skua*. *Journal of Zoology*, 202(4), 565-576.
- Gebhardt-Henrich S., Richner H. (1998).** Causes of growth variation and its consequences for fitness. *Oxford Ornithology Series*, (8), 324-339.

- Gilchrist H. G. (1999).** Declining thick-billed murre *Uria lomvia* colonies experience higher gull predation rates : an inter-colony comparison. *Biological Conservation*, 87(1), 21-29.
- Gocek C. (2006).** Breeding success and reproductive behavior in a white stork *Ciconia ciconia* colony in Ankara. *Master in Biology. Middle East Technical University.*
- Goodburn S. F. (1991).** Territory quality or bird quality? Factors determining breeding success in the magpie *Pica pica*. *Ibis*, 133(1), 85-90.
- Gordo O. (2007).** Why are bird migration dates shifting? A review of weather and climate effects on avian migratory phenology. *Climate research*, 35(1), 37-58.
- Gordo O., Sanz J., Lobo J. (2008).** Geographic variation in onset of singing among populations of two migratory birds. *Acta Oecologica*, 34(1), 50-64.
- Gordo O., Tryjanowski P., Kosicki J., Fulin M. (2013).** Complex phenological changes and their consequences in the breeding success of a migratory bird, the white stork *Ciconia ciconia*. *Journal of Animal Ecology*, 82(5), 1072-1086.
- Goutner V., Becker P., Liordos V., Tsachalidis E. (2010).** Mercury in White stork *Ciconia ciconia* chick feathers from northeastern mediterranean areas in relation to age, brood size, and hatching order. *Arch Environ Contam Toxicol*, 61(2), 327-336.
- Griffith B., Scott J. M., Carpenter J. W., Reed, C. (1989).** Translocation as a species conservation tool : status and strategy. *Science (Washington)*, 245 (4917), 477-480.
- Hamilton W. (1971).** Geometry for the selfish herd. *Journal of Theoretical Biology*, 31(2), 295-311.
- Hansell M., Ruxton, G. (2008).** Setting tool use within the context of animal construction behaviour. *Trends in Ecology Evolution*, 23(2), 73-78.
- Hargitai R., Török J., Tóth L., Hegyi G., Rosivall B., Szigeti B., Szöllosi E. (2005).** Effects of environmental conditions and parental quality on inter-and intraclutch egg-size variation in the Collared Flycatcher *Ficedula albicollis*. *The Auk*, 122(2), 509-522.
- Haverschmidt E. (1949).** The life of the White Stork. (ed. Brill EJ) *Leiden. The Netherlands.*
- Heim De Balsac H., Mayaud N. (1962).** Les oiseaux du nord-ouest de l'Afrique : distribution géographique, écologie, migrations, reproduction. (Vol. 10). *P. Lechevalier.*
- Heinzel H., Fitter R., Parslow J., Cuisin M. (2004).** Guide Heinzel des oiseaux d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient. *Paris : Delachaux et Niestlé.*

- Hoogland J., Sherman P. (1976).** Advantages and Disadvantages of Bank Swallow *Riparia riparia* Coloniality. *Ecological Monographs*, 46(1), p.33.
- Howe H. (1976).** Egg Size, Hatching Asynchrony, Sex, and Brood Reduction in the Common Grackle. *Ecology*, 57(6), p.1195.
- Igaune K., Krams I., Krama T., Bobkova J. (2008).** White storks *Ciconia ciconia* eavesdrop on mating calls of moor frogs *Rana arvalis*. *J Avian Biology*, 39(2), 229-232.
- Isenmann P., Moali, A. (2000).** The birds of Algeria–Les oiseaux d’Algérie. Paris : French Society of Ornithological Studies, MNHN.
- Jackson A., Bearhop S., Thompson D. (2005).** Shape can influence the rate of colony fragmentation in ground nesting seabirds. *Oikos*, 111(3), 473-478.
- Janiszewski T., Minias P., Wojciechowski Z. (2013).** Reproductive consequences of early arrival at breeding grounds in the White Stork *Ciconia ciconia*. *Bird Study*, 60(2), 280-284.
- Janss G. F., Ferrer M. (2001).** Avian electrocution mortality in relation to pole design and adjacent habitat in Spain. *Bird Conservation International*, 11(1), 3-12.
- Jarvinen A., Vaisanen R. (1983).** Egg Size and Related Reproductive Traits in a Southern Passerine *Ficedula hypoleuca* Breeding in an Extreme Northern Environment. *Ornis Scandinavica*, 14(4), p.253.
- Johst K., Brandl R., Pfeifer R. (2001).** Foraging in a Patchy and Dynamic Landscape : Human Land Use and the White Stork. *Ecological Applications*, 11(1), p.60.
- Jovani R., Tella J. (2004).** Age-related environmental sensitivity and weather mediated nestling mortality in white storks *Ciconia ciconia*. *Ecography*, 27(5), 611-618.
- Kahl M. P. (1972).** Comparative Ethology of the Ciconiidae. Part 4. The “Typical” Storks (Genera *Ciconia*, *Sphenorhynchus*, *Dissoura*, and *Euxenura*). *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 30(3), 225-252.
- Kaleta E., Kummerfeld N. (1983).** Herpesviruses and Newcastle disease viruses in white storks *Ciconia ciconia*. *Avian Pathology*, 12(3), 347-352.
- Kania W. (1988).** Investigations of White Stork *Ciconia ciconia* hatching phenology based on bill measurements of nestlings. *Ring*, 134(135), 13-19.
- Kania W. (2006).** Movements of Polish White Storks *Ciconia ciconia*—an analysis of ringing results. White Stork in Poland : studies in biology, ecology and conservation. *Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań*, 249-294.

- Kleindorfer S. (2007).** Nesting success in Darwin's small tree finch, *Camarhynchus parvulus*: evidence of female preference for older males and more concealed nests. *Animal Behaviour*, 74(4), 795-804.
- Klosowski G., Klosowski T., Zielinski P. (2002).** A case of parental infanticide in the black stork *Ciconia nigra*. *Avian Science*, 2(1), 59-62.
- Kölzsch A., Blasius B. (2008).** Theoretical approaches to bird migration. *The European Physical Journal Special Topics*, 157(1), 191-208.
- Konarzewski M. (1988).** A Model of Growth in Altricial Birds Based on Changes in Water Content of the Tissues. *Ornis Scandinavica*, 19(4), p.290.
- Kosicki J. (2012).** Effect of weather conditions on nestling survival in the White Stork *Ciconia ciconia* population. *Ethology Ecology Evolution*, 24(2), 140-148.
- Kosicki J., Sparks T., Tryjanowski P. (2007).** House sparrows benefit from the conservation of white storks. *Naturwissenschaften*, 94(5), 412-415.
- Kosicki J., Indykiewicz P. (2011).** Effects of breeding date and weather on nestling development in White Storks *Ciconia ciconia*. *Bird Study*, 58(2), 178-185.
- La Sorte F. (2007).** Poleward shifts in winter ranges of north American birds. *Ecology*, 88(7), 1803-1812.
- Lack D. (1946).** Competition for Food by Birds of Prey. *The Journal of Animal Ecology*, 15(2), p.123.
- Lack D. (1947).** The significance of clutch size. *Ibis*, 89(2), 302-352.
- Lack D. (1954).** The natural regulation of animal numbers. *Clarendon Press. Oxford*.
- Lack D. (2008).** The Significance of Clutch-size. *Ibis*, 89(2), 302-352.
- Lehikoinen E. S., Sparks T. H., Zalakevicius M. (2004).** Arrival and departure dates. *Advances in ecological research*, 35, 1-31.
- Mammeria A. B., Bitam I., Boutellis A., Kernif T. (2014).** First account of arthropods in the nest of the white stork, *Ciconia ciconia*, in Algeria, including the flea *Ctenocephalides felis*. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 139(1-4) : 199-213.
- Martin T. E. (1987).** Food as A Limit On Breeding Birds : A Life-History Perspective. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 18(1), 453-487.

- Martin T. E. (1995).** Avian Life History Evolution in Relation to Nest Sites, Nest Predation, and Food. *Ecological Monographs*, 65(1), p.101.
- Martin T. E. (1998).** Are microhabitat preferences of coexisting species under selection and adaptive ?. *Ecology*, 79(2), 656-670.
- Martin T. E., Scott J., Menge C. (2000).** Nest predation increases with parental activity : separating nest site and parental activity effects. *Proceedings of the Royal Society B : Biological Sciences*, 267(1459), 2287-2293.
- Martin G., Shaw J. (2010).** Bird collisions with power lines : Failing to see the way ahead ? *Biological Conservation*, 143(11), 2695-2702.
- Massemin-Challet S., Gendner J., Samtmann S., Pichegru L., Wulglu  A., Le Maho Y. (2006).** The effect of migration strategy and food availability on White Stork *Ciconia ciconia* breeding success. *Ibis*, 148(3), 503-508.
- Meniaia Z., Samraoui F., Alfarhan A. H., Samraoui B. (2014).** Nest-site selection, breeding success and brood parasitism in the common moorhen *Gallinula chloropus* in Algeria. *Zoology and Ecology*, 24(4), 305-313.
- Mihoub J. B. (2009).** R introductions et comportements de sélection d'habitat : de la modélisation   l'application. *Thèse Doctorat*. Univ. Paris. France.
- Minias P. (2014).** Evolution of within-colony distribution patterns of birds in response to habitat structure. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 68(5), 851-859.
- Minias P., Janiszewski T., Lesner B. (2013).** Center-Periphery Gradients of Chick Survival in the Colonies of Whiskered Terns *Chlidonias hybrida* may be Explained by the Variation in the Maternal Effects of Egg Size. *Acta Ornithologica*, 48(2), 179-186.
- Minias P., Kaczmarek K. (2013).** Is it always beneficial to breed in the centre ? Trade-offs in nest site selection within the colony of a tree-nesting waterbird. *J Ornithol*, 154(4), 945-953.
- Moali-Grine N. (1994).** Ecologie et biologie des populations de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* en Algérie : effectif, distribution et reproduction. *Thèse de magister, Université de Tizi Ouzou*.
- Moali-Grine N. (2007).** Dynamique de la population de la cigogne blanche *Ciconia ciconia* en Algérie depuis 1995. *Ostrich*, 78(2), 291-293.

- Moali-Grine N., Moali L., Moali A. (2013).** Distribution et écologie de la reproduction de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* en Algérie. *Revue d'écologie*, 68(1), 59-69.
- Moller A. (1994).** Phenotype-dependent arrival time and its consequences in a migratory bird. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 35(2), 115-122.
- Monaghan P., Nager R. (1997).** Why don't birds lay more eggs? *Trends in Ecology Evolution*, 12(7), 270-274.
- Morat P. (1969).** Note sur l'application à Madagascar du quotient pluviothermique d'Emberger. *Cah. ORSTOM*, (10), 117-132.
- Moritz M., Maumary L., Schmid D., Steiner I., Vallotton L., Spaar R., Biber O. (2001).** Time budget, habitat use and breeding success of White Storks *Ciconia ciconia* under variable foraging conditions during the breeding season in Switzerland. *Ardea* 89(3), 457-470.
- Mortola J., Al Awam K. (2010).** Growth of the chicken embryo : Implications of egg size. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A : Molecular Integrative Physiology*, 156(4), 373-379.
- Nager R. G., Monaghan P., Houston D. C. (2000).** Within-clutch trade-offs between the number and quality of eggs : experimental manipulations in gulls. *Ecology*, 81(5), 1339-1350.
- Nevoux M., Barbraud J., Barbraud C. (2008).** Breeding experience and demographic response to environmental variability in the white stork. *The Condor*, 110(1), 55-62.
- Nevoux M., Barbraud J., Barbraud C. (2008).** Nonlinear impact of climate on survival in a migratory white stork population. *Journal of Animal Ecology*, 77(6), 1143-1152.
- Nilsson J., Gardmark A. (2001).** Sibling competition affects individual growth strategies in marsh tit, *Parus palustris*, nestlings. *Animal Behaviour*, 61(2), 357-365.
- O'Connor R. (1978).** Brood reduction in birds : Selection for fratricide, infanticide and suicide? *Animal Behaviour*, 26, 79-96.
- Olias P., Gruber A., Winfried B., Hafez H., Lierz M. (2010).** Fungal Pneumonia as a Major Cause of Mortality in White Stork *Ciconia ciconia* Chicks. *Avian Diseases Digest*, 5(1), pp,36-37.
- Orians G. H., Wittenberger J. F. (1991).** Spatial and temporal scales in habitat selection. *American Naturalist*, S29-S49.

- Paillisson J. M. (2006).** Etude de la biométrie des œufs de Guifette moustac au Lac de Grand-Lieu-Compte rendu de la saison 2005-. *Rapport CNRS/ Université de Rennes*, 1.
- Parmesan C., Yohe G. (2003).** A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421(6918), 37-42.
- Parsons J. (1976).** Factors determining the number and size of eggs laid by the herring gull. *The Condor*, 481-492.
- Peris S. J. (2003).** Feeding in urban refuse dumps : ingestion of plastic objects by the white stork *Ciconia ciconia*. *Ardeola* 50(1), 81-84.
- Perrins C. M. (1970).** The timing of birds 'breeding seasons. *Ibis*, 112(2), 242-255.
- Porter J. M., Coulson J. C. (1987).** Long-term changes in recruitment to the breeding group, and the quality of recruits at a kittiwake *Rissa tridactyla* colony. *The Journal of Animal Ecology*, 675-689.
- Profus P., Tryjanowski P., Tworek S., Zduniak P. (2004).** Intrapopulation variation of egg size in the White Stork *Ciconia ciconia* in southern Poland. *Polish Journal of Ecology*, 52(1), 75-78.
- Profus P. (2005)** Bestandsveränderungen des Weißstorchs *Ciconia ciconia* in Polen. *Charadrius* 41, Heft 1-2 : 12-20
- Przybylo R., Wiggins D. A., Merilä, J. (2001).** Breeding success in Blue Tits : Good territories or good parents? *Journal of Avian Biology*, 32(3), 214-218.
- Ptaszyk J., Kosicki J., Sparks T. H., Tryjanowski P. (2003).** Changes in the timing and pattern of arrival of the White Stork *Ciconia ciconia* in western Poland. *J Ornithol*, 144(3), 323-329.
- R Development Core Team (2014).** R : A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Available at : www.Rproject.org*
- Rauter C. M., Reyer H. U., Bollmann K. (2002).** Selection through predation, snowfall and microclimate on nest site preferences in the Water Pipit *Anthus spinoletta*. *Ibis*, 144(3), 433-444.
- Rendón M. A., Garrido A., Ramírez J. M., Rendón-Martos M., Amat J. A. (2001).** Despotic establishment of breeding colonies of greater flamingos, *Phoenicopterus ruber*, in southern Spain. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 50(1), 55-60.

- Richards, F. J. (1959).** A flexible growth function for empirical use. *Journal of experimental Botany*, 10(2), 290-301.
- Richner, H. (1989).** Habitat-specific growth and fitness in carrion crows *Corvus corone corone*. *The Journal of Animal Ecology*, 427-440.
- Ricklefs R. (1967).** A Graphical Method of Fitting Equations to Growth Curves. *Ecology*, 48(6), p.978.
- Ricklefs R. (1969).** An analysis of nesting mortality in birds. *Smithsonian Contributions to Zoology*, (9), 1-48.
- Ricklefs R., Galbaldon D., Montevocchi W. (1984).** Postnatal Development of the Northern Gannet *Sula bassanus*, and the General Relationship between Growth Rate and Adult Size in Birds. *Ornis Scandinavica*, 15(4), p.204.
- Ricklefs, R. E. (1968).** Patterns of growth in birds. *Ibis*, 110(4), 419-451.
- Ricklefs, R. E. (1973).** Patterns of growth in birds. II. Growth rate and mode of development. *Ibis*, 115(2), 177-201.
- Ricklefs, R. E. (1975).** Patterns of growth in birds. III. Growth and development of the Cactus Wren. *The Condor*, 34-45.
- Ricklefs, R. E. (1979).** Patterns of growth in birds. V. A comparative study of development in the starling, common tern, and Japanese quail. *The Auk*, 10-30.
- Ricklefs, R. E. (1980).** Geographical variation in clutch size among passerine birds : Ashmole's hypothesis. *The Auk*, 38-49.
- Ricklefs, R. E. (1983).** Avian postnatal development. *Avian biology*, 7, 1-83.
- Ricklefs, R. E. (1984).** The optimization of growth rate in altricial birds. *Ecology*, 1602-1616.
- Robb G., McDonald R., Chamberlain D., Reynolds S., Harrison T., Bearhop S. (2008).** Winter feeding of birds increases productivity in the subsequent breeding season. *Biology Letters*, 4(2), 220-223.
- Rodriguez C., Bustamante J. (2003).** The effect of weather on lesser kestrel breeding success : can climate change explain historical population declines? *Journal of Animal Ecology*, 72(5), 793-810.
- Rosin Z. M., Kwiecieński Z. (2011).** Digestibility of prey by the White Stork *Ciconia ciconia* under experimental conditions. *Ornis Fennica*, 88(1), 40.

- Rubio-García J. C., Rodríguez de los Santos M., Santo Rosa, R. (1983).** Reproduction de la cigogne blanche *Ciconia ciconia* dans les marismas du Guadalquivir (Espagne). *Alauda*, (4), 251-258.
- Sæther B. E. (1990).** Age-specific variation in reproductive performance of birds. *Current ornithology*, 7, 251-283.
- Saether B., Grotan V., Tryjanowski P., Barbraud C., Engen S., Fulin M. (2006).** Climate and spatio-temporal variation in the population dynamics of a long distance migrant, the white stork. *Journal of Animal Ecology*, 75(1), 80-90.
- Samraoui B. (1998).** White Storks wintering in northeast Algeria. *British Birds*, 91, 377-377.
- Samraoui B., De Bélair G. (1997).** The Guerbes-Senhadja wetlands (NE Algeria). Part I : an overview. *Ecologie*, 28(3), 233-250.
- Samraoui B., De Belair G. (1998).** Les zones humides de la Numidie orientale : bilan des connaissances et perspectives de gestion. *Synthèse*, 4, 1-90.
- Samraoui B., De Bélair G., Benyacoub S. (1992).** A much-threatened lake : Lac des Oiseaux in Northeastern Algeria. *Environmental Conservation*, 19(03), 264-267.
- Samraoui B., Houhamdi M. (2002).** L'hivernage de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* en Algérie. *Alauda*, 70, 221-223.
- Samraoui B., Samraoui F. (2008).** An ornithological survey of Algerian wetlands : Important Bird Areas, Ramsar sites and threatened species. *Wildfowl*, 58(58), 71-96.
- Samraoui F., Alfarhan A., Al-Rasheid K., Samraoui, B. (2011).** An Appraisal of the Status and Distribution of Waterbirds of Algeria : Indicators of Global Changes? *Ardeola*, 58(1), 137-163.
- Samraoui F., Menai R., Samraoui B. (2007).** Reproductive ecology of the Cattle Egret *Bubulcus ibis* at Sidi Achour, north-eastern Algeria. *Ostrich*, 78(2), 481-487.
- Sasvári L., Hegyi Z. (2001).** Condition-dependent parental effort and reproductive performance in the white stork *Ciconia ciconia*. *Ardea*, 89(2), 281-291.
- Sauvage C. (1963).** Le quotient pluviothermique d'Emberger, son utilisation et la représentation géographique de ses variations au Maroc. *Ann. Phys. Globe Météo. Inst. Sci. Chérif*, 20, 11-23.

- Sbiki M. (2008).** Contribution à l'étude comparative des niches trophiques de deux échassiers dès la région de Tébessa : la cigogne blanche *Ciconia ciconia* et le Héron garde-bœufs *Ardea ibis*. Thèse Magister, Uni. Tébessa.
- Schulz H., Thomsen, K. M. (1999).** Abbreviations, Glossary. *Weisstorch im Aufwind*, 25-26.
- Sciamarella D. (2008).** Modèle symétrique des cordes vocales : sensibilité acoustique aux variations des paramètres de contrôle. *LIMSI-CNRS*.
- Seddon P. J., Soorae P. S., Launay, F. (2005).** Taxonomic bias in reintroduction projects. *Animal Conservation*, 8(1), 51-58.
- Serrano D., Carrete M., Tella J. L. (2008).** Describing dispersal under habitat constraints : a randomization approach in lesser kestrels. *Basic and Applied Ecology*, 9(6), 771-778.
- Şengül T., Kiraz, S. (2005).** Non-linear models for growth curves in large white turkeys. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29(2), 331-337.
- Shamoun-Baranes J., Baharad A., Alpert P., Berthold P., Yom-Tov Y., Dvir Y., Leshem Y. (2003).** The effect of wind, season and latitude on the migration speed of white storks *Ciconia ciconia*, along the eastern migration route. *Journal of Avian Biology*, 34(1), 97-104.
- Si Bachir A., Barbraud C., Doumandji S., Hafner H. (2008).** Nest Site Selection and Breeding Success in an Expanding Species, the Cattle Egret *Bubulcus ibis*. *Ardea*, 96(1), 99-107.
- Si Bachir A., Chenchouni H., Djeddou N., Barbraud C., Céréghino R., Santoul F. (2012).** Using self-organizing maps to investigate environmental factors regulating colony size and breeding success of the White Stork *Ciconia ciconia*. *J Ornithol*, 154(2), 481-489.
- Slagsvold T. (1989).** On the evolution of clutch size and nest size in passerine birds. *Oecologia*, 79(3), 300-305.
- Slagsvold T., Sandvik J., Rofstad G., Husby M. (1984).** On the Adaptive Value of Intraclutch Egg-Size Variation in Birds. *The Auk*, 101(4), 685-697.
- Slawomira F., Izdebska J. N., 2009.** Chewing lice (*Insecta, Phthiraptera*) of the White Stork *Ciconia ciconia* L. in Poland. *Annales Vol 2. Univ Lublin Polonia*.
- Smits J., Bortolotti G., Baos R., Blas J., Hiraldo F., Xie Q. (2005).** Skeletal Pathology in White Storks *Ciconia ciconia* Associated with Heavy Metal Contamination in Southwestern Spain. *Toxicologic Path.*, 33(4), 441-448.

- Soler J. (2001).** Nest size affects clutch size and the start of incubation in magpies : an experimental study. *Behavioral Ecology*, 12(3), 301-307.
- Stewart P. (1968).** Quotient pluviothermique et degradation biospherique : quelques reflexions. *Soc Hist Natur Afr Nord Bull.* 59 : 23-26.
- Streby H., Refsnider J., Peterson S., Andersen D. (2014).** Retirement investment theory explains patterns in songbird nest-site choice. *Proceedings of the Royal Society B : Biological Sciences*, 281(1777), 20131834-20131834.
- Surmacki A., Kosicki J. (2009).** Short communication : Condition-dependent leg colour of nestling White Storks *Ciconia ciconia*. *Ibis*, 151(4), 762-765.
- Surmacki A., Stepniewski J., Zduniak P. (2003).** Repeatability of Egg Dimensions within the Clutches of Bearded Tit *Panurus biarmicus*. *Acta Ornithologica*, 38(2), 123-127.
- Tabet M. (2001).** Type de traitement des déchets solides urbains. Évaluation des couts et impacte sur l'environnement. *ARCE, Oran.* 54-71
- Tenaza R. (1971).** Behavior and Nesting Success Relative to Nest Location in Adelie Penguins *Pygoscelis adeliae*. *The Condor*, 73(1), 81-92.
- Thomsen K., Hötker H. (2006).** The sixth International White Stork Census : 2004-2005. Waterbirds around the world. *The Stationery Office, Edinburgh*, 493-495.
- Tjorve K., Tjorve E. (2010).** Shapes and functions of bird-growth models : how to characterise chick postnatal growth. *Zoology*, 113(6), 326-333.
- Tobolka M., Kuzniak S., Zolnierowicz K., Sparks T., Tryjanowski P. (2013).** New is not always better : low breeding success and different occupancy patterns in newly built nests of a long-lived species, the white stork *Ciconia ciconia*. *Bird Study*, 60(3), 399-403.
- Tobolka M., Zolnierowicz K., Reeve N. (2015).** The effect of extreme weather events on breeding parameters of the White Stork *Ciconia ciconia*. *Bird Study*, 62(3), 377-385.
- Tortosa F. S., Castro F. (2003).** Development of thermoregulatory ability during ontogeny in the white stork *Ciconia ciconia*. *Ardeola*, 50(1), 39-45.
- Tortosa F. S., Manez M., Barcell M. (1995).** Wintering white storks *Ciconia ciconia* in South West Spain in the years 1991 and 1992. *Die Vogelwarte*, 38(1), 41-45.
- Tortosa F., Caballero J., Reyes-Lopez J. (2002).** Effect of Rubbish Dumps on Breeding Success in the White Stork in Southern Spain. *Waterbirds*, 25(1), 39-43.

- Tortosa F., Lorenzo L., Hillstrum L. (2003).** Effect of food abundance on laying date and clutch size in the White Stork *Ciconia ciconia* : Food independently affects both laying date and clutch size, suggesting that seasonal decline in clutch size is related to a decrease in food availability. *Bird Study*, 50(2), 112-115.
- Tortosa F., Redondo T. (1992).** Motives for Parental Infanticide in White Storks *Ciconia ciconia*. *Ornis Scandinavica*, 23(2), p.185.
- Tortosa F., Villafuerte R. (1999).** Effect of nest microclimate on effective endothermy in White Stork *Ciconia ciconia* nestlings. *Bird Study*, 46(3), 336-341.
- Touati L. (2014).** Parasites des oiseaux d'eau. Inventaire et écologie. *Thèse Doctorat*. Univ. Guelma
- Tryjanowski P., Jerzak L., Radkiewicz J. (2005).** Effect of Water Level and Livestock on the Productivity and Numbers of Breeding White Storks. *Waterbirds*, 28(3), 378-382.
- Tryjanowski P., Kosicki J., Kuzniak, S., Sparks T. (2009).** Long-Term Changes and Breeding Success in Relation to Nesting Structures used by the White Stork, *Ciconia ciconia*. *Annales Zoologici Fennici*, 46(1), 34-38.
- Tryjanowski P., Kuzniak S., Sparks T. (2005).** What affects the magnitude of change in first arrival dates of migrant birds? *J Ornithol*, 146(3), 200-205.
- Tryjanowski P., Sparks T. (2008).** The relationship between phenological traits and brood size of the white stork *Ciconia ciconia* in western Poland. *Acta Oecologica*, 33(2), 203-206.
- Tryjanowski P., Sparks T., Bochenski M., Dabert M., Kasprzak M., Kaminski P., Mroczkowski S., Wisniewska E., Jerzak L. (2010).** Do males hatch first and dominate sex ratios in White Stork *Ciconia ciconia* chicks? *J Ornithol*, 152(2), 213-218.
- Tryjanowski P., Sparks T., Jakubiec Z., Jerzak L., Kosicki J., Kuzniak S., Profus P., Ptaszyk J., Wuczynski A. (2005).** The relationship between population means and variances of reproductive success differs between local populations of white stork *Ciconia ciconia*. *Population Ecology*, 47(2), 119-125.
- Tryjanowski P., Sparks T., Kosicki J. (2006).** The relationship between means and variances in avian reproductive success between local populations of white stork *Ciconia ciconia* : reply to Moreno and Polo. *Population Ecology*, 48(2), 174-174.
- Tryjanowski P., Sparks T., Profus P. (2005).** Uphill shifts in the distribution of the white stork *Ciconia ciconia* in southern Poland : the importance of nest quality. *Diversity and Distributions*, 11(3), 219-223.

- Tryjanowski P., Sparks T., Profus P. (2009).** Severe flooding causes a crash in production of white stork *Ciconia ciconia* chicks across Central and Eastern Europe. *Basic and Applied Ecology*, 10(4), 387-392.
- Tryjanowski P., Sparks T., Ptaszyk J., Kosicki J. (2004).** Do White Storks *Ciconia ciconia* always profit from an early return to their breeding grounds? Capsule Arrival date strongly influenced date of breeding and breeding success. *Bird Study*, 51(3), 222-227.
- Tryjanowski P., Sparks T. H., Bochenski M., Dabert M., Kasprzak M., Kaminski P., Mroczkowski S., Wisniewska E., Jerzak L. (2011).** Sex imbalance in White Stork *Ciconia ciconia* chicks : males hatch first and dominate sex ratios. *J Ornithol* 152 :213-218.
- Tryjanowski, P., Kuzniak, S. (2002).** Population size and productivity of the White Stork *Ciconia ciconia* in relation to Common Vole *Microtus arvalis* density. *Ardea*, 90(2), 213-217.
- Tsachalidis E. P., Liordos V., Goutner V. (2005).** Growth of white stork *Ciconia ciconia* nestlings. *Ardea*, 93(1), 133-137.
- Tsachalidis E., Goutner V. (2002).** Diet of the White Stork in Greece in Relation to Habitat. *Waterbirds*, 25(4), 417-423.
- Ulfvens J. (1988).** Nest characteristics and nest survival in the Horned Grebe *Podiceps auritus* and Great Crested Grebe *Podiceps cristatus* in a Finnish archipelago. In : *Annales Zoologici Fennici. Finnish Academy of Sciences*, p. 293-298.
- Urban E. (2006).** Oiseaux d'Algeria-Birds of Algeria. *The Auk*, 123(3), p.913.
- Urfi A. (2003).** Breeding ecology of birds. *Resonance*, 8(7), 22-32.
- Van den Bossche W., Berthold P., Kaatz M., Nowak E., Querner U. (2002).** Eastern European White Stork populations : migration studies and elaboration of conservation measures. *Bundesamt für Naturschutz (BfN)/German Federal Agency for Nature Conservation, Bonn.*
- Van Dijk G., Ledant, J. (1983).** La valeur ornithologique des zones humides de l'est Algérien. *Biological Conservation*, 26(3), 215-226.
- Vergara P., Aguirre J. (2006).** Age and breeding success related to nest position in a White stork *Ciconia ciconia* colony. *Acta Oecologica*, 30(3), 414-418.
- Vergara P., Aguirre J. I, Fernandez-Cruz M. (2007).** Arrival date, age and breeding success in white stork *Ciconia ciconia*. *J Avian Biology*, 38(5), 573-579.

- Vergara P., Aguirre J. I., Fargallo J. A. (2007).** Economical versus ecological development : a case study of white storks in a cattle farm. *Ardeola*, 54(2), 217-225.
- Vergara P., Aguirre J., Fargallo J., Davila J. (2006).** Nest-site fidelity and breeding success in White Stork *Ciconia ciconia*. *Ibis*, 148(4), 672-677.
- Vergara P., Gordo O., Aguirre J. (2010).** Nest Size, Nest Building Behaviour and Breeding Success in a Species with Nest Reuse : The White Stork *Ciconia ciconia*. *Annales Zoologici Fennici*, 47(3), 184-194.
- Viñuela J. (1999).** Sibling aggression, hatching asynchrony, and nestling mortality in the black kite *Milvus migrans*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 45(1), 33-45.
- Viñuela J. (2000).** Opposing selective pressures on hatching asynchrony : egg viability, brood reduction, and nestling growth. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 48(5), 333-343.
- Vrezec A. (2009).** Insects in the White Stork *Ciconia ciconia* diet as indicators of its feeding conditions : the first diet study in Slovenia. *Acrocephalus*, 30(140).
- Webb D. (1987).** Thermal Tolerance of Avian Embryos : A Review. *The Condor*, 89(4), p.874.
- Wickert C. (2007).** Breeding White Storks *Ciconia ciconia* in former East Prussia. *Diploma Thesis in Biology. University of Potsdam, Germany.*
- Wittenberger J. F., Hunt G. L. (1985).** The adaptive significance of coloniality in birds. In : Farner D. S., King J. R., Parkes K. C. (eds). Avian biology. Vol. VIII. *Academic Press, New York*, 1-78.
- Williams T. D. (1994).** Intraspecific variation in egg size and egg composition in birds : effects on offspring fitness. *Biol. Rev.* 68 : 35-59
- Wood, D. (1984).** Concordance between classifications of the *Ciconiidae* based on behavioral and morphological data. *J Ornithol*, 125(1), 25-37.
- Yosef R., Zduniak P. (2004).** Within-clutch variation in egg dimensions of Loggerhead Shrike *Lanius ludovicianus* in south-central Florida. *Biological Letters*, 41(2), 155-162.
- Yosef R., Zduniak P. (2008).** Variation in clutch size, egg size variability and reproductive output in the Desert Finch *Rhodospiza obsoleta*. *Journal of Arid Environments*, 72(9), 1631-1635.
- You Y., Feng J., Wang H., Wang J., Dong C., Su X., Sun H., Gao W. (2009).** Variation in egg size and nestling growth rate in relation to clutch size and laying sequence in great tits *Parus major*. *Progress in Natural Science*, 19(4), 427-433.

Zaafour M. D. (2012). Impact des decharges sauvages sur les Zones Humides de la rgon d'El-Tarf. *Thse Magister*, Univ. Annaba.

Zach R. (1988). Growth-curve analysis : A critical reevaluation. *The Auk*, 208-210.

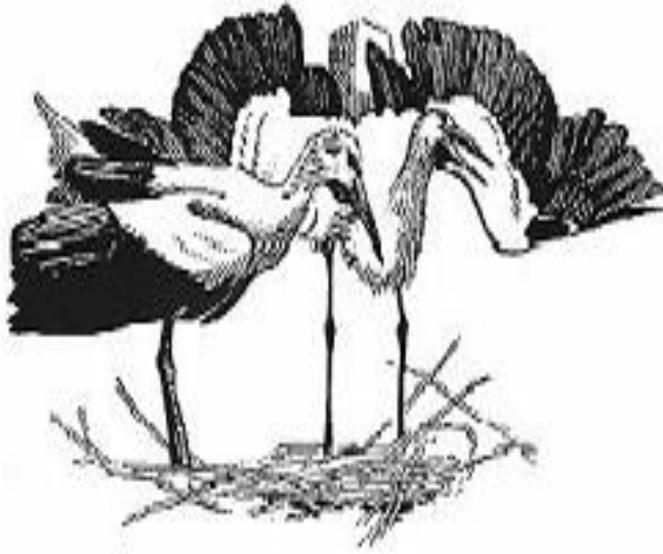
Zduniak P., Antczak M. (2003). Repeatability and within-clutch variation in egg dimensions in a Hooded Crow *Corvus corone cornix* population. *Biological Letters*, 40(1), 37-42.

Zielinski P. (2002). Brood Reduction and Parental Infanticide - are the White Stork *Ciconia ciconia* and the Black Stork *C. nigra* exceptional? *Acta Ornithologica*, 37(2), 113-119.

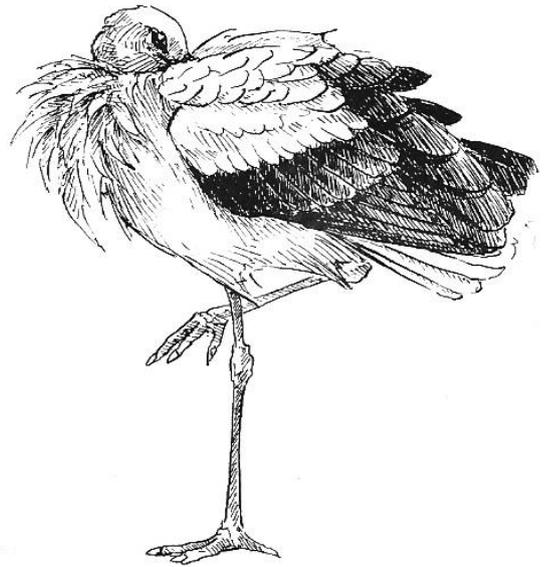
Annexes

A.1. Figures annexes

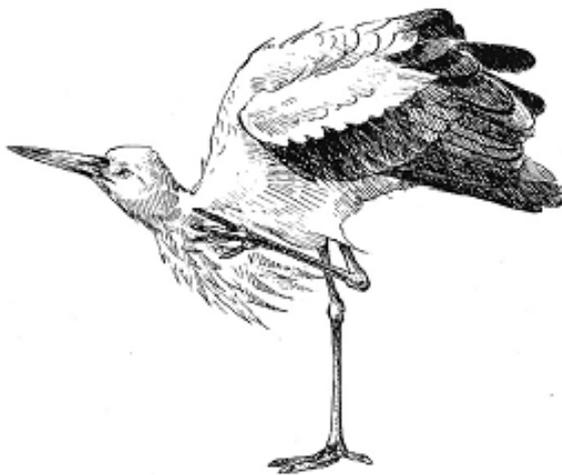
A.2. Tableaux annexes



-Comportement antagoniste-



-Comportement de sommeil-

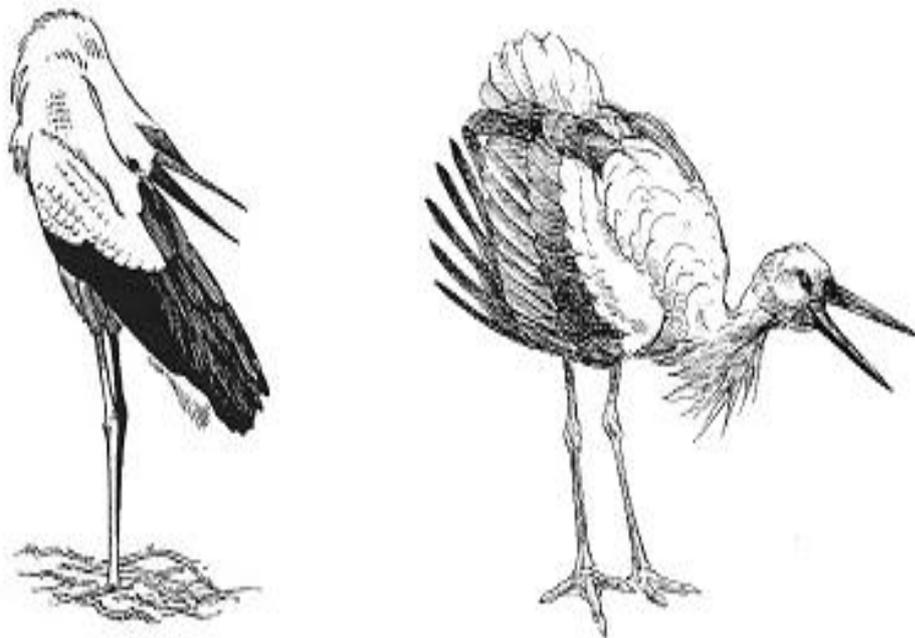


-Comportement de toilette-

FIGURE A.1 – Comportements individuel et de confort



-Comportement de copulation-



-Différents position du comportement du parade nuptial (chant de salutation)-

FIGURE A.2 – Comportements sexuelle

A.2 Tableaux annexes

A.2.1 Caractéristiques climatiques de la zone d'étude durant les périodes de reproduction 2011 et 2012

TABLEAU A.1 – Caractéristiques climatologiques moyennes mensuelle en 2011 et 2012

T : Température moyenne (°C) ; **V** : Vitesse moyenne du vent (Km/h) ; **PP** : Précipitations total (mm) ;

TS : Nbr des jours avec tempête.

2011	T ± ET	[Rang]	V ± ET	[Rang]	PP	TS
Déc	12,53 ± 1,79	[5,0-22,3]	25,95 ± 11,09	[11,1-53,5]	86,63	0
Jan	11,25 ± 1,88	[1,5-25,0]	22,22 ± 8,36	[9,4-44,3]	55,62	3
Fev	10,84 ± 1,39	[1,2-20,0]	26,94 ± 7,76	[13,0-42,4]	112,53	2
Mar	12,87 ± 2,58	[3,6-29,0]	27,59 ± 11,81	[13,0-77,8]	84,83	3
Avr	16,26 ± 1,60	[4,1-28,5]	27,32 ± 6,13	[18,3-46,5]	57,4	3
Mai	18,47 ± 1,69	[8,9-30,0]	26,32 ± 6,55	[18,3-48,2]	41,65	3
2012	T ± ET	[Rang]	V ± ET	[Rang]	PP	TS
Déc	12,48 ± 1,93	[4,8-25,4]	24,54 ± 8,03	[13,0-42,4]	69,85	0
Jan	11,28 ± 1,51	[3,7-21,0]	25,45 ± 9,07	[13,0-61,1]	34,04	0
Fev	8,39 ± 2,51	[0,0-19,1]	29,03 ± 7,8	[16,5-44,3]	169,4	4
Mar	13,24 ± 2,15	[4,3-25,5]	24,68 ± 6,63	[16,5-51,9]	51,05	0
Avr	16,02 ± 3,00	[5,0-35,0]	25,65 ± 5,56	[16,5-37,0]	50,3	1
Mai	18,35 ± 1,57	[6,0-27,7]	28,56 ± 4,52	[22,2-38,9]	3,31	1

Does Core-Periphery Gradient Determine Breeding Performance in a Breeding Colony of White Storks *Ciconia ciconia*?

Author(s): Mohammed Bouriaich, Farrah Samraoui, Ramzi Souilah, Imen Houma, Imen Razkallah, Ahmed H. Alfarhan & Boudjéma Samraoui

Source: Acta Ornithologica, 50(2):149-156.

Published By: Museum and Institute of Zoology, Polish Academy of Sciences

DOI: <http://dx.doi.org/10.3161/00016454AO2015.50.2.003>

URL: <http://www.bioone.org/doi/full/10.3161/00016454AO2015.50.2.003>

BioOne (www.bioone.org) is a nonprofit, online aggregation of core research in the biological, ecological, and environmental sciences. BioOne provides a sustainable online platform for over 170 journals and books published by nonprofit societies, associations, museums, institutions, and presses.

Your use of this PDF, the BioOne Web site, and all posted and associated content indicates your acceptance of BioOne's Terms of Use, available at www.bioone.org/page/terms_of_use.

Usage of BioOne content is strictly limited to personal, educational, and non-commercial use. Commercial inquiries or rights and permissions requests should be directed to the individual publisher as copyright holder.

Does core-periphery gradient determine breeding performance in a breeding colony of White Storks *Ciconia ciconia*?

Mohammed BOURIACH¹, Farrah SAMRAOUI¹, Ramzi SOUILAH¹, Imen HOUMA¹, Imen RAZKALLAH¹, Ahmed H. ALFARHAN² & Boudjéma SAMRAOUI^{1,2,*}

¹Laboratoire de Recherche et de Conservation des Zones humides, University of Guelma, Guelma, ALGERIA

²Center of Excellence for Research in Biodiversity, King Saud University, Riyadh, SAUDI ARABIA

*Corresponding author, e-mail: bsamraoui@yahoo.fr

Bouriach M., Samraoui F., Souilah R., Houma I., Razkallah I., Alfarhan A. H., Samraoui B. 2015. Does core-periphery gradient determine breeding performance in a breeding colony of White Storks *Ciconia ciconia*? Acta Ornithol. 50: 149–156. DOI 10.3161/00016454AO2015.50.2.003

Abstract. The timing of breeding and nest location in colonial birds may have fitness consequences. In particular, it has been demonstrated that peripheral breeders perform less well than core breeders. To determine whether environmental factors such as date of breeding and nest position influence reproductive success, we studied the breeding ecology of a large colony of White Stork *Ciconia ciconia* at Dréan, northeast Algeria, during 2011 and 2012. Mean egg-laying dates varied significantly between years and differed between core and peripheral nests with more precocious laying occurring in the center. Egg-laying in larger nests started earlier than in smaller ones in the core area but neither nest size nor nest position along the core-periphery gradient had any influence on studied breeding parameters i.e. clutch size, hatching success and chick productivity. There was no yearly difference in clutch size which averaged 4.7 ± 0.7 eggs ($N = 156$ clutches). Mean chick productivity was higher in 2012 (2.85 ± 1.21 chicks) than in 2011 (2.29 ± 2.28 chicks) and was marginally associated with egg-laying date. In contrast, nesting success declined with delayed onset of breeding. Results suggest that a low predation rate, abundant resources and a possible trade-off between fitness components may confound adaptive breeding-habitat selection in White Stork.

Key words: Ciconiiformes, coloniality, nest-site selection, nest size, reproductive success, waterbirds, North Africa

Received — May 2014, accepted — Nov. 2015

INTRODUCTION

Breeding performance is known to be influenced by many factors such as food shortage, predation, weather, and age of mates (Furness 1982, Saether 1990, Martin 1995, Rodríguez & Bustamante 2003). One of the main determinants of breeding success in colonial birds is nest position (Coulson 1968, Tenaza 1971, Hoogland & Sherman 1976). However, there are many confounding factors such as the spatial structure of the breeding colony, nest density, parental quality, age and behavior which may interact with nest position and each other; thus making the task of unraveling their influence on reproductive performance a challenge (Anderson & Hodum 1993, Bunin & Boates 1994, Martin et al. 2000, Vergara & Aguirre 2006, Minias 2014).

Coloniality may be viewed in terms of costs and benefits when the grouping of individuals trade advantages like a larger spectrum of potential mates, increased vigilance against predators,

dilution in number, and improved information about patchy resources against disadvantages like vulnerability to infectious diseases, cuckoldry, and adverse intraspecific interactions (Wittenberger & Hunt 1985, Brown & Bromberger Brown 1986, Danchin & Wagner 1997, Anderson et al. 2004, Ashbrook et al. 2008). A bird colony may be likened to a “selfish herd” where an individual’s fitness is tied up to the number and location of its neighbours (Hamilton 1971). As asymmetries among individuals within a colony exist (Rendón et al. 2001), some birds behave as *primus inter pares*. Thus, access to resources may not be distributed according to the “ideal free distribution” (Fretwell & Lucas 1970).

Consistently, nests located on the periphery have been shown to perform less well than core nests (Furness 1984, Forster & Phillips 2009). However, nest location may be confounded by age/experience (Vergara et al. 2010) or habitat structure (Minias et al. 2013) but, more often than

not, nesting failure, due mainly to predation, has been shown to be edge-related (Gilchrist 1999).

In this study, we investigated the breeding performance of a colony of White Stork *Ciconia ciconia*. The nominate form *Ciconia c. ciconia*, is a migratory bird with breeding range spread over Europe, North Africa and the Middle East (Cramp & Simmons 1977). The White Stork population in Algeria, located at the southern limit of the species' range, is mainly confined to the coastal area and the Hauts Plateaux with a few scattered nests on the northern fringes of the Sahara (Heim de Balsac & Mayaud 1962, Isenmann & Moali 2000, Samraoui & Samraoui 2008). Isolated breeding pairs of White Stork can be found but the species mainly breeds in loose or more compact colonies, taking advantage of large trees, orchards and man-made-structures. Population trends in Algeria have mirrored those of Western Europe (Samraoui et al. 2011, Moali-Grine et al. 2012), suggesting common causes for the recorded sharp decline and prompting a search for factors driving such marked changes to gain knowledge of processes affecting the species' dynamics (Saether et al. 2006). Apart from a few scattered reports dealing mainly with population trends, the reproductive ecology of North African White Storks has been largely neglected until recently (Boukhemza et al. 2007, Djerdali et al. 2008, Si Bachir et al. 2013, Benharzallah et al. 2015). The main objectives of the study were to identify environmental determinants of the reproductive performance of a White Stork colony exhibiting a center-periphery gradient. Based on the review of the literature, the following predictions were made: 1) early breeders will select larger nests first, leaving smaller nests to late breeders; 2) timing of egg-laying will differ between core and peripheral nests; 3) breeding outcome of early and/or core nests will be higher than that of late and/or peripheral nests.

MATERIALS AND METHODS

The White Stork usually arrives at the breeding grounds at the end of December/early January, but a small number of birds are known to reside all year round in Algeria (Samraoui 1998). Fieldwork was undertaken in 2011 and 2012 at Dréan, northeast Algeria (Fig. 1). The study area is made up of an olive grove of 25 ha adjacent to an open refuse dump which is in the process of being transformed into a waste disposal and landfill. The climate is of a Mediterranean type with

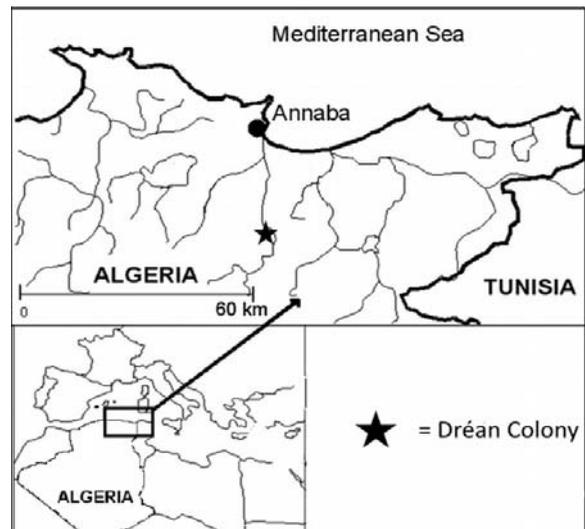


Fig. 1. Map of Numidia, northeast Algeria, with the location of the studied White Stork colony.

annual precipitation ranging from 500 to 800 mm. The nearest meteorological station (El Kala) provided the following data: Air temperatures for the first six months (January–June) were similar for both study years and averaged 16.4 °C. There was however substantially less rain in the first six months (September–February) preceding the first study year (520.2 mm in 2011 and 740 mm in 2012).

The monitoring of pairs began in February with the first signs of nest-building activity. Nests were individually labeled, their positions recorded using a Global Positioning System (GPS) and their content inspected twice a week using a pole fitted with a mirror. Nest characteristics (internal and external diameters, nest height, nesting height (rim of the nest to ground level) and nest position) were only recorded for active nests (containing at least one egg) at the onset of egg-laying in 2011. Nest position was recorded in a binary fashion (central or peripheral) with peripheral nests assigned to nests on the edge of the colony (looking towards the centre of the colony, peripheral nests had no other nest behind them). Nest volume was calculated according to the following formula: $(\pi \times r^2) \times h$, where r is the radius of the nest and h is its height. Eggs were weighed using a Pesola spring balance with an accuracy of 0.1 g and their lengths, and breadths were measured to the nearest 0.1 mm using vernier calipers. Egg volume (V , in cm^3) was calculated using the formula $V = 1.1203 + 0.4820 \times (L + 1.1) \times (B + 1.1)^2$, where L and B were egg length and breadth respectively (Profus et al. 2004).

Statistical analyses were carried out using R (R Development Core Team 2014). During standard data exploration, independent variables were first checked for homogeneity, outliers, and potential collinearity. A multiple linear regression was used to investigate whether nest volume was related to nest position within the colony. A generalized linear model (GLM) with Poisson error distribution was applied to test the influence of environmental variables (latitude and longitude of nests, external and internal diameters, nest volume, nest height, nesting height, egg-laying date, year, nest position) on clutch size and chick productivity (number of chicks surviving till 40 days old). When model validation indicated considerable underdispersion (0.34) of the Poisson GLM for chick productivity, we used a multiple linear regression. A logistic regression was performed to test whether the same environmental variables influenced nesting success, a binomially distributed variable (success/failure) with probability π . The goodness of fit was evaluated using the log-likelihood of the data given the estimated parameters. Mean values are given with ± 1 standard deviation (sd). Nest dimensions were only measured in 2011. If nest were also measured in 2012, then nest ID could have been used as random intercept to account for lack of independency in successive measurements.

RESULTS

In total, 206 nests were recorded during the study period with 109 and 97 active nests monitored in 2011 and 2012, respectively. Nest and egg characteristics are presented in Table 1.

Nest characteristics along the core-periphery gradient

Multiple linear regression of the response variable, nest volume, in relation to egg-laying date,

Table 1. Nest characteristics and egg measurements of the White Stork at Dréan, northeast Algeria.

	Mean \pm sd	Range
Nests (N = 176)		
External diameter (cm)	172 \pm 41.2	116–317
Internal diameter (cm)	47.2 \pm 10.7	30–82
Nest height (cm)	66.0 \pm 12.9	41–120
Nesting height (cm)	505.4 \pm 67.7	332–655
Eggs (N = 776)		
Length (mm)	73.2 \pm 2.8	62.5–81.0
Breadth (mm)	51.3 \pm 1.9	44.6–59.5
Volume (cm ³)	98.6 \pm 9.4	71.3–134.8

nest position and an interaction between these two covariates indicated a significant decrease of nest size for clutches with delayed onset of breeding. Core nests were also marginally larger than peripheral nests (Table 2). Results also indicated a marginally significant interaction between nest position and egg-laying date, suggesting that seasonal changes in nest volume between the core and periphery were distinct (Fig. 2).

Egg-laying phenology

The first eggs were laid on 3 March in 2011 and on 7 March in 2012. Using 1 March as day = 1, the mean egg-laying dates for 2011 and 2012 were 23.5 \pm 10.2 days and 20.8 \pm 10.9 days, respectively, with egg-laying at core nests occurring significantly earlier than at peripheral nests (Linear regression: intercept = 20.43, β = 5.93 \pm 1.64, p = 0.0004). There was a marginally significant change in egg-laying dates between years (difference in AIC = 1.4 when comparing a model incorporating year as a covariate) (Fig. 3). A linear regression analysis indicated no spatial or temporal variation in mean egg volume.

Egg volume

There was no association between egg volume and years (one-way ANOVA: $F_{1,168}$ = 0.78, p = 0.38), egg laying date (linear regression: β = -0.05, p = 0.41), or spatial location of nest (core/periphery) (one-way ANOVA: $F_{1,156}$ = 0.014, p = 0.9).

Clutch size and hatching success

The overall mean clutch size was 4.7 \pm 0.7 eggs (N = 156 clutches) with clutches ranging from two to seven eggs and modal clutch size of five. The Poisson GLM indicated that no tested environmental factor was found to have an influence on clutch size. Hatching rate in 2011 (83%, N = 75 clutches) was higher but did not differ significantly from that of 2012 (74%, N = 73 clutches) (Fisher's exact test: p = 0.23)

Table 2. Parameter estimates for the multiple linear regression of nest volume of White Stork at Dréan, northeast Algeria. Core was used as baseline for the categorical variable: nest position.

Variable	Estimate	Standard error	p
Intercept	22269.56	1661.94	0.00
Nest position [Periphery]	-7777.2	3738.54	0.04
Laying date	-218.59	67.52	0.00
Nest position \times Laying date	270.1	140.61	0.06

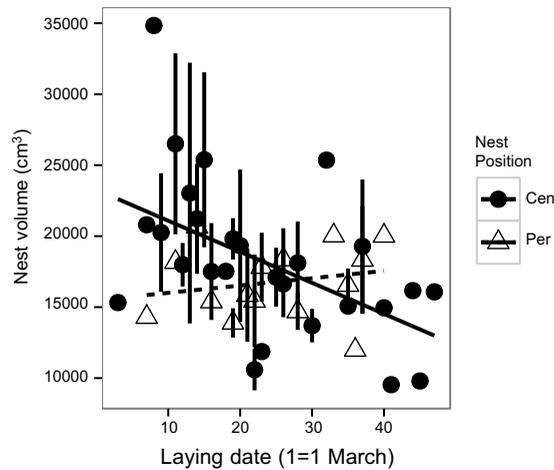


Fig. 2. Seasonal change of nest volume in core area (Cen) and periphery (Per) in 2011. Solid and dotted lines represent the fitted lines for the core area and periphery, respectively.

Breeding success

The proportion of successful nests (with at least one fledged chick) was similar between the two study years: 71.3% ($N = 101$) and 70.0% ($N = 96$) for 2011 and 2012, respectively (Fisher's exact test: $p = 0.87$). A multiple linear regression indicated that chick productivity was dependent on breeding year ($\beta = 0.47$, $p = 0.01$) and laying date ($\beta = -0.02$, $p = 0.03$). There was a significant difference between years in the mean number of chicks that reached 40 days between 2011 (2.28 ± 0.97 chicks) and 2012 (2.85 ± 1.24 chicks). There was no significant change in chick productivity between core and periphery.

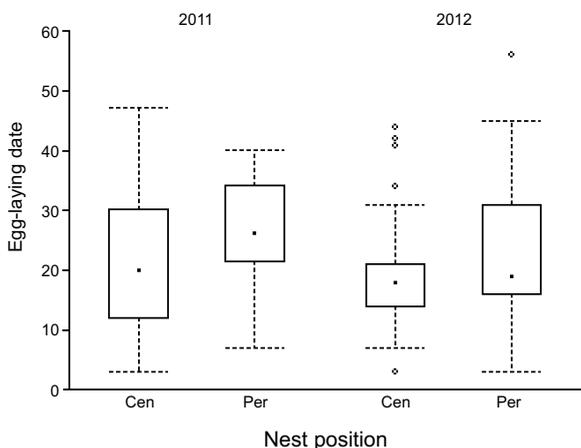


Fig. 3. Boxplots of egg-laying initiation dates (1 = 1 March) by White Storks in core area (Cen) and periphery (Per). The filled dot represents the median value and the rectangle the interquartile range. The whiskers represent 1.5*the spread and empty dots represent extreme values.

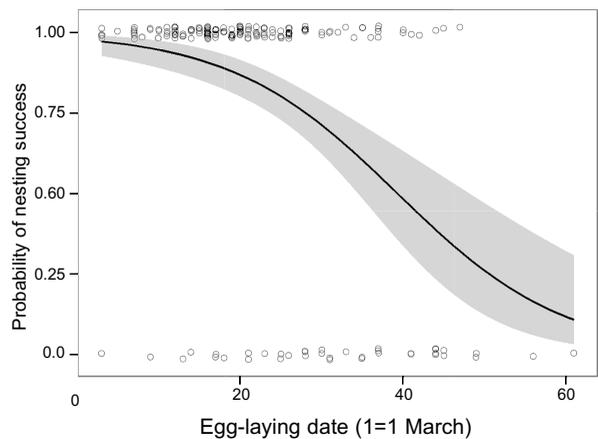


Fig. 4. Estimated probability of nesting success of White Storks at Dréan, northeast Algeria, plotted against laying date (1 = 1 March). Data points are scattered around their true values (0/1) and made semi-transparent to enhance their visibility. The grey area represents 95% confidence intervals.

Logistic regression indicated that egg-laying date was the only explanatory variable that had a significant effect on nesting success (Fig. 4; Table 3). Earlier nests had a higher probability of a successful outcome than later nests. Mean onset of egg-laying at successful nests preceded that of failed nests by 8 days (22.0 ± 9.88 vs. 30.21 ± 8.06) (Kruskal Wallis test $\chi^2 = 9.57$, $p < 0.002$). There were no significant change in nesting success between core and periphery. Mean external diameter of successful nests (174.6 ± 38.9 cm) was larger than that of failed nests: 150.7 ± 24.8 cm but nest volume did not influence nesting success. Unsuccessful clutches were mainly due to egg loss or failure of eggs to hatch (14.9% and 25.0% in 2011 and 2012, respectively). Predation (3.0% and 4.2% in 2011 and 2012, respectively) was relatively rare during the study period but inclement weather may take a heavy toll: strong winds in 2011 made a number of trees fell and destroyed some nests (10.9%). Others threats, noted mainly outside the breeding season, include branch-cutting by olive gatherers and fires.

DISCUSSION

The White Stork colony at Dréan provided a good opportunity to investigate the influence of a core-periphery gradient on breeding success. According to the Central-periphery distribution model, the location of a nest within a colony may have important consequences for reproductive success (Porter & Coulson 1987). Core nests may

Table 3. Parameter estimates for the logistic regression of nesting success of White Stork at Dréan, northeast Algeria.

Variable	Odds ratio	95% Confidence limits	p
Intercept	0	0.00–0.00	0.01
Laying Date	0.98	0.95–0.99	0.03
Year	1.61	1.12–2.29	0.01

be better shielded against predation which may exert a strong selective pressure (Ricklefs 1969, Donehow et al. 2007), disturbance or adverse weather (Burger & Lesser 1978, Cuervo 2004).

Phenology

At Dréan, as predicted, mean egg-laying dates were found to be significantly different between core and peripheral nests with egg-laying starting first in the center of the colony. Dominant pairs would first choose the centre of the colony, believed to provide safer nesting ground and more protection against adverse weather (Tenaza 1971, Minias & Kaczmarek 2013). A range of factors (photoperiod, temperature, food availability, etc.) may determine the onset of breeding in birds (Perrins 1970) while early arrival at the breeding ground and precocious egg-laying may confer a greater fitness to birds (Brinkhof et al. 2002, Tryjanowski et al. 2004, Tobolka et al. 2013, Janiszewski et al. 2013). The onset of egg-laying and breeding success (outcome and/or productivity) are closely linked to arrival dates in the White Stork (Tryjanowski et al. 2004, Vergara et al. 2007) and other species (Møller 1994). Older birds that return earlier to their breeding ground (Barbraud et al. 1999) may outcompete younger ones in competition for high quality nest location and characteristics (Vergara et al. 2010), and may enjoy higher breeding success (Vergara & Aguirre 2006).

The onset of the laying period in northeastern Algeria (3–7 March) occurred earlier than in the semi-arid high plains known as Hauts Plateaux in Northern Algeria (26–30 March) (Djerdali et al. 2008). This time lag probably reflects the difference in mean arrival time between the two regions.

Nest and egg characteristics

As predicted, largest nests harbored the earliest clutches but this was only recorded in the core area. These results are in close agreement with those of Vergara et al. (2010) who found the collinearity of nest size, occupation date and age and showed that successful breeding was best

explained by a bird's age. In the White Stork, the size of the nest is related to the frequency of its use in the past, a possible reliable clue of nest quality (Vergara et al. 2006). However, the underlying mechanisms that promote selection of larger nests have not been fully explored and future work on the adaptive value of nest characteristics may shed light on why larger nests are preferred to smaller nests. Nest characteristics and nest-site preferences may be influenced by a range of factors (Clark & Shutler 1999) and may have a strong selective bearing on reproductive success (Burger & Gochfeld 1990, Alonso et al. 1991, Rauter et al. 2002). Although how nest characteristics can determine breeding outcome is not always easy to ascertain (Palomino et al. 1998, Tryjanowski et al. 2009, Minias et al. 2013), larger nests may be advantageous as they can safely host more eggs or chicks (Slagsvold 1989), provide favourable microclimate for nestlings (Tortosa & Villafuerte 1999) or withstand flooding and wind action (Ulfvens 1988, Cheriet et al. 2015). Nest size may also be used as a proximal factor for nest or bird quality (Vergara et al. 2010).

Clutch size and hatching success

Clutch size did not differ between core area and periphery and there was no indication that it changed with laying date. No seasonal decrease in clutch size was reported for White Stork colonies located near rubbish dumps (Tortosa et al. 2003) or having access to abundant food (Massemin-Challet et al. 2006). In contrast, a negative correlation between laying date and clutch size was found by Vergara et al. (2007). Thus, the proximity of a rubbish dump may not preclude a seasonal decline of clutch size as was found by Djerdali et al. (2008) who found that the White Stork responds to extra food and other environmental conditions like rainfall by advancing its onset of breeding and laying larger clutch sizes. In our study, despite the marked difference in the amount of rainfall between the two study years, no such variation in these two breeding parameters (onset of breeding and clutch size) was recorded. In 2011, the presence of the refuse dump may have buffered partially the detrimental effects of drought.

Breeding success

Predation rate is often edge related (Jackson et al. 2005), but the low predation rate recorded might provide an explanation for the lack of difference in the breeding success between core and

periphery at the Dréan colony where other factors like age of breeding birds may be more influential (Vergara et al. 2007). The White Stork colony of Dréan is at the center of two districts, El Tarf and Annaba which had a mean number of fledglings per nest over the same period ranging from 2.13 to 2.71 (El Tarf) and from 1.48 to 2.30 (Annaba) (Moali-Grine et al. 2012). Productivity at Dréan (2.29 and 2.85 chicks), despite its high density, thus outperformed that of both adjacent regions. Despite the presence of the refuse dump (providing extra food), the mean number of fledglings per nest was higher in 2012, the wetter year. White Storks may thus rely on extra-resources that the refuse dump is unable to provide.

Productivity has also been shown to be inversely density-dependent (Barbraud et al. 1999), thus abundant food resources provided by the adjacent refuse dump may lessen intra-specific competition and may account for the relatively high productivity at Dréan. Contrary to our prediction, no differences in productivity or breeding outcome were found between core and peripheral nests. Possibly, this difference can only be recorded when resources are rare and/or predation rate high. Productivity was also marginally related to egg-laying date. This result agrees with that of Vergara et al. (2007) who found that clutch size and productivity were unrelated to arrival date. In contrast, and as predicted, early breeders appear to enjoy a greater probability of nesting success. These results suggest that the adaptive nature of nest-site choice in the White Stork may be complex and different components of fitness may be optimized (Chalfoun & Schmidt 2012, Streby et al. 2014).

Conservation

Patterns of rainfall and drought in winter in the semi-arid Sahel is a major driving force determining population trends of the White Stork and other trans-Saharan migrant birds (Den Held 1981, Sæther et al. 2006, Nevoux et al. 2008). In addition, seasonal phenomena, such as animal migration, have strongly been affected by global warming (Parmesan & Yohe 2003) leading to marked shifts in wintering ranges (La Sorte & Thompson 2007) and towards earlier arrival and breeding dates of migrant birds (Lehikoinen et al. 2004, Gordo 2007). Climate warming and anthropogenic drivers such as open refuse dumps have been invoked to explain changes in migratory behavior of the White Stork (Tortosa et al. 1995, Samraoui 1998). As nesting success hinges on the

timing of egg-laying, any shift in arrival and breeding date may have important fitness repercussions.

North African White Storks have also to contend with human encroachment on their breeding grounds. Because of a general lack of law-enforcement in the country (Samraoui et al. 1992, de Bélair & Samraoui 1994), olive trees in the study area are progressively disappearing through recurrent tree cutting and fires. Breeding habitats of colonial waterbirds in the region are being gradually transformed into cultivated land or housing estates (Samraoui et al. 2007). To what extent, the White Stork will be able to respond phenologically and behaviourally to fast environmental changes in the region is an open question.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are most grateful to T. Janiszewski and an anonymous referee for instructive suggestions that greatly improved our manuscript. We are most grateful to Luc Hoffmann and the staff of the Station Biologique de la Tour du Valat for access to the Station's library. The work was supported by the Algerian Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique and Distinguished Scientist Fellowship Program, King Saud University, Saudi Arabia.

REFERENCES

- Alonso J. C., Alonso J. A., Carrascal L. M. 1991. Habitat selection by foraging white storks, *Ciconia ciconia*, during the breeding season. *Can. J. Zool.* 69: 1957–1962.
- Anderson C., Hodum P.J. 1993. Predator behavior favors clumped nesting in an oceanic seabird. *Ecology* 74: 2462–2464.
- Anderson D. J., Porter E. T., Ferree E. D. 2004. Non-breeding Nazca boobies (*Sula granti*) show social and sexual interest in chicks: behavioural and ecological aspects. *Behaviour* 141: 959–977.
- Ashbrook K., Wanless S., Harris M.P., Hamer K. C. 2008. Hitting the buffers: conspecific aggression undermines benefits of colonial breeding under adverse conditions. *Biol. Lett.* 4: 630–633.
- Barbraud C., Barbraud J.-C., Barbraud M. 1999. Population dynamics of the White Stork *Ciconia ciconia* in western France. *Ibis* 141: 469–479.
- Benharzallah N., Si Bachir A., Taleb F., Barbraud C. 2015. Factors affecting growth parameters of White Stork nestlings in eastern Algeria. *J. Ornithol.* 156: 601–612.
- Boukhemza M., Boukhemza-Zemmouri N., Voisin J.-F. 2007. Biologie et écologie de la reproduction de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) dans la vallée du Sébaou (Kabylie). *Aves* 44: 213–222.

- Brinkhof M. W. G., Cavé A. J., Daan S., Perdeck A. C. 2002. Timing of current reproduction directly benefits future reproductive output in European coots. *Evolution* 56: 401–411.
- Brown C. R., Bomberger Brown M. B. 1986. Ecto-parasitism as a cost of coloniality in cliff swallows *Hirundo pyrrhonota*. *Ecology* 67: 1206–1218.
- Bunin J. S., Boates J. S. 1994. Effects of nesting location on breeding success of Arctic Terns on Machias Seal Island. *Can. J. Zool.* 72: 1841–1847.
- Burger J., Gochfeld M. 1990. Nest site selection in Least Terns (*Sterna antillarum*) in New Jersey and New York. *Colon. Waterbirds* 13: 31–40.
- Burger J., Lesser F. 1978. Selection of colony sites and nest sites by common terns *Sterna hirundo* in Ocean County, New Jersey. *Ibis* 120: 433–449.
- Chalfoun D., Schmidt K. A. 2012. Adaptive breeding-habitat selection: is it for the birds? *Auk* 129: 589–599.
- Cheriet S., Samraoui F., Alfarhan A. H., Samraoui B. 2015. Factors affecting nesting success in the Great-crested Grebe *Podiceps cristatus* at Lake Tonga, north-east Algeria. *Ostrich* 86: 239–245.
- Clark R. G., Shutler D. 1999. Avian habitat selection: pattern from process in nest-use by ducks? *Ecology* 80: 272–287.
- Coulson J. C. 1968. Differences in the quality of birds nesting in the centre and on the edges of a colony. *Nature* 217: 478–479.
- Cramp S., Simmons K. E. L. (eds). 1977. *The Birds of the Western Palearctic*. Vol. 1. Oxford Univ. Press.
- Cuervo J. J. 2004. Nest-site selection and characteristics in a mixed species colony of Avocets *Recurvirostra avosetta* and Black-winged Stilts *Himantopus himantopus*. *Bird Study* 51: 20–24.
- Danchin E., Wagner R. H. 1997. The evolution of coloniality: the emergence of new perspectives. *Trends Ecol. Evol.* 12: 342–347.
- de Bélair G., Samraoui B. 1994. Death of a lake: Lac Noir in northeastern Algeria. *Environ. Conserv.* 21: 169–172.
- Den Held J. J. 1981. Population changes in the Purple Heron in relation to drought in the wintering area. *Ardea* 69: 185–191.
- Djerdali S., Tortosa F. S., Hillstrom L., Doumandji S. 2008. Food supply and external cues limit the clutch size and hatchability in the White Stork *Ciconia ciconia*. *Acta Ornithol.* 43: 145–150.
- Donehow C. E., Bird D. M., Hall C. S., Kress S. W. 2007. Effects of Gull predation and predator control on Tern nesting success at Eastern Egg Rock, Maine. *Waterbirds* 30: 29–30.
- Forster I. P., Phillips R. A. 2009. Influence of nest location, density and topography on breeding success in the Black-browed Albatross *Thalassarche melanophris*. *Mar. Ornithol.* 37: 213–217.
- Fretwell S. D., Lucas H. L. J. 1970. On territorial behaviour and other factors influencing habitat distribution in birds. *Acta Biotheor.* 19: 16–36.
- Furness R. W. 1982. Competition between fisheries and seabird communities. *Adv. mar. Biol.* 20: 225–307.
- Furness R. W. 1984. Influences of adult age and experience, nest location, clutch size and laying sequence on the breeding success of the Great Skua *Catharacta skua*. *J. Zool.* 202: 565–576.
- Gilchrist H. G. 1999. Declining thick-billed murre *Uria lomvia* colonies experience higher gull predation rates: an inter-colony comparison. *Biol. Conserv.* 87: 21–29.
- Gordo O. 2007. Why are bird migration dates shifting? A review of weather and climate effects on avian migratory phenology. *Climate Res.* 35: 37–58.
- Hamilton W. D. 1971. Geometry for the selfish herd. *J. Theor. Biol.* 31: 295–311.
- Heim de Balsac H., Mayaud N. 1962. *Les Oiseaux du Nord-Ouest de l'Afrique*. Paul Lechevalier, Paris.
- Hoogland J. L., Sherman P. W. 1976. Advantages and disadvantages of Bank Swallow (*Riparia riparia*) coloniality. *Ecol. Monogr.* 46: 33–58.
- Isemann P., Moali A. 2000. *Birds of Algeria*. SEOF, Paris.
- Jackson A. L., Bearhop S., Thompson D. R. 2005. Shape can influence the rate of colony fragmentation in ground nesting seabirds. *Oikos* 111: 473–478.
- Janiszewski T., Minias P., Wojciechowski Z. 2013. Reproductive consequences of early arrival at breeding grounds in the White Stork *Ciconia ciconia*. *Bird Study* 60: 280–284.
- La Sorte F. A., Thompson F. R. 2007. Poleward shifts in winter ranges of North American birds. *Ecology* 88: 1803–1812.
- Lehikoinen E., Sparks T. H., Zalakevicius M. 2004. Arrival and departure dates. *Adv. Ecol. Res.* 35: 1–31.
- Martin T. E. 1995. Avian life history evolution in relation to nest sites, nest predation, and food. *Ecol. Monogr.* 65: 101–127.
- Martin T. E., Scott J., Menge C. 2000. Nest predation increases with parental activity: separating nest site and parental activity effects. *Proc. R. Soc. B.* 267: 2287–2293.
- Massemmin-Chalet S., Gendner J. P., Samtmann S., Wulgué A., Le Maho Y. 2006. The effect of migration strategy and food availability on White Stork *Ciconia ciconia* breeding success. *Ibis* 148: 503–508.
- Minias P. 2014. Evolution of within-colony distribution patterns of birds in response to habitat structure. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 68: 851–859.
- Minias P., Janiszewski T., Lesner B. 2013. Center-periphery gradients of chick survival in the colonies of Whiskered Terns *Chlidonias hybrida* may be explained by the variation in the maternal effects of egg size. *Acta Ornithol.* 48: 179–186.
- Minias P., Kaczmarek K. 2013. Is it always beneficial to breed in the centre? Trade-offs in nest site selection within the colony of a tree-nesting waterbird. *J. Ornithol.* 154: 945–953.
- Moali-Grine N., Moali L., Moali A. 2012. Distribution et écologie de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) en Algérie. *Rev. Ecol. - Terre Vie* 67: 59–69.
- Møller A. P. 1994. Phenotype-dependent arrival time and its consequences in a migratory bird. *Behav. Ecol. Sociob.* 35: 115–122.
- Nevoux M., Barbraud J.-C., Barbraud C. 2008. Nonlinear impact of climate on survival in a migratory white stork population. *J. Anim. Ecol.* 77: 1143–1152.
- Palomino J. J., Martin-Vivaldi M., Soler M., Soler J. J. 1998. Functional significance of nest size variation in the Rufous Bush robin *Cercotrichas galactotes*. *Ardea* 86: 177–185.
- Parmesan C., Yohe G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37–42.
- Perrins C. M. 1970. The timing of bird's breeding season. *Ibis* 112: 242–255.
- Porter J. M., Coulson J. C. 1987. Long-term changes in recruitment to the breeding group and the quality of recruits at a kittiwake *Rissa tridactyla* colony. *J. Anim. Ecol.* 56: 765–690.
- Profus P., Tryjanowski P., Tworek S., Zduniak P. 2004. Intrapopulation variation of egg size in the White Stork (*Ciconia ciconia*) in Southern Poland. *Pol. J. Ecol.* 52: 75–78.
- R Development Core Team 2014. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Available at: <http://www.R-project.org>
- Rauter C. M., Reyer H.-U., Bollmann K. 2002. Selection through predation, snowfall and microclimate on nest-site preferences in the Water Pipit *Anthus spinoletta*. *Ibis* 144: 433–444.

- Rendón M. A., Garrido A., Ramírez J. M., Rendón-Martos M., Amat J. A. 2001. Despotism establishment of breeding colonies of greater flamingos, *Phoenicopterus ruber*, in southern Spain. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 50: 55–60.
- Ricklefs R. E. 1969. An analysis of nesting mortality in birds. *Smithson. Contrib. Zool.* 9: 1–48.
- Rodríguez C., Bustamante J. 2003. The effect of weather on lesser kestrel breeding success: can climate change explain historical population declines? *J. Anim. Ecol.* 72: 793–810.
- Sæther B.-E. 1990. Age-specific variation in the reproductive performance of birds. *Curr. Ornithol.* 7: 251–283.
- Sæther B.-E., Grøtan V., Tryjanowski P., Barbraud C., Engen S., Fulin M. 2006. Climate and spatio-temporal variation in the population dynamics of a long distance migrant, the white stork. *J. Animal Ecol.* 75: 80–90.
- Samraoui B. 1998. White Storks wintering in northeast Algeria. *Br. Birds* 91: 377.
- Samraoui B., Bélaïr G. de, Benyacoub S. 1992. A much threatened lake: Lac des Oiseaux (N.E. Algeria). *Environ. Conserv.* 19: 264–267 + 276.
- Samraoui B., Samraoui F. 2008. An ornithological survey of the wetlands of Algeria: Important Bird Areas, Ramsar sites and threatened species. *Wildfowl* 58: 71–98.
- Samraoui F., Alfarhan A. H., Al-Rasheid K. A. S., Samraoui B. 2011. An appraisal of the status and distribution of waterbirds of Algeria: indicators of global changes? *Ardeola* 58: 137–163.
- Samraoui F., Menai R., Samraoui B. 2007. Reproductive ecology of the Cattle Egret (*Bubulcus ibis*) at Sidi Achour, north-eastern Algeria. *Ostrich* 78: 481–487.
- Si Bachir A., Chenchouni H., Djeddou N., Barbraud C., Céréghino R., Santoul F. 2013. Using self-organizing maps to investigate factors regulating colony size and breeding success of the White Stork (*Ciconia ciconia*). *J. Ornithol.* 154: 481–489.
- Slagsvold T. 1989. On the evolution of clutch size and nest size in passerine birds. *Oecologia* 79: 300–305.
- Streby H. M., Refsnider J. M., Peterson S. M., Andersen D. E. 2014. Retirement investment theory explains patterns in songbird nest-site choice. *Proc. R. Soc. B* 281: 20131834.
- Tenaza R. 1971. Behavior and nesting success relative to nest location in Adélie penguins (*Pygoscelis adeliae*). *Condor* 73: 81–92.
- Tobolka M., Kuźniak S., Zolnierowicz K. M., Sparks T. H., Tryjanowski P. 2013. New is not always better: low breeding success and different occupancy patterns in newly built nests of a long-lived species, the white stork *Ciconia ciconia*. *Bird Study* 60: 399–403.
- Tortosa F. S., Máñez M., Barcell M. 1995. Wintering White Storks (*Ciconia ciconia*) in South West Spain in the years 1991 and 1992. *Die Vogelwarte* 38: 41–45.
- Tortosa F. S., Pérez L., Hillström L. 2003. Effect of food abundance on laying date and clutch size in the White Stork *Ciconia ciconia*. *Bird Study* 50: 112–115.
- Tortosa F. S., Villafuerte R. 1999. Effect of nest microclimate on effective endothermy in White Stork *Ciconia ciconia* nestlings. *Bird Study* 46: 336–341.
- Tryjanowski P., Kosicki J. Z., Kuzniak S., Sparks T. H. 2009. Long-term changes and breeding success in relation to nesting structures used by the White Stork, *Ciconia ciconia*. *Ann. Zool. Fennici* 46: 34–38.
- Tryjanowski P., Sparks T. H., Ptaszyk J., Kosicki J. 2004. Do White Storks always profit from an early return to their breeding grounds? *Bird Study* 51: 222–227.
- Ulfvén J. 1988. Nest characteristics and nest survival in the horned grebe *Podiceps auritus* and great crested grebe *Podiceps cristatus* in a Finnish archipelago. *Ann. Zool. Fennici* 25: 293–298.
- Vergara P., Aguirre J. I. 2006. Age and breeding success related to nests position in a White Stork *Ciconia ciconia* colony. *Acta Oecol.* 30: 414–418.
- Vergara P., Aguirre J. I., Fargallo J. A., Dávila J. A. 2006. Nest-site fidelity and breeding success in White Stork *Ciconia ciconia*. *Ibis* 148: 672–677.
- Vergara P., Aguirre J. I., Fernández-Cruz M. 2007. Arrival date, age and breeding success in white Stork *Ciconia ciconia*. *J. Avian Biol.* 38: 573–579.
- Vergara P., Gordo O., Aguirre J. I. 2010. Nest size, nest building behavior and breeding success in a species with nest reuse: the white stork *Ciconia ciconia*. *Ann. Zool. Fennici* 47: 184–194.
- Wittenberger J. E., Hunt G. L. 1985. The adaptive significance of coloniality in birds. In: Farner D. S., King J. R., Parkes K. C. (eds). *Avian biology*. Vol. VIII. Academic Press, pp. 1–78.

STRESZCZENIE

[Przestrzenne rozmieszczenie gniazd jako czynnik wpływający na rozród kolonijnie gniazdującego bociana białego]

Czas przystępowania do rozrodu jak i lokalizacja gniazda u ptaków gniazdujących kolonijnie może mieć konsekwencje dla ich dostosowania. W szczególności, w wielu pracach wykazano, że pary gniazdujące na obrzeżach kolonii osiągają gorsze wyniki lęgów.

W pracy badano jak czynniki takie jak termin składania jaj, położenie w obrębie kolonii i wielkość gniazda wpływają na sukces lęgowy w dużej kolonii bociana białego gniazdującej w gaju oliwnym w północno-wschodniej Algierii (Fig. 1). Określano wielkość gniazda i jaj (Tab. 1), położenie gniazda (w centrum lub na obrzeżu kolonii), jego wysokość nad powierzchnią ziemi, datę złożenia pierwszego jaja oraz sukces lęgowy.

Stwierdzono, że gniazda na obrzeżach były mniejsze (Tab. 2), oraz że zależność pomiędzy objętością gniazda a datą złożenia pierwszego jaja różniła się między gniazdami położonymi w centrum i na obrzeżach: w przypadku gniazd w centrum kolonii lęgi w dużych gniazdach były składane wcześniej niż w małych gniazdach natomiast w przypadku gniazd na obrzeżach nie istniała wyraźna zależność między tymi parametrami (Fig. 2). Średnie daty składania jaj różniły się pomiędzy latami oraz typem położenia gniazda w obrębie kolonii: wcześniejsze lęgi obserwowano w centrum (Fig. 3). Jednak ani wielkość gniazda ani położenie gniazda w kolonii nie były związane z wielkością zniesienia oraz liczbą piskląt. Późniejsze przystępowanie do lęgów powodowało zmniejszenie sukcesu lęgowego (Fig. 4, Tab. 3).

Na uzyskane wyniki może wpływać niski poziom drapieżnictwa, jak i bogate zasoby pokarmowe związane z wysypiskiem odpadów.