

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE EL HADJ LAKHDAR BATNA
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département d'Ecologie et Environnement**

THESE

Pour l'obtention du diplôme de

DOCTORAT EN SCIENCES

Filière : Sciences Biologiques

Option :

Ecologie animale

Présentée par :

M^{me}. BENHARZALLAH NAOUEL

Thème

**Contribution à l'étude de la bio-écologie de la
Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*, Aves, *Ciconiidea*)
dans le Constantinois**

Devant le jury

Président	Dr. SMAIL CHAFAA	Maître de conférences 'A', Univ. de Batna 2
Directeur de thèse	Dr. ABDELKRIM SI BACHIR	Professeur, Univ. de Batna 2
Examineur	Dr. HASSEN BENMESSAOUD	Maître de conférences 'A, Univ. de Batna 2
Examineur	Dr. MOHAMED OUAKID	Professeur, Univ. de Annaba
Examineur	Dr. MOHAMED BELHAMRA	Professeur Univ. de Biskra
Examineur	Dr. MOUSSA HOUHAMDI	Professeur Univ. de Guelma

Année universitaire : 2016-2017

Dédicaces

Je dédie cette thèse qui est le fruit de tout un long chemin d'études

À la mémoire de mon père

A celle à qui je dois tout, même ma vie, à ma mère qui m'a entouré d'amour, d'affection et de tendresse. Quel dommage de ne pas avoir le plaisir de partager cet événement avec elle.

A mes enfants : Mouhaned, Anes et Amani, la joie et l'amour de ma vie. J'espère que vous serez toujours fiers de moi.

A mon chère mari fayçal, qui m'a accompagné durant toutes les étapes de cette thèse, qui m'a encouragé et n'a épargné aucun moyen pour m'aider. Merci d'avoir cru en moi.

A mes deux sœurs Monira et Ouahiba, Je leur serai éternellement reconnaissante pour leurs encouragements et leur soutien morale

Je dédie aussi à

Mes frères et sœurs

Mes neveux et nièces

Mes amies

Cette thèse est un peu la leur

*J'en oublie certainement encore et je m'en excuse.
Encore un grand merci à tous pour m'avoir conduit à ce jour mémorable.*

Remerciements

En achevant ce travail, je voudrais tout d'abord remercier grandement mon directeur de thèse Professeur Si bachir Abdelkrim. Je suis ravi d'avoir travaillé en sa compagnie car il a su me laisser la liberté nécessaire à l'accomplissement de mes travaux, tout en y gardant un œil critique et avis. Je le remercie pour sa confiance et ses nombreuses remarques et suggestions pour améliorer la qualité de ce manuscrit.

Je remercie tout particulièrement D^r CHRISTOPHE BARBRAUD pour l'hospitalité dont il a fait preuve envers moi lors des mes séjours que j'ai effectué dans le centre d'études biologiques de Chizé et pour tout l'intérêt qu'il a montré pour mes travaux et d'avoir répondu à mes sollicitations lorsque le besoin s'en faisait sentir. Ainsi que pour ses nombreuses remarques et suggestions qui ont contribué à améliorer mon travail. J'espère que cette thèse sera un remerciement suffisant à la confiance; sans cesse renouvelée; dont il a fait preuve en mon égard. Je remercie également le personnel et les étudiants du centre d'études biologiques de Chizé pour leur aide et leur soutien moral.

J'exprime mes remerciements à M^{er} SMAIL CHAFAA, Maître de conférences 'A' à l'université de Batna 2, d'avoir accepté de présider mon jury.

J'adresse mes vifs remerciements à :

D^r HASSEN BENMESSAOUD; Maître de conférences 'A'; Université de Batna 2.

D^r MOHAMED OUAKID; Professeur à l'université Badji Mokhtar d'Annaba.

D^r MOHAMED BELHAMRA; Professeur à l'université El Hadj Lakhder de Biskra.

D^r MOUSSA HOUHAMDI; Professeur à l'université de Guelma.

Qu'ils trouvent ici toute ma gratitude et mes remerciements de m'avoir fait l'honneur de juger mon travail ainsi que pour l'enrichissement qu'ils auront à apporter à cette thèse.

Je tiens à remercier les responsables de la Conservation des forêts de Zighoud Youcef, d'Ibn Badis, de Didouche Mourad et d'Ain Smara. La gendarmerie de Hamma Bouziane, Les présidents des assemblées populaires communales d'Ain smara M^{er} RABAH ZBIRI et de Ben Badis M^{er} Said Guettaf et je n'oublie pas les habitants de la ferme Massine pour leur accueil et leur patience.

Je remercie Karine, Annie et Laurance pour la gentillesse et l'accueil chaleureux et pour toute l'aide qu'elles m'ont fournie. Je ne sais comment exprimer ma gratitude à ces personnes autrement qu'en leur promettant d'agir comme eux avec d'autres personnes dans ma situation, si un jour l'occasion m'en est donnée.

Enfin, je remercie la Cigogne blanche d'avoir été patiente avec moi et d'avoir servi et permis de mener mon travail sans trop se plaindre un jour.

Il me sera très difficile de remercier tout le monde car c'est grâce à l'aide de nombreuses personnes que j'ai pu mener cette thèse à son terme.

Table des matières

Liste des abréviations	vii
Liste des figures	viii
Liste des Tableaux	x
Introduction	1
Chapitre 1. Présentation du modèle biologique étudié	7
1. Présentation générale	7
1.1. Description et systématique	7
1.2. Statut de protection en Europe et en Algérie	8
2. Aire de répartition	8
2.1. Répartition dans le monde	8
2.2. Répartition en Algérie	9
3. Evolution et tendance actuelle des populations	9
4. Habitat et régime alimentaire	11
5. Migration et sédentarité	14
5. 1. Migration	14
5. 2. Phénomène de sédentarité	15
6. Reproduction	18
6. 1. Construction du nid	18
6. 2. Accouplement	19
6. 3. Ponte et incubation des œufs	20
6. 4. Eclosion des œufs et développement des poussins	21
7. Facteurs de menace et de mortalité	22
Chapitre 2. Matériels et méthodes	27
1. Présentation de la région d'étude	27
1. 1. Situation géographique	27
1.2. Relief	27
1. 3. Réseau hydrographique	28
1.4. Occupation des sols	30
1.5. Climat	30
1. 5. 1 Températures	31
1. 5. 2. Précipitations	32
1. 5. 3. Vents	33
1. 5. 4. Synthèse climatique	34
1. 5. 4. 1. Diagramme de Begnouis et Gausson	34

1. 5. 4. 2. Climagramme d'Emberger	35
2. Méthodes d'étude	37
2. 1. Suivi des populations nicheuses	37
2. 1. 1. Recensement des nids	37
2. 1. 1. Paramètres de reproduction	38
2. 1. 3. Densité des populations	38
2. 2. Etude de la biologie et de l'écologie de la reproduction	39
2. 2. 1. Présentation générale des sites de colonies	39
2. 2. 2. Cycle biologique	39
2. 2. 3. Chronologie d'installation et caractéristiques des sites de nid	40
2. 2. 4. Suivi du contenu des nids	40
2. 3. Etude de la croissance des poussins	41
2. 3. 1. Mesures morphométriques et variables explicatives	42
2. 3. 2. Modélisation des données de croissance	42
2. 4. Traitements statistiques	44
2. 4. 1. Paramètres de reproduction	44
2. 4. 2. Paramètres de croissance des poussins	44

Chapitre 3. Résultats

1. Paramètres démographiques des populations de Cigogne blanche dans la région de Constantine.	46
1.1. Importance numérique et dynamique de la population nicheuse entre 2010 et 2013.	47
1.2. Densité moyenne des populations.	48
1.3. Distribution des couples nicheurs.	48
2. Caractérisation des sites des colonies	48
2. 1. Localisation et effectifs des colonies	48
2. 2. Type de colonies	51
2. 3. Répartition spatiale des colonies selon l'urbanisation	51
3. Caractérisation du site des nids	55
3. 1. Type de support	55
3. 2. Position horizontale du nid par rapport au support	56
3.3. Hauteur du support et hauteur des nids par rapport au sol	56
3.4. Distribution Altitudinale des nids	56
4. Succès reproducteur des couples nicheurs	57
4.1. Distribution du nombre de jeunes envolés par nid ayant réussi leur reproduction	57
4.2. Relation entre le succès de reproduction (JZm) et le nombre de couples reproducteurs ayant réussi leur reproduction (HPm)	58
5. Biologie et écologie de la reproduction	58
5.1. Chronologie d'installation	59

5. 2. Caractéristiques physiques des nids	59
5. 2. 1. Variation de l'aire des nids entre les trois colonies d'étude.	59
5. 2. 2. Variation de l'aire des nids au cours des trois années d'étude 2011,2012 et 2013.	60
5. 2. 3. Variation de l'aire des nids entre le début et la fin de chaque saison de reproduction.	60
5. 2. 4. Corrélation entre l'aire du nid et la date de son occupation	61
5. 3. Variations de la taille des pontes	61
5. 4. Caractéristiques morphométriques des œufs	62
5. 4. 1. Variation de la longueur, la largeur et le volume des œufs en fonction de la taille de ponte	65
5. 4. 2. L'effet de l'ordre de ponte sur le volume des œufs	65
5. 5. Paramètres du succès de reproduction	67
5. 5. 1. Relation entre le volume des œufs et le poids des poussins à l'éclosion	69
5. 6. Effet de la saison de reproduction, de la localisation de la colonie, de la date d'occupation du nid et des caractéristiques du site du nid sur les paramètres de reproduction	69
5. 7. Paramètres de croissance et facteurs affectant la croissance des poussins	76
5. 7. 1. Paramètres de croissance des poussins	76
5. 7. 2. Corrélations entre les variables explicatives	79
5. 7. 3. Combinaison des variables explicatives.	80
5. 7. 4. Facteurs influençant les paramètres de croissance	82
Chapitre 4. Discussions	89
1. Importance numérique et dynamique des populations nicheuses de la Cigogne blanche dans la région de Constantine.	89
2. Caractérisation des sites des colonies	93
3. Caractérisation du site des nids	94
4. Succès reproducteur des couples nicheurs	96
4. 1. Chronologie d'installation et caractéristiques physiques des nids	98
4. 2. Taille des pontes et caractéristiques physiques des œufs	101
4. 3. Paramètres du succès de reproduction	107
4. 4. Facteurs affectant le succès reproducteur	107
5. Reproduction et paramètres de croissance des poussins de cigogne blanche	110
Conclusion	114
Références bibliographiques	121
Annexe photographique	141
Résumé	143
Summary	145
ملخص	146

Liste des abréviations

ZPS: Zone de protection spéciale

STW: Superficie totale

SAT: Superficie agricole totale

SAU: Superficie agricole utile

EAI: Exploitations agricoles individuelles

EAC: Exploitations agricoles collectives

HPa: Nombre de couples occupant un nid durant au moins 4 semaines au cours de la saison de reproduction

HPm: Nombre de couples ayant produit au moins un jeune à l'envol

HPo : Nombre de couples n'ayant pas produit de jeunes à l'envol

HPx : Nombre de couples avec un nombre inconnus de jeunes à l'envol

StD: Densité de la population nicheuse par 100 km² de surface agricole utile.

JZG: Nombre total des poussins à l'envol, c'est la productivité

JZa: Nombre moyen des poussins à l'envol par rapport à la totalité des couples nicheurs,

JZm: Nombre moyen des poussins à l'envol par rapport aux couples nicheurs

A: Valeur asymptotique (g ou mm),

T: Le point d'inflexion (jours)

K: Constante caractéristique de la de croissance

***t*₁₀₋₉₀:** Temps nécessaire pour passer de 10 à 90% de la valeur asymptotique de la masse corporelle, de la longueur de l'aile et du tarse

BL: Longueur du bec (mm)

***t*:** L'age du poussin (jours)

Liste des figures

- Figure 1.** Comportement migratoire de jeunes cigogneaux issus de huit populations différentes. 17
- Figure 2.** Carte hydrographique de la wilaya de Constantine. 29
- Figure 3.** Diagrammes ombrothermiques de la région de Constantine pour les années 2010, 2011, 2012 et 2013 et pour la période 2000-2010. 36
- Figure 04.** Importance numérique des colonies de la Cigogne blanche selon les communes de la wilaya de Constantine en 2010, 2011, 2012 et 2013. 49
- Figure 05.** Proportion des différents types de colonies de Cigogne blanche recensées dans la région de Constantine entre 2010 et 2013. 51
- Figure 06.** Répartition spatiale des colonies selon l'urbanisation de Cigogne blanche recensées dans la région de Constantine entre 2010 et 2013. 51
- Figure 07.** Evolution des différents emplacements des nids de la Cigogne blanche dans la région de Constantine de 2010 à 2013. 55
- Figure 08.** Proportions des différentes positions horizontales des nids de la Cigogne blanche dans la région de Constantine entre 2010 et 2013. 56
- Figure 09.** Distribution altitudinale des nids de la Cigogne blanche dans la région de Constantine de 2010 à 2013 (N= 200). 57
- Figure 10.** Nombre de jeunes envolés par nid ayant réussi leur reproduction (HPm) de Cigogne blanche à Constantine au cours de la période 2010-2013. 58
- Figure 11.** Relation entre le succès reproducteur et le nombre de couples nicheurs ayant réussi leur reproduction dans la région de Constantine (Analyse globale). 58
- Figure 12.** Variation de l'aire des nids de la Cigogne blanche entre les colonies d'étude au cours des années 2011, 2012 et 2013 dans la région de Constantine 60
- Figure 13.** Relation entre l'aire du nid et sa date d'occupation dans la région de Constantine 61
- Figure 14.** Variation de la taille de ponte de la Cigogne blanche entre les trois colonies d'étude 63
- Figure 15.** Variation de la taille des œufs de Cigogne blanche en fonction de la taille de ponte dans la région de Constantine 66
- Figure 16.** Variation de la taille des œufs en fonction de l'ordre de ponte dans la colonie de Massine au cours de la saison de reproduction 2013 67
- Figure 17.** Courbe de régression montrant la corrélation entre le volume des œufs et la masse des poussins à l'éclosion dans la station de Massine durant la saison de reproduction 2013 69

- Figure 18.** Variation du nombre d'œufs pondus, le nombre d'œufs éclos et la productivité de la Cigogne blanche entre les trois colonies d'étude dans la région de Constantine **70**
- Figure 19.** Variation de la productivité, du succès d'envol et du succès reproducteur de la cigogne blanche entre les trois années d'étude 2011, 2012 et 2013 dans la région de Constantine **73**
- Figure 20.** Courbe de régression montrant la corrélation entre le nombre d'œufs pondus, le nombre d'œufs éclos et la date d'occupation du nid de la Cigogne blanche dans la région de Constantine **74**
- Figure 21.** Variation de la productivité, du succès d'envol et du succès reproducteur en fonction du type du support **75**
- Figure 22.** Mesures des données tracées en fonction de l'âge pour tous les poussins de la Cigogne blanche dans la région de Constantine **77**
- Figure 23.** Moyennes de la masse corporelle, des longueurs du tarse, de l'aile et du bec du premier, deuxième, troisième et quatrième poussins éclos de la Cigogne blanche dans la région de Constantine **83**

Liste des Tableaux

Tableau 1. Températures mensuelles maximales (M), minimales (m) et moyennes (M) en °C dans la région de Constantine.	32
Tableau 2. Hauteurs des précipitations exprimées en mm dans la région de Constantine	33
Tableau 3. Moyenne des vitesses mensuelles du vent en m/s dans la région de Constantine.	34
Tableau 4. Paramètres démographiques des populations nicheuses entre 2010 et 2013	47
Tableau 5. Effectifs des nids occupés par les couples nicheurs de Cigogne blanche dans chaque colonie durant les saisons de nidification 2010, 2011, 2012 et 2013).	52
Tableau 6. Hauteur du support et hauteur des nids par rapport au sol dans la région de Constantine de 2010 à 2013.	56
Tableau 7. Dimensions des nids de Cigogne blanche dans la région de Constantine au cours de la période 2011-2013 (N=104 nids).	59
Tableau 8. Valeurs moyennes, minimales et maximales de la taille de ponte dans les trois colonies d'étude et durant les saisons de reproduction 2011, 2012 et 2013.	62
Tableau 9. Valeurs moyennes, minimums et maximums de la longueur, largeur, volume des œufs de Cigogne blanche mesurés dans trois colonies de la Wilaya de Constantine au cours des années 2011, 2012 et 2013.	64
Tableau 10. Variation du nombre d'œufs éclos (Taille des nichées), nombre de poussins émancipés, succès d'éclosion, succès d'envol et succès reproducteur dans la région de Constantine.	68
Tableau 11. Résultats des analyses GLMM de l'effet du type de la saison de reproduction, la localisation de la colonie, la date d'occupation du nid et les caractéristiques du site du nid sur les paramètres de reproduction dans la région de Constantine.	71
Tableau 12. Proportions des modèles logistiques et Gompertz ajustées à la croissance des poussins de cigogne blanche dans la région de Constantine au cours de l'année 2013	76
Tableau 13. Moyennes des paramètres de croissance des poussins de la Cigogne blanche dans la région de Constantine durant l'année 2013.	78
Tableau 14. Valeurs moyennes, min et max de la date de la première occupation, surface des nids, dates de ponte et d'éclosion, taille de ponte, productivité, asynchronisme et réduction de la couvée de la cigogne blanche enregistrés dans la région de Constantine au cours de l'année 2013.	79
Tableau 15. Corrélations de Spearman des variables utilisées pour expliquer la variation des paramètres de croissance des poussins de la Cigogne blanche durant la saison de reproduction 2013 dans la région de Constantine (n= 18 nichées)	81
Tableau 16. Contribution de la date d'occupation du nid, la surface de l'aire du nid, les dates de ponte et d'éclosion, la taille de ponte, le nombre de poussins éclos, la productivité,	

l'asynchronie et la réduction de la couvée dans les trois premiers axes de l'analyse des composantes principales. **82**

Tableau 17. Résultats des modèles mixtes linéaires généralisés utilisés pour tester l'effet de PC1, PC2 et PC3 et l'effet du rang sur les paramètres de croissance des poussins de la Cigogne blanche dans la région de Constantine durant la saison de reproduction 2013 **84**

Tableau 18. Résultats des modèles mixtes linéaires généralisés utilisés pour tester l'effet de PC1, PC2 et PC3 et l'effet du rang sur les paramètres de croissance des poussins de la Cigogne blanche dans la région de Constantine durant la saison de reproduction 2013. **85**

Tableau 19. Tests de l'effet de l'identité du nid sur les paramètres de croissance de la Cigogne blanche dans la région de Constantine. **86**

Tableau 20. Pourcentage des couples nicheurs de cigogne blanche ayant réussi leur reproduction (HPm) en Algérie et dans quelques pays du monde. **91**

Tableau 21. Densité des couples nicheurs de la Cigogne blanche dans différentes régions d'Algérie et d'Europe. **92**

Tableau 22. Nombre moyen de jeunes à l'envol (JZm) de cigogne blanche en Algérie et dans quelques pays du monde. **97**

Tableau 23. Données comparatives sur les dates d'arrivée des Cigognes blanches dans quelques régions d'Algérie et d'Europe. **98**

Tableau 24. Données comparatives sur les dates de ponte de Cigogne blanche dans quelques régions d'Algérie et d'Europe. **102**

Tableau 25. Données comparatives de la taille moyenne de ponte dans différentes régions du monde et de l'Algérie **103**

Introduction

La Cigogne blanche; symbole de sagesse et de fertilité; est un oiseau migrateur très apprécié et très connu. Son aire de nidification s'étend de l'Afrique du Nord jusqu'au Nord de l'Europe, en passant par l'Europe méridionale et centrale (CRAMP et SIMMONS, 1977; ITONAGA *et al.* 2010). Cet échassier anthropophile fréquente divers milieux ouverts tels que les prairies humides, les zones marécageuses, les cultures et les pâturages (CREUTZ, 1988; SCHULZ, 1998). La sélection des habitats est étroitement liée à l'accessibilité et à la disponibilité des ressources alimentaires (STRUWE et THOMSEN, 1991; TRYJANOWSKI *et al.* 2005; PROFUS, 2006). Sa présence est un indicateur de la bonne santé des biotopes fréquentés.

Depuis les années 1930, les populations nicheuses Ouest européennes et Nord africaines ont connues un déclin prononcé (SCHUZ, 1979; SCHAUB *et al.* 2004; MASSEMIN-CHALLET *et al.* 2006). Ce déclin s'est accentué depuis les années 1950, notamment parmi la population européenne occidentale (SCHULZ, 1999). Les effectifs nicheurs en Algérie ont connu une baisse similaire à celle observée en Europe (BOUET, 1956; ISENMANN et MOALI, 2000; MOALI-GRINE *et al.* 2004). Ce déclin serait la résultante de la combinaison de plusieurs facteurs tels: la sécheresse dans les quartiers d'hivernage, les collisions avec des lignes électriques et l'électrocution ainsi que le manque des ressources alimentaires par perte des habitats et des sites de nidification (DALINGA et SCHOENMAKERS, 1987; KANYAMIBWA *et al.* 1990; BARBRAUD *et al.* 1999; MORITZI *et al.* 2001; NOWAKOWSKI, 2003; DOLIGUEZ *et al.* 2004)

Après ce déclin inquiétant, cette situation s'est inversée depuis le milieu des années 1980. L'effectif des populations de cigognes blanches n'a pas cessé d'augmenter (BERNIS, 1995; SCHULZ, 1999; DENAC, 2010). Cette tendance à l'augmentation a été également observée en Algérie (MOALI-GRINE, 2007). La reprise des effectifs des populations de cigognes blanches serait du à la combinaison de plusieurs facteurs. L'amélioration de la survie chez les adultes et les jeunes serait le résultat d'un effet jumelé des augmentations récentes des précipitations sur les quartiers d'hivernage et l'amélioration des conditions trophiques dans les quartiers de reproduction. La mise en place de plateformes artificielles a également contribué à l'augmentation des effectifs de couples nicheurs en créant de nouveaux

supports de nidification (BARBRAUD JC et BARBRAUD C, 1991; BARBRAUD et *al.* 1999).

En effet, le choix des sites de nidification chez les oiseaux correspond au choix d'un endroit particulier pour nicher parmi tous les sites possibles (BURGER et GOCHFELD, 1985). Donc le choix du nid produit une pression sélective et devient un important facteur susceptible d'influencer le succès reproducteur.

L'emplacement exact d'un nid peut avoir des conséquences importantes sur le succès reproducteur. Par conséquent, les oiseaux choisissent soigneusement les sites de nidification dans le but d'augmenter leurs possibilités d'élevage avec succès (CUERVO, 2004). Le choix de l'emplacement ainsi que la construction du nid ne sont pas seulement un comportement parental mais entrent également dans la catégorie des comportements sexuels car chez beaucoup d'espèces, les individus construisent un nid pour attirer un partenaire sexuel (TRYJANOWSKI et SPARKS, 2008; DJERDALI, 2010).

La sélection de l'habitat par les oiseaux est étroitement liée à la disponibilité des ressources alimentaires et la protection contre les prédateurs et les conditions adverses du climat (ALONSO et *al.* 1991). La disponibilité des proies est un facteur important qui influence significativement le succès reproducteur (TRYJANOWSKI et KUZNIAK, 2002). Il a été prouvé que la nourriture supplémentaire, représentée essentiellement par les décharges à ciel ouvert, contribue à l'augmentation du succès reproducteur chez la cigogne blanche (MORITZI et *al.* 2001; TORTOSA et *al.* 2002; MASSEMIN-CHALLET et *al.* 2006). La présence de ces décharges a même contribué au changement du comportement migratoire de cette espèce. Un avancement dans les dates d'arrivées vers les lieux de reproduction a été enregistré dans plusieurs régions de son aire de répartition. Depuis le début des années 80, un nombre considérable d'individus hiverne en Europe (notamment en Espagne et en France) et ne migre plus vers les quartiers d'hivernage en Afrique (BARBRAUD JC et BARBRAUD C, 1991; SCHAUB et *al.* 2004). En effet, le retour précoce vers les lieux de reproduction augmente les opportunités d'occupation des meilleurs sites de nidification et économise l'énergie nécessaire à la construction de nouveaux nids. Les premiers individus arrivés commencent à se reproduire plus tôt et produisent de plus grandes couvées (BOTH et VISSER, 2001; TRYJANOWSKI et *al.* 2004).

Les soins parentaux doivent être investis suivant un compromis optimal entre les bénéfices de cette investissement sur la valeur sélective de la nichée (Brood fitness) et les coûts d'un tel comportement sur la survie et la reproduction des parents (WILLIAMS, 1966; STEARNS, 1992).

Chez les oiseaux, les parents peuvent manifester plusieurs stratégies adaptatives afin de maximiser l'apport de leurs gènes à la génération suivante ou d'améliorer leur succès reproducteur en augmentant le taux de développement et la survie des poussins (AMUNDSEN et STOKLAND, 1990; REID et BOERSMA, 1990; BOLTON, 1991). Un tel contrôle parental s'exerce par différents moyens tels que: le retour précoce vers les lieux de reproduction, la régulation de la taille de ponte (APARICIO, 1997; CLIFFORD et ANDERSON, 2001), la variation de la taille des œufs au sein de la même nichée (PARSONS, 1976; FORBES et ANKNEY, 1988; DJERDALI, 2010) ou l'asynchronie qui consiste à commencer l'incubation des œufs avant que la ponte soit terminée (HOWE, 1976; O'CONNOR, 1978; CLARK et WILSON 1981). Cette asynchronie produit une différence compétitive de taille entre le premier et le dernier poussin éclos. Généralement, le dernier poussin éclos présente une faible probabilité de survie et/ou se développe beaucoup plus longtemps par rapport au premier poussin (DONÁZAR et CEBALLOS, 1989; MAGRATH, 1990; BEISSINGER et STOLESON, 1997). Le dernier poussin éclos est sacrifié en cas de manque de nourriture dans le but de pouvoir nourrir toute la nichée, c'est la notion de la réduction de la nichée (Brood reduction).

La Cigogne blanche constitue un excellent modèle à étudier à cause de son comportement anthropophile. Cette espèce construit de grands nids faciles à repérer et à y accéder. En Europe, cette espèce a suscité l'attention d'un grand nombre d'ornithologues et d'écologistes qui se sont intéressés à plusieurs aspects de sa bioécologie. Plusieurs études ont été menées sur sa distribution et sa dynamique de populations dans beaucoup de régions à travers son aire de nidification (HEIM DE BALSAC et MAYAUD, 1962; CRAMP et SIMMONS, 1977; GEROUDET, 1978; BARBRAUD JC et BARBRAUD C, 1991; KANYAMIBWA et *al.* 1993; SCHULZ, 1998; SÆTHER et *al.* 2006; ITONAGA et *al.* 2010). D'autres recherches ont été menées sur son comportement trophique (PINOWSKA et PINOWSKI, 1989; SKOV, 1991; CARRASCAL et *al.* 1993; MORITZI et *al.* 2001; KOSICKI et *al.* 2006; ROSIN et KWIECINSKI, 2011) ainsi que sur sa biologie de reproduction (TORTOSA et RODENDO, 1992; TRYJANOWSKI et *al.* 2004; VERGARA et AGUIRRE, 2006; NEVOUX et *al.* 2008; TRYJANOWSKI et SPARK, 2008)

En Algérie, les études concernant la Cigogne blanche ont principalement porté sur les recensements et la distribution des colonies ainsi que des études sur la niche trophique (BOUET, 1936-1956; JESPERSEN, 1949; MOALI-GRINE, 1994; BOUKHEMZA et *al.* 1995; BOUKHEMZA, 2000; MAOLI-GRINE, 2007; SI BACHIR et *al.* 2012; MOALI-GRINE et *al.* 2013; CHERIAK et *al.* 2014; CHENCHOUNI et *al.* 2015). Une seule étude a

été menée sur la reproduction et l'écologie du comportement nicheur par DJERDALI (2010) dans la région de Sétif.

La région de Constantine constitue une zone charnière entre le tell et les hautes plaines, au croisement des grands axes Nord-Sud (Skikda-Biskra) et Ouest-Est (Sétif-Annaba). Cette région a connu récemment un grand développement dans l'activité agricole. L'adoption de nouvelles orientations en matière de politiques agricoles telles que: les programmes de projets de développement rural intégré (PPDRA) et l'implantation de retenues colinaires a contribué à la valorisation et à la protection des ressources naturelles dans la région. La wilaya de Constantine a connu également une forte croissance du tissu urbain qui s'est accompagnée d'une augmentation massive des décharges à ciel ouvert.

Dans la région de Constantine, aucun travail n'a été consacré à l'étude des populations nicheuses de cigogne blanche. Vu le manque des connaissances concernant l'écologie, la biologie et la dynamique des populations de cette espèce, nous avons jugé utile d'étudier l'état populationnel de la Cigogne blanche, sa distribution ainsi que le succès reproducteur des couples nicheurs dans une zone d'écotone. Selon VGDINEANU (1998), les zones d'écotone ont un rôle essentiel dans la conservation de la biodiversité au niveau local, régional et global et dans la stabilité des écosystèmes.

C'est dans ce contexte, que nous nous sommes intéressés à l'étude des fluctuations pluriannuelles des populations de cigognes blanches dans l'ensemble des colonies répertoriées sur une superficie de 2297,20 km² et de la biologie de reproduction dans trois colonies différentes. L'étude a été menée en prenant en considération les interactions entre les paramètres environnementaux et les aspects bioécologiques.

Dans ce contexte, les objectifs de cette thèse sont: Premièrement, présenter la dynamique de population de cette espèce afin de montrer les fluctuations des effectifs dans le temps et dans l'espace ainsi que de décrire les principales caractéristiques des sites des colonies. Ceci a été réalisé notamment dans le contexte des caractéristiques naturelles et de la pression anthropogénique. Deuxièmement, définir les facteurs déterminants le succès reproducteur et la croissance des poussins à travers l'étude de la variation de la taille des œufs au sein de la même nichée et son effet sur la taille des poussins à l'éclosion. L'impact de la date d'occupation du nid, de la localisation de la colonie, de la saison de reproduction et des caractéristiques du site de nidification sur les différents paramètres de reproduction (la taille de ponte, la taille de nichée, la productivité, le succès d'éclosion, le succès d'envol et le succès reproducteur) ont ainsi été étudiés. En admettant que les individus qui arrivent les

premiers vers les sites de nidification; occupent les plus hauts et les plus grands nids entourés des milieux de gagnage les plus favorables, nous nous sommes demandé quel serait l'impact du choix des sites des nids sur la fécondité et le succès reproducteur des couples nicheurs.

Nous avons également estimé les paramètres de croissance des poussins dans la région de Constantine. Afin de réaliser ce travail, plusieurs données de croissance collectées à différents stades d'âge ont été utilisées en combinaison aux modèles de croissance pour estimer les paramètres de croissance du poids. La longueur de l'aile, du tarse et du bec des poussins. Dans une seconde approche, nous avons utilisé ces données de croissance individuelles pour examiner l'effet de la date d'occupation du nid, la date et la taille de ponte, l'asynchronie et la réduction de la nichée sur les paramètres de croissance du poids. De la longueur de l'aile, du tarse et du bec.

Nous avons émis l'hypothèse de l'existence d'une variation géographique entre les paramètres de croissance des poussins d'Europe et ceux vivant à des altitudes plus basses (Afrique du nord) et que ces paramètres sont fortement affectés par les stratégies adaptatives des parents tels que l'asynchronie, la réduction de la nichée et la date d'occupation du nid.

Chapitre 1:
Présentation du
Modèle biologique étudié

Chapitre 1. Présentation du modèle biologique étudié

1. Présentation générale

1.1. Description et systématique

La Cigogne blanche est un grand échassier Ciconiiforme, subdivisée en deux sous espèces: *Ciconia ciconia ciconia* (LINNAEUS, 1758) répartie en Afrique du nord, en Europe et au moyen orient (DALLINGA et SCHOENMAKERS, 1987; VAN DEN BOSSCHE et al. 2002; PTASZYK et al. 2003) et *Ciconia ciconia asiatica* (SEVERTZOV, 1872) qui se reproduit en Asie centrale.

Cet oiseau anthropophile préfère les zones cultivées souvent au voisinage des cours d'eau, marais et terres inondables. Les adultes mesurent entre 100 à 115 cm de hauteur pour un poids compris entre 3100 et 3600 g (TORTOSA et VILLAFUERTE, 1999). La distinction des sexes est très difficile, Le mâle est légèrement plus grand que la femelle, d'environ 5% (SASVARI et al. 1999; MATA et al. 2010; TRYJANOWSKI et al. 2011). C'est d'ailleurs l'un des rares traits de dimorphisme sexuel que l'on peut observer. Le plumage est principalement blanc à l'exception des rémiges primaires, des grandes couvertures et des scapulaires qui sont de couleur noir. Le bec et les pattes sont de couleur rouge vif (CREUTZ, 1988; GÖCEK, 2006). Les juvéniles ressemblent beaucoup aux adultes, avec une couleur brune sur les ailes. Le bec est noirâtre chez les poussins devenant progressivement rougeâtre et les pattes de couleur brun-rouge (CREUTZ, 1988)

En vol, la Cigogne blanche tient le cou légèrement incliné, les pattes tendues dépassant nettement sa courte queue, les rémiges primaires restent nettement écartées les unes des autres. Le vol plané est principalement utilisé par la Cigogne blanche lors de ses déplacements (VAN DEN BOSSCHE et al. 2002; SHAMOUN BARANES et al. 2003). Elle dépend des ascendants thermiques pour effectuer ses grandes migrations (SCHAUB, 2005). Le vol battu n'est donc utilisé que pour des trajets très courts (PENNYCUICK, 1972).

La Cigogne blanche n'a pas de cri, en revanche elle fait un bruit qui est produit par le claquement des deux mandibules du bec, ce rituel est pratiqué surtout au moment des parades.

1.2. Statut de protection en Europe et en Algérie

La Cigogne blanche est une espèce protégée dans plusieurs pays du monde. A l'échelle européenne, elle est inscrite à l'annexe I de la Directive Oiseaux du 30 novembre 2009. La Cigogne blanche figure sur la liste des espèces concernées par la désignation de Zone de Protection Spéciale (ZPS) et la mise en œuvre de mesures de conservation spéciale concernant son habitat. Cette espèce est également inscrite à l'annexe II de la Convention de Berne sur la Conservation de la vie sauvage et la Convention de Bonn sur les espèces migratrices.

En Algérie, la Cigogne blanche figure sur la liste des espèces animales non domestiques protégées établie par le décret présidentiel n 83-509 du 20 aout 1983.

2. Aire de répartition

2.1. Répartition dans le monde

La cigogne blanche est une espèce paléarctique (HAGEMEIJER et BLAIR, 1997). Son aire de nidification s'étend de l'Afrique du Nord jusqu'au Nord de l'Europe, en passant par l'Europe méridionale et centrale (CRAMP et SIMMONS, 1977; ITONAGA et *al.* 2010). La plus grande concentration des effectifs de cigogne blanche est localisée dans l'Est et le Centre de l'Europe (SCHULZ, 1998; SHEPHARD et *al.* 2015). La Pologne accueille à elle seule 25% de la population mondiale (SCHULZ, 1998). Cette espèce niche également en effectifs importants dans la partie sud ouest de la péninsule ibérique essentiellement l'Espagne et au Portugal (LAZARO et *al.* 1986; DE BARROS et MOURA, 1989; TORTOSA et *al.* 2002). Quelques individus nichent sporadiquement dans le sud de l'Italie. En France, cette espèce se rencontre principalement dans les régions du Nord-est, en Alsace et Lorraine et sur la façade méditerranéenne et atlantique (HEIM DE BALSAC et MAYAUD, 1962; CRAMP et SIMMONS, 1977; BARBRAUD J.C et BARBRAUD C, 1991; KANYAMIBWA et *al.* 1993). On la trouve également en Suisse (STEINER et SPAARI, 2001; SCHAUB et *al.* 2004) en Belgique (SHEPHARD et *al.* 2015), en Allemagne, en Autriche (CRAMP et SIMMONS, 1977) et du Sud du Danemark jusqu'à St. Petersburg (SCHULZ, 1998).

En Asie, la Cigogne blanche se rencontre en Turquie (Anatolie), en Arménie, à Azerbaïdjan, en Iran, à Israël et au Nord de Bagdad (SUTHERLAND et BROOKS, 1981; SHAMOUN-BARANES, 2006; ANANIAN et *al.* 2007; SCOTT, 2007).

La cigogne blanche niche en Afrique du Nord, du Nord-Ouest Tunisien jusqu'au Sud du Maroc, en passant par l'Algérie. Quelques couples nichent en Afrique du sud (ETCHECOPAR et HÜE, 1964; LEDANT et *al.* 1981; DUQUET, 1990).

2.2. Répartition en Algérie

La Cigogne blanche est plus commune dans la partie méditerranéenne de l'Algérie, des plaines du littoral jusqu'aux Aurès (commune de Batna) en passant par les hauts-plateaux steppiques (MOALI-GRINE et *al.* 2013). Selon ISENMANN et MOALI (2000), l'espèce est plus abondante dans la région Est du pays; riche en zones humides et cultivées; que dans la partie ouest. Au centre, la cigogne blanche est présente de Bejaia à Blida (MOALI-GRINE, 1994; BOUKHEMZA et *al.* 2007). A l'Est, l'espèce niche d'El-Tarf jusqu'à Batna. La population la plus abondante de cigogne blanche est concentrée dans les régions d'EL kala et Mila et dans les régions du Centre, à Sétif (MOALI-GRINE, 1994; DJERDALI, 2010; MOALI-GRINE et *al.* 2013). Un nombre réduit de couples a été signalé à l'Ouest, de Tipaza à Ain-Temouchent.

Au sud, la Cigogne blanche a été signalée à Biskra, à Djelfa, à Aflou, à Ouargla et Tindouf (BOUET, 1956; HEIM DE BELZAK et MAYAUD, 1962).

3. Evolution et tendance actuelle des populations

Durant le vingtième siècle, les effectifs mondiaux de la Cigogne blanche ont été estimés à travers des campagnes de cinq recensements internationaux : 1934, 1958, 1974, 1984, 1994/95 et 2005. Depuis les années 1930, les populations nicheuses ouest européennes et nord africaines ont connues un déclin prononcé (SCHUZ, 1979; BIBER et *al.* 1995; SCHAUB et *al.* 2004; HINSCH, 2006; MASSEMIN-CHALLET et *al.* 2006). En Suisse, la population de cigogne blanche a subit un déclin alarmant. On comptait environ 140 couples au début du siècle, il n'en restait qu'un seul couple vers 1949. L'espèce a complètement disparu de la Suisse vers les années 1950 (MORITZI et *al.* 2001). Elle est moins importante au Danemark, en Hollande et en Allemagne (YEATMAN, 1976). Au milieu des années 1950, la Cigogne blanche a complètement disparue de la faune suédoise avec la dernière tentative de reproduction en 1954 (OLSSON et ROGERS, 2009). Ce même phénomène a pu être observé en Alsace, le nombre de couples nicheurs est passé de 145 couples en 1961 à pas plus de neuf couples en 1974 (SCHIERER, 1986). En Algérie, le premier recensement de l'espèce a été réalisé en 1935 (BOUET, 1936). Les effectifs nicheurs ont connu une baisse similaire à celle observée en Europe occidentale, ils sont passés de 8844 couples en 1955 (BOUET, 1956) à

moins de 1195 couples en 1993 (THOMAS et *al.*1975), soit un déclin de l'ordre de 86.49% (ISENMANN et MOALI, 2000). Dans la vallée de l'Oued Sébaou, en Kabylie, l'effectif de couples nicheurs est passé de 1723 en 1955 à 288 en 1995, soit une diminution de 83,3 % (MOALI-GRINE et *al.* 2004)

Au Sud et à l'Est de son aire de distribution européenne, les populations nicheuses de Cigogne blanche sont beaucoup plus stable (WUCZYNSKI, 1997; JAKUBIEC et GUZIAK, 1998; SCHULZ, 1998; CWIKOWSKI et PROFUS, 2000). Cette stabilité résulte de la diversité des paysages agricoles représentés spécialement par les prairies humides, les pâturages et les terres arables ainsi que la faible utilisation de pratiques d'agriculture intensive à qui s'ajoute des conditions climatiques favorable qui contribuent à la création de nouveaux habitats (DANILUK et *al.* 2006; SÆTHER et *al.* 2006; KOSICKI, 2010).

La différence dans les voies migratoires empruntées par les cigognes de l'ouest de l'Europe et celles de l'est a également contribué à cette augmentation (KANYAMIBWA et *al.* 1993; WHITFIELD et WALKER, 1999; SCHAUB et *al.* 2004).

Après ce déclin inquiétant, cette situation s'est inversée. Depuis le milieu des années 1980, l'effectifs des populations de cigogne blanche n'a pas cessé d'augmenter (Schulz, 1999), Spécialement en Espagne (BERNIS, 1995; MARTI, 1999; JANAUS et STIPNIECE, 2004; OTS, 2009). Entre 1984 et 1995, le nombre de couples nicheurs au niveau mondiale a augmenté de 23% (THOMSEN et HÖTKER, 2006). Selon les résultats du 6^{ième} recensement international, la population mondiale a atteint 230,000 couples nicheurs (DENAC, 2010).

Dans plusieurs pays ouest européens tels que la France, la Suisse, l'Allemagne et les Pays Bas, l'augmentation des effectifs serait le résultat des efforts de réintroduction (BIBER et *al.* 1995; ARAUJO et BIBER, 1997). En France, la mise en place de plateformes artificielles a contribué à l'augmentation des effectifs de couples nicheurs en créant de nouveaux supports de nidification (BARBRAUD J.C et BARBRAUD C, 1991; BARBRAUD et *al.* 1999).

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.

En Algérie, les récents dénombrements effectués au cours des années 1998 et 2001 ont confirmé la tendance à l'augmentation de la population nicheuse de cigogne blanche. Le

nombre de couples reproducteurs est passé de 1195 couples en 1993 à près de 6000 couples en 2001 (MOALI-GRINE, 2007). L'amélioration de la survie chez les adultes et les jeunes serait le résultat d'un effet jumelé des augmentations récentes des précipitations sur les quartiers d'hivernage et de l'amélioration des conditions trophiques dans les aires de reproduction (HINSCH, 2006; MOALI-GRINE, 2007).

Il faut signaler également que depuis les années 1980 un grand nombre de cigognes passent l'hiver dans les lieux de reproduction profitant des décharges pour s'alimenter (TORTOSA *et al.* 2002) et ceci a contribué à l'augmentation des effectifs en évitant les risques de mortalité dus à la migration (MARTINEZ, 1994; TORTOSA *et al.* 1995; VERGARA *et al.* 2006; MASSEMIN- CHALLET *et al.* 2006; ARCHAUX *et al.* 2008; AGUIRRE *et* VERGARA, 2009).

4. Habitat et régime alimentaire

La Cigogne blanche utilise différents types d'habitats. Elle habite fréquemment les milieux découverts, riches en prairies de cultures et de pâtures, à proximité des lacs ou des vallées de rivières. Selon ARAUJO et BIBER (1997), la majorité des populations ouest européennes nichent dans les fermes au dessous de 700 m d'altitude. Cette espèce fréquente les steppes et les savanes et n'entre jamais dans les zones forestières.

La disponibilité des ressources alimentaires dans les zones de reproduction et les quartiers d'hivernages est un facteur déterminant du succès reproducteur et de la survie des populations de cette espèce (PROFUS, 1991; STRUWE et THOMSEN, 1991; TRYJANOWSKI et KUZNIAK, 2002; TORTOSA *et al.* 2003; TRYJANOWSKI *et al.* 2005; SCHAUB *et al.* 2005; MASSEMIN-CHALLET *et al.* 2006; SATHER *et al.* 2006).

La Cigogne blanche est un échassier marcheur qui avance lentement sur des terrains découverts à végétation assez basse (MORITZI *et al.* 2001; LATUS et KUJAWA, 2005) en piquant de côté et d'autre et relevant la tête après chaque capture pour avaler sa proie avec une secousse (GEROUDET, 1978). Chez cet oiseau, le choix des milieux de gagnage est fortement influencé par l'abondance et l'accessibilité aux ressources alimentaires (ALONSO *et al.* 1991). La Cigogne blanche peut se déplacer en moyenne entre 2 et 5 km de son nid pour aller se nourrir (ALONSO *et al.* 1994; MORITZI *et al.* 2001)

En Europe, la Cigogne blanche s'alimente essentiellement dans les prairies et les pâturages humides (LDHMER *et al.* 1980; PINOWSKA et PINOWSKI, 1989; BOHNING-

GAESE, 1992; DZIEWIATY, 1992; CARRASCAL *et al.* 1993; LATUS *et al.* 2005; RACHEL, 2006). En Suisse, les fermes cultivées sont les plus utilisées comme milieu de gagnage (MORITZI *et al.* 2001). Les zones lacustres sont les moins visitées sûrement à cause de la densité de la végétation et la profondeur de l'eau qui inhibe l'accessibilité aux proies (DZIEWIATY, 1992).

En Algérie, les milieux de gagnage les plus utilisés par la Cigogne blanche sont les prairies naturelles et les cultures basses représentées par les cultures céréalières et fourragères. Les terrains labourés et les mares temporaires sont signalés en moindre importance (BOUKHEMZA *et al.* 2006). Dans la région de Tébessa, cette espèce fréquente essentiellement les friches, les immondices, les cultures basses et les milieux fauchés (SBIKI, 2008; BOUKHEMZA *et al.* 2006) signale que dans la région de la Kabylie, la fréquentation des milieux de gagnage par la Cigogne blanche varie d'une saison à l'autre en fonction des disponibilités alimentaires. Au printemps et en été, les cigognes fréquentent surtout les prairies et les champs labourés qui offrent une abondante faune d'Orthoptères et de Coléoptères. En hiver, les biotopes humides et les mares peuvent être visités sporadiquement du fait de leur abondance en Coléoptères aquatiques et en Batraciens.

En plus des milieux naturels, ces oiseaux ont été aussi observés se nourrir sur des déchets de volailles et des dépotoirs dans les régions de Mérouna et Arris par BOUKHTACHE (2009) et par DJERDALI (2010) dans la région de Sétif.

La fréquentation des dépotoirs et des décharges publiques a été également fréquemment signalée en Espagne (MARTINEZ, 1995; TORTOSA *et al.* 1996; 2002; GARRIDO *et al.* FERNANDEZ-CRUZ, 2003; PERIS, 2003; BLAZQUEZ *et al.* 2006) et en Pologne (KRUSZYK *et al.* CIACH, 2010).

Les cigognes avalent leurs proies en entier puis rejettent les débris non digérés, poils, os et cuticules sclérotinisées par le bec sous forme d'agglomérats de quelques centimètres de diamètre appelés pelotes de rejection (ROSIN *et al.* KWIECINSKI, 2011).

Les premières tentatives d'étude du régime alimentaire de la Cigogne blanche l'ont été à partir de l'analyse du contenu stomacal de cigognes blanches tuées ou trouvées mortes. Les observations directes de ces oiseaux dans les milieux de gagnage ont fourni un excellent moyen d'identification du régime alimentaire (PINOWSKI *et al.* 1986, 1991; STRUWE *et al.* THOMSEN, 1991, SKOV, 1999; DOLATA, 2006). Néanmoins, l'analyse du contenu des

pelotes de rejection reste la méthode la plus utilisée (BAUDOUIN, 1973; LAZARO, 1982; KOSICKI *et al.* 2006; CHERIAK *et al.* 2014).

L'écologie trophique de la Cigogne blanche a été largement étudiée en Europe (PINOWSKA *et PINOWSKI*, 1986; DZIEWIATY, 1992; REKASI, 2000; ANTCZAK *et al.* 2002).

En Algérie, plusieurs travaux se sont intéressés à l'étude du régime alimentaire de cette espèce. Dans la région de la Kabylie par BOUKHEMZA *et al.* (1995), FELLAG (1995), (2006), BENTAMER (1998), BOUKHEMZA *et al.* (2007) et DOUADI *et CHERCHOUR* (1998). Dans la région d'Annaba par SAKER (2006). A Batna par DJEDDOU *et BADA* (2006), BOUKHTACHE *et SI BACHIR* (2010) *et CHENCHOUNI et al.* (2015). Dans la région de Tébessa, des études ont été menées par AMARA (2001), SBIKI (2008) *et CHERIAK et BARBRAUD* (2014).

La majorité des travaux réalisés en Europe ont montré que les insectes; représentés essentiellement par les Orthoptères et les Coléoptères; constituent le plus grand pourcentage des proies récolte par la Cigogne blanche (BAUDOUIN, 1973; PINOWSKI *et al.* 1991; ANTEZAK *et al.* 2002; VREZEC, 2009). Elle consomme aussi des amphibiens, des reptiles, des petits mammifères, des poissons, des vers de terre, des crustacées et même des mollusques dont elle casse la coquille avant de les régurgiter (PINOWSKI *et al.* 1991, SKOV, 1991; STRUWE *et THOMSEN*, 1991; DZIEWIATY, 1992; KOSICKI *et al.* 2006; ROSIN *et KWIECINSKI*, 2011). Des restes de poussins d'oiseaux ont été également trouvés dans les pelotes de rejection (ANTEZAK *et al.* 2002).

Toutes les études réalisées en Algérie ont souligné la dominance des insectes dans le spectre alimentaire de la Cigogne blanche (ZENNOUCHE, 2002; BOUKHEMZA *et al.* 2006, BOUKHTACHE *et SI BACHIR*, 2010; CHERIAK *et al.* 2014; CHENCHOUNI *et al.* 2015)

5. Migration et sédentarité

5. 1. Migration

La migration des oiseaux est un phénomène qui a toujours suscité beaucoup d'intérêt de la part des scientifiques (SALEWSKI et BRUDERER, 2007; VAITKUVIENE et *al.* 2014). Chaque année, des milliers d'oiseaux migrent à travers la planète entre les zones de reproduction et les quartiers d'hivernages à la recherche de conditions meilleures pour leur survie (Newton, 2008). Selon BERTHOLD et TERRIL (1991), l'identification des voies migratrices empruntées par les oiseaux est cruciale pour le maintien et la conservation de ces espèces.

Pendant plus d'un siècle, la méthode de baguage a été la plus utilisée pour obtenir des données sur les itinéraires empruntés par les oiseaux en période de migration (BERTHOLD, 1993; SHIMAZAKI et *al.* 2004; JOVANI et TELLA, 2004; BARBRAUD et *al.* 1999). La radio télémétrie a été également utilisée par les ornithologues afin de mesurer les différentes altitudes des vols des oiseaux (SHAMOUN-BARANES et *al.* 2003). Récemment, la télémétrie satellitaire a révolutionné l'étude des déplacements des oiseaux migrateurs. L'utilisation de cette technique a fourni des renseignements précieux sur les voies de migration, les sites de repos et les quartiers d'hivernage de plusieurs espèces d'oiseaux (FULLER et *al.* 1998; BERTHOLD et *al.* 2001; HAKE et *al.* 2001; KANAI et *al.* 2002; PIERRE et HIGUCHI, 2004).

La Cigogne blanche est un oiseau migrateur transsaharien. Ces oiseaux quittent les zones de reproduction entre le début août et la mi-septembre (BERTHOLD et *al.* 2002). Plusieurs travaux ont montré que la Cigogne blanche a avancé son retour vers les lieux de nidification durant ce dernier siècle (PTASZYK et *al.* 2003; TRYJANOWSKI et *al.* 2004; GORDO et SANZ 2006; TRYJANOWSKI et SPARKS 2008; KOSICKI, 2010). Ceci serait probablement le résultat d'une amélioration des conditions climatiques le long des routes de migration et dans les lieux de reproduction (VAITKUVIENE et *al.* 2015). Ces espèces ont un vol plané (VAN DEN BOSSCHE et *al.* 2002, SHAMOUN BARANES et *al.* 2003, PTASZYK et *al.* 2003, KOSICKI, 2010; VAN LOON et *al.* 2011), elles utilisent les courants d'air ascendant dus au réchauffement de la terre par le soleil et emprunte des voies migratrices étroites sur le pourtour de la méditerranée (SCHAUB, 2005; VAN LOON et *al.* 2011).

Les Cigognes blanches d'Europe empreintent deux voies migratrices différentes. La voie occidentale suit un trajet sud-ouest, en passant par la péninsule ibérique, le détroit de

Gibraltar pour hiverner dans l'Ouest Sahélien ou l'Afrique de l'Est (BARBRAUD *et al.* 1999). Les quartiers d'hivernages des populations ouest européennes sont situés entre 12° et 18° de latitude Nord, du Sénégal au Cameroun (TRICOT, 1973). La voie orientale passe par le Bosphore, puis l'Asie mineure et le Sinaï en Egypte sur le trajet d'un courant sud-est pour arriver à l'Est et au Sud de l'Afrique (BERTHOLD, 1993) Les cigognes empruntant cette voie apparaissent dans l'Est du Soudan. Selon Berthold *et al.* (2001), certains individus passent au delà du Soudan et regagnent le Tchad, le Cameroun et même le Nigeria. Le suivie satellitaire a permis de localiser des cigognes blanches arrivant jusqu'à l'Afrique du Sud (SHAMOUN BARANES *et al.* 2003). La population nicheuse de la zone médiane de l'Europe (Pays Bas, Danemark et Allemagne occidentale) se scinde en deux parties, l'une suit une voie sud-ouest, l'autre le sud-est (TRICOT, 1973; DORST, 1962) (Fig. 1).

Afin de regagner le Sahel, les Cigognes blanches de l'Algérie suivent une voie passant par l'Est, en empruntant El Golea, Ain Salah, Arak et Tamanrasset (ISENMANN et MOALI, 2000). Selon HEIM DE BALSAC et MAYAUD (1962), des effectifs importants de Cigogne blanche ont été signalés dans la région de Tindouf pendant la migration.

Après avoir séjourné en Afrique, les cigognes retournent vers les lieux de reproduction en suivant les mêmes voies de la migration de l'automne (GEROUDET, 1978). Les jeunes cigognes ne retournent pas vers les lieux de reproduction avant leur troisième ou quatrième années de vie, âge de l'acquisition de la maturité sexuelle (KANYAMIBWA *et al.* 1990; BARBRAUD *et al.* 1999). Ces oiseaux passent le printemps et l'été au Sud du Sahara (HALL *et al.* 1987).

Les dates d'arrivée vers les zones de nidification varient selon le trajet emprunté. Les cigognes blanches arrivent en Pologne entre le 1^{ier} mars et le 15 avril (KOSICKI, 2010). En France, les couples commencent à s'installer dès le 1^{ier} mars (BARBRAUD *et al.* 1999). En Algérie, l'arrivée des Cigognes blanches est beaucoup plus précoce, cette date se situe entre la fin décembre et le début du mois de janvier et s'étale jusqu' au mi avril (JESPERSEN, 1949).

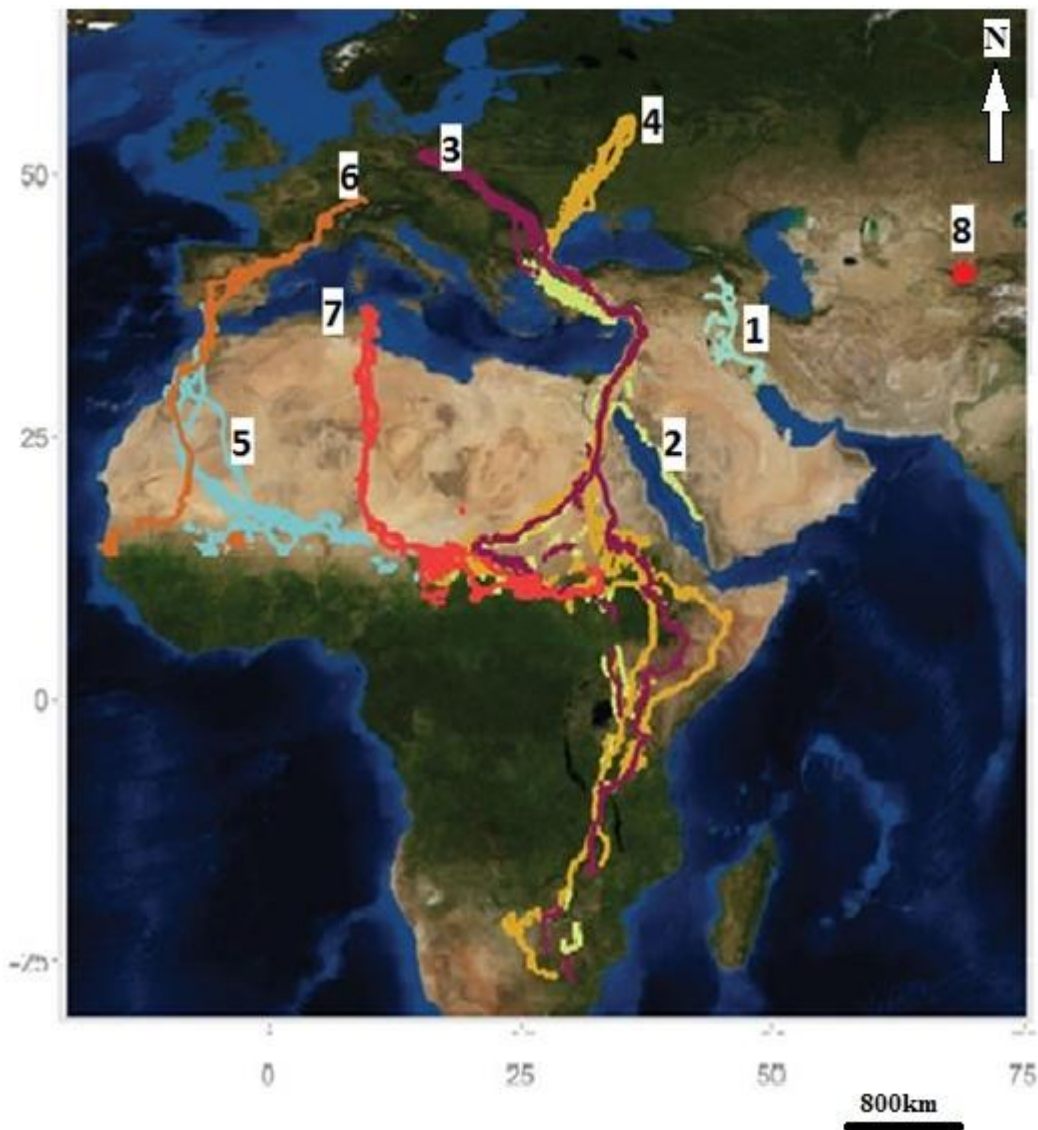
5. 2. Phénomène de sédentarité

Depuis la fin des années 1980, le nombre des Cigognes blanches hivernantes en Europe a augmenté considérablement (BARBRAUD J. C et BARBRAUD C, 1991; BARBRAUD *et al.* 1999 ; SCHULZ, 1998; CHARTIER, 2001; KAYSER *et al.* 2003; SCHAUB *et al.* 2004). Durant cette dernière décennie, plusieurs individus ont été observés

hiverner dans la péninsule ibérique et le moyen orient (TORTOSA et *al.* 1995; FERNANDEZ- CRUZ, 2005). En France, leur nombres est passé de 150 individus en 2003 à 216 en 2006 (ARCHAUX et *al.* 2004; 2008; MASSEMIN-CHALLET et *al.* 2006).

En Algérie, la sédentarité de la Cigogne blanche a été reportée par plusieurs auteurs (SAMRAOUI, 1998; 2002; KHERFI, 2008; DJERDALI, 2010)

Le phénomène de la sédentarité serait du en partie à la présence des décharges à ciel ouvert qui offrent une source alimentaire inépuisable tout au long de l'hiver (TORTOSA et *al.* 1995; 2003; BLANCO, 1996; KRUSZYK et CIACH, 2010). L'hivernage à proximité des territoires de nidification minimise la perte d'énergie et les risques de mortalité dus aux contraintes de la migration et par conséquent augmente le taux de survie des adultes (DOLIGUEZ et *al.* 2004; SCHAUB et *al.* 2004). Le fait de ne pas migrer et de rester près des sites de reproduction durant la saison d'hivernage permet aux adultes d'occuper les meilleurs nids tout au début de la saison de reproduction (ARCHAUX et *al.* 2004).



1: Arménie 2: Grèce 3: Pologne 4: Russie 5: Espagne 6: Allemagne 7: Tunisie 8: Ousbékistan

Figure 1. Comportement migratoire de jeunes cigogneaux issus de huit populations différentes (FLACK et al. 2016)

6. Reproduction

6. 1. Construction du nid

Chez la Cigogne blanche, les mâles arrivent souvent les premiers sur les lieux de reproduction (BARBRAUD *et al.* 1999; TRYJANOWSKI et SPARK, 2008). Les adultes qui arrivent les premiers choisissent les grands nids déjà existants situés en position favorable au centre de la colonie (TRYJANOWSKI *et al.* 2004; VERGARA et AGUIRRE, 2006; NEVOUX *et al.* 2008; SI BACHIR *et al.* 2008). Selon TORTOSA et RODENDO (1992), le succès reproducteur chez la Cigogne blanche peut être positivement corrélé avec la taille du nid. Les nids de plus grand volume donnent un plus grand succès de reproduction que les nids de plus petite taille (TRYJANOWSKI *et al.* 2009; VERGARA *et al.* 2010; DJERDALI, 2013). Se sont surtout les couples qui se reproduisent pour la première fois et qui arrivent au cours de la saison de reproduction qui construisent un nouveau nid (VERGARA *et al.* 2007). Les mâles qui arrivent tôt au début de la saison de reproduction ont plus de chance d'avoir un partenaire en comparaison de ceux qui arrivent les derniers (TRYJANOWSKI et SPARKS, 2008). Le mâle arrivé le premier, est suivie par la femelle une semaine à dix jours plus tard (PROFUS, 1991; BARBRAUD *et al.* 1999). La première femelle qui arrive (Sur le nid) est souvent acceptée par le mâle et un couple saisonnier se forme (DJERDALI, 2010). La construction du nid se poursuit tout au long de la saison de reproduction même après l'envol des poussins (CRAMP et SIMMONS, 1977; BAJERLEIN *et al.* 2006).

La Cigogne blanche construit des nids de grande taille avec une forme circulaire ou ovale sur différents types de supports tels que les arbres, les toits de maisons, les pylônes, les poteaux électriques et les cheminées (KOSICKI *et al.* 2006; TRYJANOWSKI *et al.* 2009; DJERDALI, 2013). Généralement, c'est le mâle qui commence la reconstruction du nid. Il se charge de l'apport de la majorité des matériaux, la femelle aide aussi dans cette opération (SCHULZ, 1998). Les nids sont généralement construits avec des rameaux de bois de 3 à 4 cm d'épaisseur (BAJERLEIN *et al.* 2006). Du fumier et des brindilles sèches sont souvent utilisés et entrelacés pour former une plate-forme solide et large qui protège les jeunes poussins (BOUKHEMZA, 2000). L'intérieur du nid est tapissé de matières plus douces tels que du foin et du gazon (SCHULZ, 1998). On peut même trouver des cheveux humains, des papiers, des sacs en plastique, des fragments de vêtements (TORTOSA et VILLAFUERTE, 1999; BOUKHEMZA, 2000).

Le nid de la Cigogne blanche peut atteindre 80 à 150 cm de diamètre pour une hauteur comprise entre 40 à 120 cm (BAJERLEIN et *al.* 2006). Au début de la saison de reproduction, le centre du nid est creusé d'une dépression de 30 à 40 cm pour déposer les œufs (TORTOSA et VILLAFUERTE, 1999; BAJERLEIN et *al.* 2006). Mais ce creux s'estompe progressivement après l'éclosion des œufs et le développement des poussins. A la base des nids de cigogne blanche, des petits oiseaux peuvent s'installer et construisent leurs propres nids tels que les moineaux, les étourneaux et même des bergeronnettes grises (BOUET, 1936; GEROUDET, 1978).

La Cigogne blanche est une espèce territoriale, fidèle à son nid (BARBRAUD et *al.* 1999; CHERNETSOV et *al.* 2006; VERGARA et *al.* 2006). Selon BOCHENSKI et JERZAC (2006), le couple occupe le même nid que celui de l'année passée. La fidélité au site de nidification peut être une stratégie adaptative des couples les plus expérimentés afin de minimiser les coûts énergétiques liées à la construction du nid et par conséquent, augmenter leur succès reproducteur (reproductive fitness). Mais ces couples doivent aussi défendre le nid parfois (GORIUP et SCHULZ, 1991). Le même nid est réutilisé est rechargé d'année en année. Des nids de 2.5 m de diamètre et deux tonnes de poids ont été reportés (SCHULZ, 1998).

6. 2. Accouplement

La Cigogne blanche est une espèce monogame (ZIELIŃSKI, 2002) qui élève une seule couvée par an (ARNHEM, 1980; TORTOSA, 1992; WHITFIELD et WALKER, 1999). Les deux partenaires restent ensemble (BARBRAUD et *al.* 1999). La maturité sexuelle est atteinte à l'âge de trois ou quatre ans (BARBRAUD et *al.* 1999). Les parades nuptiales sont spectaculaires, le mâle rejette sa tête en arrière sur le dos en claquant du bec, déploie sa queue en éventail et bat continuellement ces ailes. Parfois, la femelle se joint à lui dans cette parade.

Les accouplements se déroulent sur le nid (TORTOSA et REDONDO; 1992). Le mâle debout sautant sur la femelle, il la maintient sur le dos par son bec et s'accroupie par flexion des jambes et en battant les ailes. Les accouplements ne durent jamais plus de quelques secondes (CREUTZ, 1988). La Cigogne blanche est une espèce caractérisée par un taux de copulation très élevé. Selon TORTOSA et REDONDO (1992), le couple peut effectuer jusqu'à 160 copulations, ce taux d'accouplement diminue considérablement une semaine après la ponte des œufs.

6. 3. Ponte et incubation des œufs

En Algérie, la date de ponte s'étale du mois de mars jusqu'au mois d'avril (DJERDALI, 2010). Selon GEROUDET (1978), cette date est plus tardive en Europe. Les œufs sont déposés au mois d'avril ou mai. A l'Ouest de Pologne, la date de ponte varie entre le 7 avril et le 21 mai (KOSICKI et INDYKIEWICZ, 2011). Au Danemark, la ponte ne commence qu'à la deuxième décennie de mai (SKOV, 1991).

La femelle dépose le premier œufs 30 jours après les premiers accouplements (TORTOSA et REDONDO, 1992; BOUKHTACHE, 2007). Chez la Cigogne blanche, la ponte est de 4 œufs par nichée en moyenne (ZIELIŃSKI, 2002; KOSICKI, 2010). Le nombre d'œufs pondus varie généralement entre 2 et 5 œufs (PROFUS, 1991; PROFUS et *al.* 2004; KOSICKI, 2010; KOSICKI et INDYKIEWICZ, 2011). Cependant, des pontes de 6 et 7 œufs ont été également signalées chez cette espèce (ZIELIŃSKI, 2002; MASSEMIN-CHALLET, 2006). Ceci est le cas dans plusieurs régions d'Europe (SCHULZ, 1998). En Algérie, Le nombre d'œufs par ponte oscille entre 2 et 6 œufs (DJERDALI, 2010). Des cas de 8 œufs ont été reportés par SKOV (1999). Les pontes de remplacement sont très rares (GORIUP et SCHULZ, 1991). Les pertes des œufs sont généralement le résultat de disputes entre les intrus qui veulent prendre un nid déjà occupé par un couple (PROFUS, 2006; TOBOLKA, 2011). Les œufs sont généralement pondus à un ou deux jours d'intervalle (ZIELIŃSKI, 2002; TRYJANOWSKI et *al.* 2011). La couvaison débute après la ponte du deuxième œuf (ZIELIŃSKI, 2002). Cette dernière est assurée alternativement par les deux partenaires et dure généralement 30 jours (SCHULZ, 1998).

Les œufs sont de couleur blanche, tirant parfois vers le jaunâtre ou le verdâtre (ETHECOPAR et HUE, 1964). Le taille varie généralement entre 72 mm de long et 51 mm de diamètre (GRAUMANN et ZÖLLICK, 1977; PROFUS, 1991; 2006; DJERDALI, 2010).

Il a été démontré dans quelques travaux que la date et la taille de ponte peuvent être influencées par la date d'arrivée des couples nicheurs et l'abondance de la nourriture dans les zones de reproduction. Les couples de cigognes blanches qui arrivent les premiers aux sites de nidification et ceux qui nichent près des décharges publiques effectuent des couvées précoces d'une plus grande taille par rapport à ceux qui arrivent les derniers (TORTOSA et *al.* 2003; TRYJANOWSKI et *al.* 2004; VERGARA et *al.* 2007; TRYJANOWSKI et SPARKS, 2008; FULIN et *al.* 2009; DJERDALI et *al.* 2008).

6. 4. Eclosion des œufs et développement des poussins

En France, la date d'éclosion des œufs de cigogne s'échelonne de 16 avril au 17 mai (MASSEMIN-CHALLET, 2006). Cette date peut s'étaler jusqu'au 8 juin en Slovénie (FULIN et *al.* 2009). Après l'éclosion, les poussins de cigogne blanche sont nourris par les deux parents jusqu'à ce qu'ils soient capables de quitter le nid vers l'âge de 70 jours de la vie (TORTOSA et RODENDO, 1992). A ce stade, les jeunes cigogneaux dépendent complètement des parents dans leur alimentation et leur protection (TORTOSA et CASTRO, 2003). Jusqu'à l'âge de 10 jours, les poussins sont nourrit chaque heure. A 15 jours de vie, chaque 2 heures et après moins fréquemment.

A l'éclosion, l'homéothermie des poussins n'est pas développée. Avant l'âge de 20 jours de leur vie, les poussins sont très influencés par les conditions environnementales et la plus grande mortalité se produit au cours de cette période (TORTOSA et CASTRO, 2003; JOVANI et TELA, 2004). Ils arrivent à rester en vie et garder une endothermie effective grâce aux soins des parents, à la taille de la couvée et le microclimat à l'intérieur du nid (TORTOSA et VILLAFUERTE, 1999; TORTOSA et CASTRO, 2003).

Les nouveaux poussins éclos sont sans plumes, Le bec est noire, les yeux sont gris et les pattes de couleur jaunâtre. Vers la troisième semaine, les rémiges noires apparaissent et Les poussins sont couverts entièrement de plumes vers l'âge de 45 jours. Les poussins sont nourrit par les deux parents jusqu'à l'envol.

Le nombre de poussins à l'envol varie de 1 à 5 avec une moyenne de 2.7 poussins par nid (OTS, 2009; KOSICKI et INDYKIEWICZ, 2011). L'éclosion est asynchrone (ZIELINSKI, 2002; AGUIRRE et VERGARA, 2007; TRYJANOWSKI et *al.* 2011). Les œufs éclosent approximativement dans l'ordre de leur ponte (TRYJANOWSKI et *al.* 2011). Dans les grandes nichées, la différence d'âge entre le premier et le dernier poussin éclos varie entre 5 et 10 jours (KOSICKI et INDYKIEWICZ, 2011; BENHARZALLAH et *al.* 2015). Au sein de la même couvée, le dernier poussin né est de petite taille et grandit à un taux plus faible par rapport à ses confrères (TORTOSA et REDENDO 1992; BENHARZALLAH et *al.* 2015). Chez cette espèce, les parents ne nourrissent pas les poussins individuellement. Les proies; ajustées à l'âge des poussins; sont régurgitées au milieu du nid (GEROUDET, 1978; TORTOSA et REDENDO, 1992; BOUKHEMZA, 2000; DJERDALI et *al.* 2008). Ces derniers forment un cercle autour du parent nourrisseur et choisissent eux mêmes les proies en mangeant le plus rapidement possible (TORTOSA et REDENDO, 1992). Ce mode de

nourrissage implique qu'il n'y a aucune agressivité entre les poussins de cigogne blanche. En cas de manque de nourriture, les parents doivent eux même réduire la taille de la nichée en tuant et cannibalisant le poussin le plus faible ou en le jetant à l'extérieur du nid (JAKUBIEC, 1991; TORTOSA et REDENDO, 1992; REDENDO et *al.* 1995; ZALENSKI, 2002; DJERDALI et *al.* 2008). La réduction de la taille de la nichée par infanticide parental se produit vers la première semaine de la vie des poussins, assez tôt au cours de la période de développement (TORTOSA et REDENDO, 1992). Donc, la réduction de la taille de la nichée est une stratégie adaptative exercée par les parents le plus tôt possible avant que les poussins entrent dans la phase du stress alimentaire maximum (TORTOSA et REDENDO, 1992).

Chez la Cigogne blanche, les conditions climatiques, température et précipitations, affectent le taux de développement des poussins. Selon KOSICKI et INDYKUISCHE (2011), les températures élevées et les faibles précipitations favorisent un développement rapide des poussins. La disponibilité alimentaire au cours de la saison de reproduction est aussi un facteur déterminant de la survie des poussins chez cette espèce.

7. Facteurs de menace et de mortalité

Les populations européennes de Cigogne blanche ont connue un déclin alarmant depuis le début du vingtième siècle jusqu'aux années 1970 (KANYAMIBWA et *al.* 1990; SENRA et ALES, 1992; JOHST et *al.* 2001; HINSCH, 2006). Cette espèce a même failli disparaître complètement dans plusieurs pays de l'Europe occidentale. Les raisons de ce déclin sont multiples et difficiles à déterminer avec certitude, mais on peut citer les plus connues:

- **Collisions avec des lignes électriques et électrocutions**

Selon GARRIDO ET FERNANDEZ-CRUS (2003), les collisions et les électrocutions liées aux lignes électriques représentent la première cause de mortalité des adultes et des jeunes cigogneaux. Chaque année plusieurs milliers de cigogne blanche meurent par collision ou électrification (BEVANGER, 1998; JANSS, 2000; BEVANGER et BROSETH ,2001; MORITZI et *al.* 2001; GARRIDO et FERNANDEZ-CRUZ, 2003; KALUGA et *al.* 2011). En Europe, 25% des jeunes et 6% des adultes meurent chaque année de l'électrocution et la collision avec des câbles (SCHAUB et *al.*, 2004). Cette espèce anthropophile est particulièrement touchée par les accidents dus aux lignes électrique parce qu'elle utilise les pylônes comme supports pour la construction des nids et pour se poser dessus (RIEGEL et WINKEL, 1971; OATLEY et RAMMENSMEYER, 1988; GARRIDO et FERNANDEZ-

CRUZ, 2003; SCHAUB et al, 2004; TRYJANOWSKI et al. 2006; MARTIN et SHAW; 2010). Le danger existe à la fois pour les espèces en migration et même dans les quartiers d'hivernage. Outre la mortalité directe par électrocution ou collision par lignes électriques à haute tension, la reproduction des cigognes blanches peuvent être affectée par leurs champs électromagnétiques (BALMORI, 2005).

- **Manque des ressources alimentaires par perte des habitats**

Le manque de sources de nourriture due à l'altération des habitats a également contribué à la régression des effectifs de cigogne blanche. L'abondance des ressources alimentaires influence le succès reproducteur de cette espèce (BARBRAUD et al. 1999; DZIEWIATY, 2002; NOWAKOWSKI, 2003; DOLIGUEZ et al. 2004). L'intensification de l'agriculture dans plusieurs zones de reproduction a provoqué un changement d'utilisation des aires d'alimentations ce qui a significativement affecté l'écologie trophique de la Cigogne blanche (DALLINGA et SCHOENMAKERS, 1987; GORIUP et SCHULZ, 1990; HANCOCK et al, 1992). La destruction du paysage naturel (prairies et zones humides) suite au développement intense de l'urbanisation, le changement des pratiques agricoles et l'apparition de nouveaux types de cultures extensives (tournesol, maïs, coton, luzerne) ont également eu un effet néfaste sur l'alimentation de cette espèce (PROFUS, 2006; ARAUJO et BIBER, 1997).

Lorsque les sources de nourriture situées à proximité sont remplacées par des constructions, les distances nécessaires à l'alimentation des oisillons deviennent de plus en plus longues, au point que les adultes ne peuvent plus s'occuper suffisamment de leur progéniture.

La Cigogne blanche est également menacée par le drainage des zones humides et la destruction des marais qui constituent des habitats potentiels pour l'alimentation de cette espèce (TSACHALIDIS et PAPAGEORGIOU, 1996; ONMUS et al. 2012).

- **Perte des sites de nidification**

La Cigogne blanche est une espèce anthropophile. Elle construit de larges nids près des habitations humaines et sur différents types de supports (PROFUS et MIELCZAREK, 1981; TRYJANOWSKI *et al.* 2004; 2005; KOSICKI *et al.* 2007; VERGARA *et al.* 2010). L'urbanisation extensive et la destruction des vieilles habitations ont contribué à la perte de plusieurs types de supports utilisés pour la nidification de cette espèce tels que les arbres, les toits en tuile des fermes et les cheminées (GARRIDO et FERNENDEZ-CRUZ, 2003; TRYJANOWSKI et SPARKS, 2008). Récemment, la Cigogne blanche choisit de plus en plus de construire ces nids sur les pylônes électriques à haute et très haute tension (TRYJANOWSKI *et al.* 2006; MUZINIC et CVITAN, 2001). Cependant, la situation n'est pas complètement sans risque pour ces oiseaux, les cigognes blanches s'électrocutent en touchant les lignes électriques par leurs grandes ailes. Des courts-circuits peuvent également avoir lieu si les branches des nids ou les fientes des oiseaux tombent sur les câbles électriques et provoquent des problèmes opérationnelles et financières pour les compagnies d'électricité (INFANTE et PERIS, 2003; NAVAZO et LAZO, 1999). Dans plusieurs cas, l'homme intervient en détruisant complètement les nids même ceux qui contiennent des poussins.

- **Sécheresse dans les quartiers d'hivernage**

L'impact des conditions environnementales dans les quartiers d'hivernage sur le taux de survie des cigognes blanches a été largement étudié (KANYAMIBWA *et al.* 1990; BARBRAUD J C et BARBRAUD C, 1999; SCHAUB *et al.* 2005; SÆTHER *et al.* 2006). Chez cette espèce, fortement associée aux zones humides, les précipitations sont de bons indicateurs de la disponibilité alimentaire (BARBRAUD *et al.* 1999; SÆTHER *et al.* 2006). Le déclin de la population ouest européenne serait dû principalement à une chute du taux de survie annuelle des adultes consécutive aux fortes sécheresses Soudano-Sahélienne (KANYAMIBWA *et al.* 1990; 1993). Depuis les années 1970, les zones de précipitation, plus précisément, les courbes isohyètes se sont déplacées de 100 à 150 km vers le Sud, réduisant ainsi les habitats favorables aux gagnages des cigognes blanches. Ceci a provoqué un déclin des populations nicheuses d'Algérie et du Sud de Tunisie hivernantes aux Tchad (SIVAKUMAR, 1992; MULLIE *et al.* 1995).

- **Risques d'empoisonnement**

Selon FLACK *et al.* (2016), une partie des populations de cigogne blanche ne tente même pas de migrer vers l'Afrique et hiverne à proximité des grandes villes en Espagne et au

Maroc attirées par les décharges riches en déchets organiques provenant de la consommation humaine. Ce changement d'habitude alimentaire peut provoquer la mort de ces espèces par empoisonnement suite à l'ingestion de déchets non comestibles.

Dans les quartiers d'hivernage, les locustes constituent une source alimentaire importante pour les cigognes blanches. Le contrôle des populations de criquets par les insecticides menace la sécurité alimentaire de ces espèces et risque de les contaminer (DALINGA et SCHOENMAKERS, 1987). En Afrique et notamment au Burkina Faso, ce sont probablement les pesticides utilisés à grandes doses pour éliminer les criquets qui intoxiquent les cigognes et provoquent la rareté de l'espèce dans cette région

Plusieurs études ont mis en évidence l'effet des polluants évacués près des sites de nidification et dans les milieux de gagnage sur la santé et la reproduction des cigognes blanches. Selon SMITS et *al.* (2005), 5% des poussins nés de parents exposés aux métaux lourds présentent des malformations de bec et de tarsi. Dans le même sens, il a été prouvé que l'ADN des adultes de cigogne blanche peut présenter des dommages importants suite à l'exposition aux métaux lourds (PASTRO et *al.* 2001). Selon BAOS et *al.* (2006), une concentration élevée de cuivre (CU) peut diminuer la réponse immunitaire cellulaire chez ces oiseaux. Selon le même auteur (2006), la contamination par le plomb (Pb) altère la réponse adréno-cortico-stéroïdienne au stress. Une étude réalisée plusieurs années après le déversement de la mine de métaux d'Aznalcollar en Espagne a montré que la contamination par les métaux lourds provoque une diminution de la fécondité des femelles de cigogne blanche avec l'âge (BAOS et *al.* 2012).

- **Braconnage**

Malgré les mesures de protection de la Cigogne blanche dans plusieurs pays à travers le monde, le braconnage le long des voies de migration et dans les quartiers d'hivernage reste une cause importante de mortalité de cette espèce (FRY, 1982; THAURONT et DUQUET, 1991). Au Mali, de nombreuses cigognes sont victimes des braconniers. La chasse illégale a contribué également à la régression des effectifs de ces oiseaux dans la région des Pyrénées en France (SERIOT, 1991).

Chapitre 2:
Matériels et méthodes

Chapitre 2. Matériels et méthodes

1. Présentation de la région d'étude

1. 1. Situation géographique

Les caractéristiques physiques et géographiques du milieu; tels que le relief, le réseau hydrographique; la couverture végétale et le climat; influencent énormément la répartition spatiale et le développement des populations nicheuses de la Cigogne blanche.

Le cadre de cette étude couvre la wilaya de Constantine, située à l'est du pays à 430 km de la capitale et à 80 km de la mer. La wilaya se positionne entre 05°00' 06°00' de longitude Est et entre 35°40' et 36°35' de latitude Nord. Elle est délimitée au nord, par la wilaya de Skikda; à l'est par la wilaya de Guelma; au sud par la wilaya d'Oum El Bouaghi et à l'ouest par la wilaya de Mila. Administrativement, la wilaya est composée de 6 daïras et 12 communes.

La wilaya de Constantine s'étend sur une superficie totale (STW) de 2297,20 km² selon le dernier découpage administratif de 1984, soit 0.09 % de l'ensemble de la superficie nationale. Elle occupe une position stratégique dans l'est Algérien en constituant un relais entre le tell et les hautes plaines, un carrefour entre le littoral et le Sahara.

1.2. Relief

La wilaya de Constantine se situe dans la zone centrale des massifs calcaires constantinois (MEBARKI, 1982). Le relief est généralement collinaire mais plus accidenté vers le Nord. Il fait partie de l'atlas tellien est structuré en trois ensembles géographiques distincts:

- **L'ensemble tellien**

Situé au Nord de la wilaya. Il est principalement pénétré par les chaînes calcaires qui annoncent l'influence atlasique. Cet ensemble est caractérisé par un relief très accidenté composé principalement de montagnes et de collines à fortes pentes. Cette partie du tell est dominée par Djebel Chettaba, Djebel Oum Settar, le massif de Djebel El Ouahch et Sidi Driss à l'extrême Nord de la Wilaya.

- **L'ensemble des bassins intérieurs**

Constituée d'une série de dépressions, ces formes sont caractéristiques du bassin néocène de Constantine qui s'étend de Ferdjioua à l'ouest jusqu'à Zighoud Youcef à l'est. Cet ensemble est limité au sud par les hautes plaines. Les bassins intérieurs sont entrecoupés par

la vallée supérieure du Rhumel et celle de Boumerzoug et la vallée inférieure du Rhumel et celle de l'Oued Smendou qui converge avec celle du Rhumel inférieur.

- **L'ensemble des hautes plaines**

Les hautes plaines sont situées au sud-est de la wilaya de Constantine entre les chaînes de l'atlas tellien et l'atlas saharien. Elles s'étendent sur les communes d'Ain Abid, Ouled Rahmoun, El Khroub, Ain Smara ainsi que Ben Badis. Le Bassin de Hamma Bouziane marque la limite entre les massifs intérieurs du tell et le début des hautes plaines. Ces plaines sont d'immenses étendues plates entrecoupées de massifs isolés. Les terres; constituées de sols rouge et brun de glace de quaternaire moyen et récent; sont beaucoup plus réservées aux cultures céréalières.

1. 3. Réseau hydrographique

Vue l'importance de l'eau dans le choix des sites de nidification des populations nicheuses de cigogne blanche, nous avons jugé utile de présenter le potentiel hydrographique de la région d'étude.

La Wilaya de Constantine est drainée par trois Oueds; le Rhumel, le Boumerzoug, et l'Oued Smendou, vers lesquels convergent plusieurs affluents temporaires. L'Oued Rhumel prend sa source dans les hautes plaines sétifiennes, au nord-ouest de la région de Bellâa, à une altitude de 1199 m. Il traverse les hautes plaines Constantinoises avec une orientation sud-ouest, nord-est jusqu'à Constantine. L'Oued Boumerzoug appartient au bassin du Rhumel. Venant du sud-est, Ce dernier confluent à l'amont des gorges de Constantine. L'Oued Smendou, confluent à l'aval des gorges du Kheneg, il est d'une longueur de 56.4 Km. À ces cours d'eau principaux, il faut ajouter les chevelus de chaque Oued, les ravins, les rigoles qui drainent les eaux périodiques, principalement d'origine pluviale (Fig. 2).

1.4. Occupation des sols

La wilaya de Constantine dispose d'un potentiel agricole et rural qui la place parmi les wilayas les plus performantes, notamment en matière de céréalicultures avec les plaines à haut rendement de la région d'Ain Abid. La superficie agricole totale est de 194 599.00 Ha soit (87.30 %) de la surface totale. La superficie agricole utile (SAU) couvre 131 599.00 Ha, soit (67.37 %) de la SAT, dont 128 000 ha en sec, 3000 ha irrigués et 51 664 ha de parcours. La moitié des terres agricoles utiles est consacrée à la culture des céréales, le reste est consacré aux cultures fourragères, légumes secs, cultures maraichères et arboricultures. Les forêts couvrent 8 % de cette superficie et les terres en jachère un tiers (BOULAHIA, 2005).

Le sol de la wilaya de Constantine est caractérisé par une nette dominance de la vocation agricole. Les terres à très haute valeur agricole sont situées au niveau des vallées d'Oued Rhumel et Boumerzoug et les travertins de Hamma Bouziane. Ce type de sol convient à tout type de cultures. Les cuvettes d'Ain Kerma, Ibn Ziad, Zigoud Youcef ainsi que les plaines d'Ain Smara et El Khroub sont constituées de sols argileux et profonds convenables aux grandes cultures. On trouve également des sols marneux ou argileux-gréseux. Ces sols sont de moyenne fertilité utilisés dans la rotation biennale (céréale-jachère).

Les terres à vocation agricole totalisent une superficie de 137 643 ha. Cette valeur se rapproche de l'étendue actuelle de la S.A.U. Les terrains agro-sylvo-pastorales occupent une superficie non négligeable de 75 296 ha (BOULAHIA, 2005).

Les nouvelles orientations en matière de politiques agricoles; visant à relancer la production agricole; ont contribué à la valorisation et la protection des ressources naturelles dans la région. La wilaya dispose actuellement de 4721 exploitations privées, 1178 exploitations agricoles individuelles (EAI) et 420 exploitations agricoles collectives (EAC). L'adoption de ces pratiques agricoles durables; et encouragées par des prêts et des allègements fiscaux accordés aux agriculteurs; a contribué à la préservation et la biodiversité des terres agricoles.

1.5. Climat

Les facteurs climatiques; à savoir la température et les précipitations semble avoir une action fondamentale sur la répartition spatiale, les mouvements de migration ainsi que la reproduction des populations de cigogne blanche.

Pour illustrer le climat de la région d'étude, nous avons tenu compte des données définissant l'écologie générale du milieu comme les températures, les précipitations et la

vitesse du vent. Nous avons présenté les données climatiques sur une période de 11 ans (de 2000 à 2010), dans le but de caractériser le climat général de la région de Constantine. Nous avons présenté également les données climatiques des années d'étude: 2010, 2011, 2012 et 2013 afin de refléter d'une manière plus précise les variations interannuelles. Ces données sont recueillies auprès des services météorologiques de la station d'Ain-El-Bey

1. 5. 1 Températures

Les moyennes des températures mensuelles avec les minima et les maxima, prises sur une période de onze ans (2000-2010) et durant les années d'étude: 2010, 2011, 2012 et 2013 sont représentés dans le tableau 1.

Sur une période de 11 ans (2000-2010), nous constatons que la plus faible valeur de température moyenne est enregistrée au mois de février avec 8,1°C. Par contre, la valeur la plus élevée est signalée au mois de juillet avec 26,9 °C (Tableau 1). Les températures minimales les plus basses sont enregistrées surtout en hiver durant les mois de décembre, janvier et février. Les valeurs minimales enregistrées durant cette période oscillent entre 2 et 3 °C. La saison estivale (juin à août) est la plus chaude, avec une température maximale comprise entre 31 et 35 °C.

Lors de la période de notre étude, nous remarquons qu'il existe des irrégularités dans la distribution des températures d'un mois à un autre et d'une année à l'autre. En 2011,2012 et 2013, c'est le mois de février qui représente le mois le plus froid de l'année, avec une valeur exceptionnelle de 4,3 °C en 2012. Alors qu'en 2010, les températures moyennes les plus basses sont enregistrées au mois de janvier. Les températures maximales les plus élevées sont enregistrées durant le mois d'août et ceci au cours des années 2010, 2011 et 2012. Durant l'année 2013, le mois de juillet est le plus chaud. La température maximale a même atteint une valeur très importante de 37,8 °C en 2012. Cette valeur reste supérieure par rapport aux valeurs enregistrées durant la période de 11 ans.

Tableau 1. Températures mensuelles maximales (M), minimales (m) et moyennes ($M=\frac{M+m}{2}$) en °C dans la région de Constantine.

		Mois											
		JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AUT	SEP	OCT	NOV	DEC
Année													
2010	M	13,1	15,3	17,5	20,4	22,8	29,8	34,9	34,9	28,7	24,0	16,9	14,8
	m	3,5	4,3	4,7	7,8	8,5	13,4	17,3	17,4	14,3	10,4	6,6	3,1
	<i>M</i>	8,3	9,8	11,1	14,1	15,7	21,6	26,1	26,1	21,5	17,2	11,7	8,9
2011	M	13,8	12,3	16,2	21,9	24,2	29,8	35,4	35,7	30,8	22,9	17,9	13,3
	m	2,7	2,0	4,8	7,9	9,9	13,6	18,0	17,7	14,7	10,3	8,0	3,4
	<i>M</i>	8,3	7,1	10,5	14,9	17,1	21,7	26,7	26,7	22,7	16,6	12,9	8,3
2012	M	12,1	8,9	17,3	19,6	26,4	34,9	36,2	37,8	30,2	25,6	19,5	14,2
	m	1,3	-0,4	4,5	6,6	9,5	16,6	19,0	19,5	15,2	12,5	7,7	2,5
	<i>M</i>	6,7	4,3	10,9	13,1	17,9	25,7	27,6	28,7	22,7	19,1	13,6	8,4
2013	M	12,7	11,6	17,8	21,6	24,1	28,8	34,7	33,1	28,9	28,6	15,7	12,9
	m	2,3	1,4	5,7	7,4	9,1	12,0	17,7	16,5	15,7	13,5	6,5	2,3
	<i>M</i>	7,5	6,5	11,8	14,5	16,6	20,4	26,2	24,8	22,3	21,0	11,1	7,6
2000	M	12,3	13,5	17,3	19,9	25,3	31,4	35,3	34,4	28,5	24,7	17,2	13,1
-	m	2,1	2,7	5,0	7,4	11,0	15,2	18,6	18,3	15,1	11,9	6,3	3,5
2010	<i>M</i>	7,2	8,1	11,1	13,6	18,1	23,3	26,9	26,3	21,8	18,3	11,7	8,3

1. 5. 2. Précipitations

Les précipitations moyennes mensuelles enregistrées durant la période 2000-2010 et les quatre années d'étude 2010, 2011, 2012 et 2013 sont consignées dans le tableau si dessous.

L'analyse de ces résultats montre que les précipitations sont irrégulières, mais réparties et constituées surtout de pluies d'hiver et de printemps. Pour la période allant de 2000 à 2010, nous constatons que la moyenne des précipitations (501,9) a nettement baissé par rapport à la période allant de 1913 à 1938 (moyenne de SELTZER 525.4 mm).

L'année 2011 est la plus pluvieuse avec un total de précipitation de 571,8 mm. Le total annuel des précipitations enregistrées pour les années 2010, 2011, 2012 et 2013 est très bas en comparaison avec la moyenne de SELTZER (1949). Au cours des années 2011, 2012 et 2013, le mois de février est le plus pluvieux avec des moyennes variant entre 100 et 175mm. Pour l'année 2010, ce sont les mois de novembre et de janvier qui enregistrent les hauteurs de pluie les plus importantes.

Tableau 2. Hauteurs des précipitations exprimées en mm dans la région de Constantine

Année	mois												Total
	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AUT	SEP	OCT	NOV	DEC	
2010	74,0	30,5	46,9	67,2	50,0	16,5	2,0	8,0	37,3	48,1	76,4	33,7	490,6
2011	8,0	174,5	65,4	66,4	40,6	24,2	7,0	5,2	13,4	87,0	26,8	53,3	571,8
2012	34,6	104,6	52,0	68,4	19,5	6,2	1,8	10,5	36,2	33,4	29,4	19,0	415,6
2013	64,0	111,9	47,4	31,0	10,0	17,0	2,6	36,0	23,0	26,8	86,2	29,6	485,5
2000-2010	71,1	36,5	48,1	56,0	48,5	12,0	4,6	16,5	44,2	32,7	50,7	81,0	501,9

1. 5. 3. Vents

La vitesse du vent enregistrée dans la région d'étude reste faible. Les vents dominants ont une direction sud-ouest et ouest. La vitesse moyenne du vent enregistrée durant la période d'étude qui s'étale de 2010 à 2013 reste supérieure par rapport à celle enregistrée pour la période allant de 2000 à 2010 (2,30 m/s).

Tableau 3. Moyenne des vitesses mensuelles du vent en m/s dans la région de Constantine.

Année	Mois											
	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AUT	SEP	OCT	NOV	DEC
2010	3,8	3,9	2,5	2,2	2,8	2,8	2,5	2,5	2,6	2,7	3,8	3,1
2011	2,2	3,6	2,8	2,5	2,6	2,4	2,8	2,4	2,4	2,4	3,2	2,6
2012	2,5	3,1	2,6	3,4	2,5	2,7	2,9	2,3	2,8	2,7	2,6	2,6
2013	4,0	4,0	4,1	3,4	3,2	3,1	2,9	2,7	2,5	2,1	3,7	1,9
2000-2010	2,4	2,7	2,4	2,6	2,3	2,3	2,4	2,3	2,0	2,0	2,4	2,5

Les vents enregistrés au cours de l'année 2013 sont plus violents par rapport aux autres années d'étude. La vitesse du vent est plus importante durant la période hivernale. En été, la région de Constantine connaît des vents forts du Sirocco, très desséchants.

1. 5. 4. Synthèse climatique

Le diagramme ombrothermique de Begnouls et Gausson (1957) et le climagramme d'EMBERGER (1955), nous permettent d'avoir une idée sur les caractéristiques climatiques de notre région d'étude.

1. 5. 4. 1. Diagramme de Begnouls et Gausson

Cette représentation schématique du climat nous permet de localiser les périodes sèches et humides. On trouve sur le même graphique deux courbes, l'une thermométrique représentant les températures moyennes mensuelles en °C (T), l'autre désigne la pluviométrie mensuelle (P) exprimée en mm. Les données des précipitations sont représentées sur l'axe des ordonnées sur une échelle double de celle de la température. Selon DAJOZ (1985), on peut reconnaître les mois secs lorsque la courbe des précipitations rencontre celle des températures et passe au dessous de cette dernière ($P < 2T$).

Nous avons établi le diagramme ombrothermique pour la période de 2000 à 2010. Nous avons également dressé des diagrammes pour les années 2010, 2011, 2012 et 2013 afin de mettre en évidence les variations annuelles des périodes sèches et humides durant les années d'étude (Fig. 3).

Sur des données de 11 ans, le graphe de Begnoul et Gausson montre que la période sèche est courte. Elle s'étale du mois de juin jusqu'au mois de septembre. La période humide est beaucoup plus importante, elle couvre une durée de huit mois, du mois d'octobre jusqu'au mois de mai avec un pic du mois de décembre jusqu'au mois d'avril

Au cours des quatre années d'étude, l'année 2013 paraît la plus sèche avec une période de sécheresse qui s'étale du mois de mars jusqu'au mois d'octobre. La période humide ne dure que 4 mois. Par contre, en 2011, la période humide s'établit durant 9 mois (Fig. 3)

1. 5. 4. 2. Climagramme d'Emberger

Le climagramme d'Emberger (1955) est un abaque qui nous permet de déterminer l'étage bioclimatique de notre région d'étude à partir du calcul de la valeur du quotient pluviométrique d'Emberger (Q). Cette valeur est estimée à partir de trois variables: la température moyenne maximale du mois le plus chaud (M), la moyenne minimale du mois le plus froid (m) en degrés Celsius et la pluviosité moyenne annuelle (P) en mm

$$Q = \frac{P}{2\left(\frac{M+m}{2}\right) \times (M-m)} \times 100$$

Pour la période s'étendant de 2000/2010, où $P= 501,9$ mm, $M= 35,3^{\circ}\text{C}$ et $m = 2,1^{\circ}\text{C}$, le quotient pluviométrique (Q) est de 40,42. Si l'on reporte la valeur du Q et m sur le climagramme d'Emberger nous pouvons déduire que la région de Constantine se trouve dans l'étage semi-aride à hiver frais. Cette région est soumise à l'influence du climat méditerranéen caractérisé par des précipitations irrégulières, et une longue période de sécheresse estivale. Ce climat est marqué par sa continentalité car Constantine est située à 80 Km de la mer.

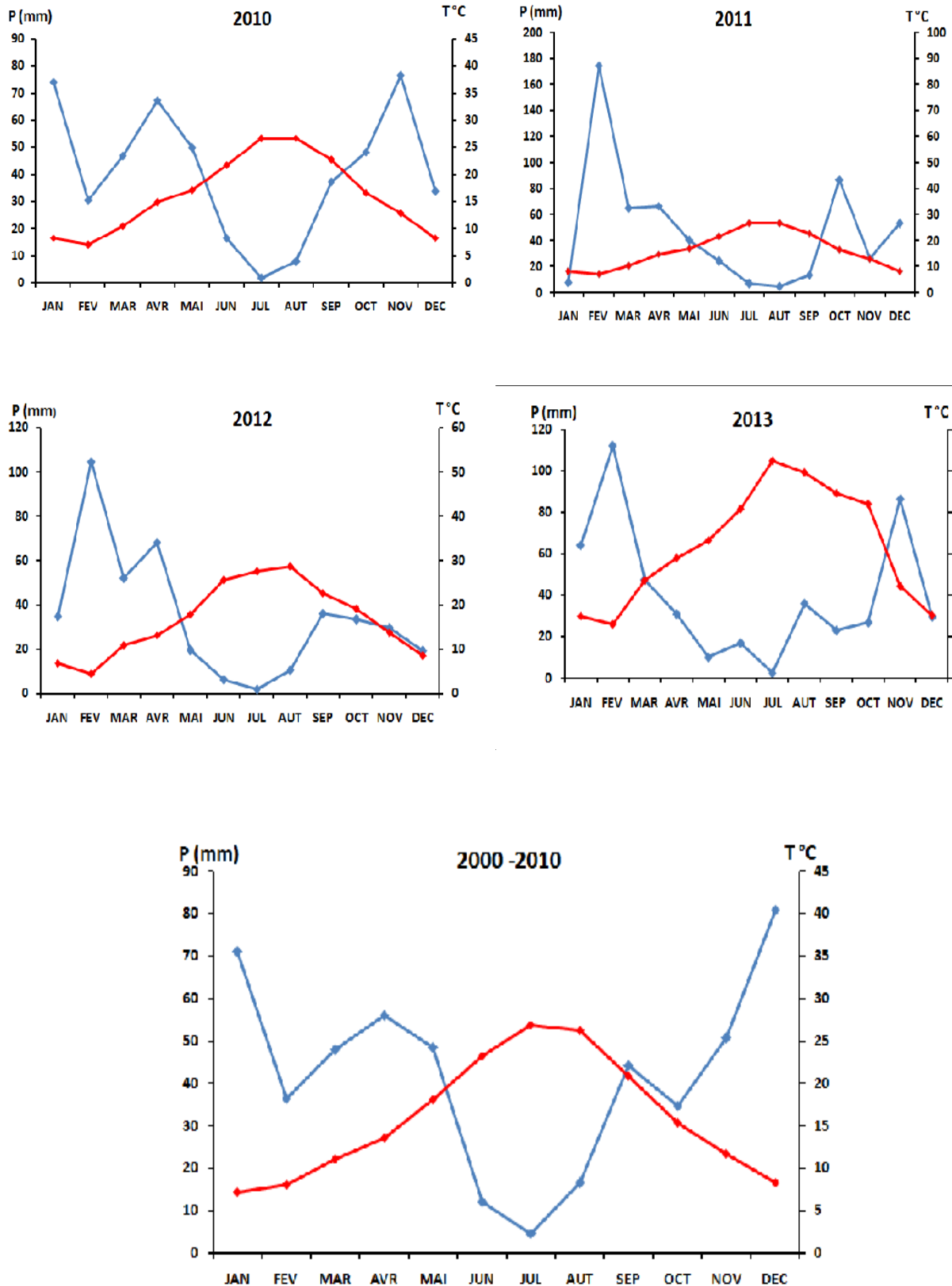


Figure 3. Diagrammes ombrothermiques de la région de Constantine pour les années 2010, 2011, 2012 et 2013 et pour la période 2000-2010.

2. Méthodes d'étude

2. 1. Suivi des populations nicheuses

2. 1. 1. Recensement des nids

A l'instar de son expansion géographique mondiale, les effectifs des populations nicheuses de cigogne blanche en Algérie ont connu une augmentation similaire (*cf* Chapitre I). Un des objectifs de cette thèse est de mettre en lumière la structure et l'organisation des peuplements de Cigogne blanche dans la région de Constantine. Afin de réaliser cet objectif, un recensement exhaustif de la population nicheuse de Cigogne blanche a été réalisé durant quatre saisons de reproduction 2010, 2011, 2012 et 2013. Le recensement a cerné tout le territoire de la wilaya Comportant 6 daïras et 12 communes. Au cours de l'année 2010, la période du recensement s'est étalée du 15 au 30 juillet 2010. Pour les années 2011, 2012 et 2013, les recensements ont été effectués du 1 au 15 juin. Lors de cette période, les poussins deviennent visibles dans les nids sans être confondus avec les parents grâce à la couleur noir du bec et des tarsi qui les différencie des adultes (DJERDALI, 2010).

Le dénombrement des adultes et des poussins a été réalisé pendant toute la journée, en assurant plusieurs visites pour le même endroit. Selon AGUIRRE et VERGARA (2009), cette méthode s'avère être plus fiable pour donner des résultats plus précis sur le nombre de jeunes et d'adultes dans chaque nid recensé. Les déplacements ont été effectués à l'aide d'un véhicule, le contact des gens nous amène aux nids des Cigognes blanches. Lors de chaque observation plusieurs paramètres ont été prélevés:

- 1- Numéro du nid
- 2- Date du recensement
- 3- Daïra
- 4- Commune
- 5- Nom de la localité
- 6- Le type de support
- 7- La hauteur maximale du support
- 8- La hauteur de nid par rapport au sol
- 9- La position horizontale du nid au sein du support :(en cas des nids bâtis sur les arbres)
 - 1- Nid construit au centre de l'assise de base du nid
 - 2- Nid installé près de l'assise de base
 - 3- Nid bâti tout à fait dans la partie extérieure de l'assise de base (périphérie)
- 10- L'état du nid (occupé ou non occupé)

- 11- Le nombre des nids de la colonie
- 12- Localisation de la colonie par rapport à la ville
- 13- Type de la colonie (monospécifique ou plurispécifique)

2. 1. 2. Paramètres de reproduction

Les paramètres de la reproduction ont été décrits en suivant les abréviations standards internationales (SCHULZ, 1999; DJERDALI, 2010).

HPa: Nombre de couples occupant un nid durant au moins 4 semaines au cours de la saison de reproduction

HPm: Nombre de couples ayant produit au moins un jeune à l'envol

HP0: Nombre de couples n'ayant pas produit de jeunes à l'envol

StD: Densité de la population nicheuse par 100 km² de terre agricole utile.

JZG: Nombre total des poussins à l'envol, c'est la productivité

JZa: Nombre moyen des poussins à l'envol par rapport à la totalité des couples nicheurs,

JZm: Nombre moyen des poussins à l'envol par rapport aux couples nicheurs reproducteurs, il représente le succès de la reproduction: $JZm = JZG/HPm$

2. 1. 3. Densité des populations

La densité de la population nicheuse correspond au nombre de couples occupant un nid durant au moins quatre semaines au cours de la saison de reproduction (HPa) par rapport à la surface des terres classées utiles à l'agriculture. La SAU de la wilaya de Constantine étant de 131096 km².

2. 2. Etude de la biologie et de l'écologie de la reproduction

2. 2. 1. Présentation générale des sites de colonies

L'étude de la biologie de reproduction de la cigogne blanche dans la région de Constantine a été réalisée durant trois saisons de reproduction 2011,2012 et 2013. Afin de réaliser ce travail, trois colonies différentes ont été choisies. Au cours de chaque saison de reproduction, un total de 43 nids ont été visités régulièrement depuis le mois de janvier jusqu'au mois d'août, date du départ du dernier couple nicheur.

- **La première colonie:** est située à Massine à l'Est de Constantine à 6° et 45' E et 36° et 19' N à 736 m d'altitude. C'est une ferme d'élevage de bovins, entourée de champs de céréales et de cultures maraîchères bien irrigués durant toute la période de reproduction. Une vingtaine de nids sont bâtis sur des murs en ruine de 6 à 7 m de hauteur d'une ancienne ferme. 18 nids ont été visités durant chaque année d'étude (2011, 2012 et 2013).
- **La deuxième colonie:** est celle de Guigaya Achour, située au sud-ouest de la wilaya de Constantine à 6° et 27' E et 36° et 15' N. Cette localité à vocation agro-pastorale se trouve dans des agglomérations de plusieurs habitations, entourés de fermes d'élevage de bovins, de champs de céréales et de cultures maraîchères. Un total de 35 nids sont bâtis sur des arbres de Caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) et de Pin d'Alep (*Pinus halepensis M.*), des poteaux et sur des toits en tuile de maisons. 15 nids ont été visités régulièrement; chaque année; durant la période d'étude.
- **La troisième colonie:** est celle de Khennaba. C'est une colonie de 35 nids localisés dans un village à l'Est de la wilaya de Constantine à 6°et 51' E et 36° et 18' N. Cette région est entourée de terrains agricoles de céréales et de cultures maraîchères. Les nids sont construits sur des poteaux électriques et des chênes verts (*Quercus ilex.*). Cette colonie est située à 1 km de la décharge à ciel ouvert de la commune de Ben Badis. 10 nids ont été prospectés au cours de chaque saison de reproduction.

2. 2. 2. Cycle biologique

Au cours de chaque saison de reproduction, nous avons noté les différentes dates concernant les stades phénologiques de la Cigogne blanche dans les trois colonies d'étude. Ainsi, nous avons noté les dates d'arrivée et de départs, les dates de ponte et d'éclosion des œufs et la date d'envol des poussins.

2. 2. 3. Chronologie d'installation et caractéristiques des sites de nid

Afin de déterminer la chronologie d'installation, les trois colonies ont été visitées chaque jour depuis le début du mois de janvier, date d'arrivée des premiers couples nicheurs, jusqu'à l'occupation de tous les nids des trois colonies. Afin d'accéder aux nids, nous avons utilisé une échelle métallique de 8 m de long. Les nids situés à plus de 8m de hauteur ont été prospectés en utilisant un camion nacelle mis à notre disposition par les autorités des communes. Les nids ont été marqués en utilisant des étiquettes en plastique numérotés par un marqueur indélébile.

Pour chaque nid, nous avons noté le type et la hauteur du support porteur ainsi que sa position verticale (hauteur par rapport au sol). La position horizontale (par rapport au tronc) des nids bâtis sur les arbres a été relevée selon la description établie par HAFNER (1977): (1) contre le tronc principale, (2) sur les fourches solides des branches principales, (3) sur les branches secondaires, (4) tout à fait dans la partie extérieur de l'arbre. La surface du nid a été estimée en utilisant la formule $[\pi \times (\text{longueur}/2) \times (\text{largeur}/2)]$. En sachant que la longueur est la mesure la plus longue du nid et la largeur est la mesure de son axe perpendiculaire (VERGARA et al. 2010). La première date d'occupation du nid est définie comme étant le premier jour où un individu a été vu perché, ou défendre un nid déjà existant ou en train de construire un nouveau (VERGARA et al. 2007). La date de ponte est définie comme la date à laquelle le premier œuf est pondu. La date d'éclosion correspond à la date à laquelle le premier poussin éclos dans le nid. La date d'occupation du nid, les dates de ponte et d'éclosion ont été converties en jours juliens (jours après 31 décembre).

2. 2 .4. Suivi du contenu des nids

Afin de reporter la taille de ponte, et le nombre de poussins éclos, le contenu de chaque nid a été prospecté chaque deux à trois jours. Au cours de la saison de reproduction 2013, les sorties ont été réalisées chaque jours dans la colonie de Massine pour prendre les mesures biométriques des poussins jusqu'à l'âge de 50 jours. Il est important de signaler qu'aucun cas d'abandon de nichée (brood abandonment) due à nos visites n'a été observé. La taille de ponte correspond aux nombres d'œufs trouvés dans le nid une fois la ponte terminée (KOSICKI et INDYKIEWICZ, 2011). La ponte est considérée comme terminée lorsque le même nombre d'œufs est trouvé dans le nid au moins au cours de cinq visites successives. Les œufs ont été numérotés suivant l'ordre de ponte en utilisant un marqueur indélébile. Chez la cigogne blanche, la période moyenne d'incubation est de 30 jours (SCHULZ, 1998). Après 28 jours d'incubation, les nids sont prospectés chaque deux jours afin de déterminer la date

d'éclosion et la taille de nichée (brood size). La taille de nichée correspond au nombre de poussins éclos dans le nid. Le succès d'éclosion est défini comme étant le rapport entre le nombre d'œufs pondus et le nombre de poussins éclos dans chaque nid.

Le succès d'élevage est estimé par le rapport entre le nombre d'œufs éclos et le nombre d'œufs pondus. La productivité est défini comme étant le nombre de poussins à l'envol par nid. Le succès de reproduction est le rapport du nombre de jeunes envolés sur le nombre d'œufs pondus. Les poussins sont considérés comme étant envolés 40 jours après l'éclosion (VERGARA, 2010; SI BACHIR *et al.* 2012).

La réduction de la nichée (brood reduction) correspond à la mort d'un ou plusieurs poussins par cannibalisme (siblicide) ou par famine (starvation) (CASADO *et al.* 2008). Chez les oiseaux, ces deux phénomènes peuvent être exercés par les parents afin de contrôler la taille de la nichée. Dans le présent travail, la réduction de la nichée est estimée par le nombre de poussins perdus au cours de la période qui s'étale entre l'éclosion et l'envol des poussins. L'asynchronie correspond à la période (en jours) durant laquelle tous les œufs de la même nichée éclosent (BARBA *et al.* 1993).

Les mesures de la longueur et du diamètre le plus long des œufs, sont réalisés à l'aide d'un pied coulisse de 0.1mm de précision. Le poids a été pris en utilisant une balance de précision de 1g. Les mensurations et les pesées ont été réalisées au maximum 2 jours après la ponte.

Le calcul du volume des œufs est estimé à partir de la formule:

$EV = 1.1203 + 0.4820D^2 * L$ (BOGUCKI et OŠGO, 1999) sachant que:

EV : Volume estimé (cm³)

D : diamètre de l'œuf (mm)

L : Longueur de l'œuf (mm)

1.1203 et 0.4820 sont des coefficients spécifiques à la Cigogne blanche.

2. 3. Etude de la croissance des poussins

Le but de cette étude est d'estimer les paramètres de croissance des poussins de Cigogne blanche dans une région semi-aride (wilaya de Constantine). Afin de réaliser ce

travail, les données morphométriques prises sur chaque poussin à différents stades d'âge ont été utilisées en combinaison à des modèles de croissance, pour estimer les paramètres de croissance de la masse corporelle, la longueur du bec, du tarse et de l'aile.

Dans une seconde approche, nous avons examiné l'effet de la date d'occupation du nid, l'asynchronie, l'ordre d'éclosion et la réduction de la nichée sur les paramètres de croissance du poids et de la longueur du bec, du tarse et de l'aile.

2. 3. 1. Mesures morphométriques et variables explicatives

L'étude des paramètres de croissance des poussins a été menée durant la saison de reproduction 2013, dans la colonie de Massine. Un total de 18 nids ont été visités chaque jour depuis le 5 janvier jusqu'au 15 juillet (date d'envol du dernier poussin) afin de reporter les variables suivantes : la date d'occupation du nid, la surface de l'aire du nid, les dates de ponte et d'éclosion, la taille de ponte, le nombre de poussins éclos, la productivité, l'asynchronie et la réduction de la nichée. Après l'éclosion, les mesures morphométriques de chaque poussin à savoir; le poids, la longueur du bec, du tarse et de l'aile; ont été prises sur un intervalle de trois jours depuis le premier jour de vie jusqu'à l'âge de 50 jours. Avant 15 jours de vie, le poids des poussins a été mesuré en utilisant une balance électronique à ± 1 g de précision. Nous avons utilisé une balance à ressort (Pesola) à ± 50 g de précision pour peser les poussins plus âgés. Les mesures de la longueur du bec, depuis la base des plumes jusqu'à la pointe de la mandibule supérieure (± 0.01 mm); de la longueur du tarse, depuis le milieu de l'articulation inter-tarsienne jusqu'à l'extrémité distale tarso-métatarsienne (± 0.01 mm); et la longueur de l'aile plié ont été prises en utilisant un pied à coulisse électronique. Après l'âge de 35 jours, nous avons utilisé une règle graduée (± 1 mm) pour mesurer la longueur de l'aile.

2. 3. 2. Modélisation des données de croissance

Chez les oiseaux, les équations mathématiques généralement utilisées pour décrire les courbes de croissance sont les fonctions de Von Bertalanffy, Gompertz et le modèle logistique (RICKLEFS, 1983). Ces modèles comportent des paramètres permettant d'effectuer des inférences sur le processus de croissance biologique (SENGUL et KIRAZ, 2005). Dans la présente étude, nous avons opté pour le modèle de Richards (RICHARDS, 1959). Le modèle de Richards est une forme générale d'une famille d'équations qui décrit la croissance à l'aide de 4 paramètres (ZACH et *al.* 1984). L'équation de Richards se présente comme suit:

$$Y_t = A / (1 + \lambda e^{-K(t-T)})^{(1/\lambda)}$$

Y_t est la masse ou la longueur mesurée à l'âge t . A est la valeur asymptotique (g ou mm), t est l'âge du poussin (jours), K est une constante caractéristique de la de croissance, elle indique la vitesse à laquelle le poids ou la longueur se

rapproche de la valeur asymptotique A (jours⁻¹) et T est le point d'inflexion au quel le maximum du taux de croissance est atteint (jours). λ est un paramètre qui désigne la courbe. Si $\lambda=1$, l'équation de Richards devient le modèle logistique $Y_t = A/(1 + e^{-K(t-T)})$. Si λ tend vers 0, l'équation de Richard devient le modèle de Gompertz $Y_t = e^{-e^{-K(t-T)}}$. Si $\lambda = -1$, l'équation de Richards devient le modèle de Von Bertalanffy $Y_t = A(1 - e^{-K(t-T)})$. La courbe de croissance de Richards a été premièrement appliquée pour estimer les paramètres du poids, de la longueur du tarse et de l'aile pour chaque poussin en utilisant la technique des moindres carrés pondérés. Le modèle le plus adéquat (Gompertz, logistique ou Von Bertalanffy) a ensuite été sélectionné pour chaque poussin en fonction de la valeur estimée de λ (0, 1 ou -1). Les estimations ont été réalisées avec un interval de confiance de 95%. Les individus dont les modèles de croissance ne convergeaient pas; par manque des données, ont été exclus (n= 15 poussins). L'équation de Von Bertalanffy a été uniquement sélectionnée pour un nombre réduit de poussins. Chez certains individus, cette fonction ne décrit pas convenablement les paramètres de croissance à cause de la surestimation de la valeur asymptotique. Dans ce cas, nous avons appliqué un modèle logistique pour estimer les paramètres de croissance de ces individus. K dépend d'une certaine mesure de la qualité d'ajustement des modèles ci-dessus aux données de croissance, nous avons jugé utile d'utiliser une mesure indépendante ; le temps nécessaire pour passer de 10 à 90% (t_{10-90}) de la valeur asymptotique de la masse corporelle, de la longueur de l'aile et du tarse (RICKLEFS, 1968).

Après une inspection visuelle des données, il apparaît que la courbe des paramètres de croissance de la longueur du bec en fonction de l'âge des poussins suit un modèle linéaire. Par conséquent, les données de croissance de la longueur du bec ont été traités par une fonction linéaire $BL = bt + a$. Sachant que:

BL: est la longueur du bec (mm)

t : est l'âge du poussin (jours)

a et b sont les paramètres de croissance linéaire

Dans une seconde étape, nous avons examiné l'effet la date d'occupation du nid, la date et la taille de ponte, l'éclosion asynchrone, la réduction de la nichée, le rang des poussins et l'identité du nid sur les paramètres de croissance du poids et de la longueur du bec, du tarse et de l'aile.

2. 4. Traitements statistiques

2. 4. 1. Paramètres de reproduction

Afin de tester la relation entre les différentes variables de reproduction telles que le succès de reproduction (JZm) et le nombre de couples reproducteurs ayant réussi leur reproduction (HPm), l'aire du nid et la date d'occupation de ce dernier ainsi que le volume et la masse des œufs nous avons utilisé la corrélation de Spearman lorsque les variables ne suivent pas une loi normale et la corrélation de Pearson en cas de normalité des variables.

Des analyses de la variance (ANOVA) à un facteur sont utilisées pour tester l'effet d'un facteur catégoriel sur des variables dépendantes (à expliquer).

Nous avons utilisé le test de Wilcoxon pour comparer l'aire des nids entre le début et la fin de chaque saison de reproduction 2011, 2012 et 2013.

Les effets de l'année, du type de station, de la date d'occupation du nid et des caractéristiques du site du nid; à savoir la taille du nid ainsi que le type et la hauteur du support ont été testés sur la taille de ponte, la taille de nichée, la productivité, le succès d'éclosion, le succès d'envol et le succès reproducteur en utilisant un modèle linéaire mixte généralisé (GLMMs) avec le nid comme facteur aléatoire, l'année et la station comme facteur fixes et la taille du nid, le type et la hauteur du support comme covariables.

2. 4. 2. Paramètres de croissance des poussins

Premièrement, nous avons appliqué une corrélation de Spearman entre les différentes variables explicatives susceptibles d'influencer les paramètres de croissance des poussins de cigogne blanche à savoir: la date d'occupation du nid, la surface du nid, les dates de ponte et d'éclosion, la taille de ponte, le succès d'éclosion, la productivité, l'asynchronie et la réduction de la nichée. Cette procédure analytique a été appliquée afin de vérifier la colinéarité entre les variables utilisées. A cause de la corrélation élevée entre plusieurs covariables utilisées (*cf* Résultats obtenus), nous avons utilisé une analyse en composante principale (ACP) afin de trouver un ensemble réduit de combinaisons linéaires entre les covariables décorrelées les unes des autres et les combiner en covariables synthétiques indépendantes. L'analyse en composante principale (ACP) restructure un ensemble de données contenant plusieurs variables corrélées entre elles en plus petits ensembles de composantes des variables initiales. Les ensembles des composantes ne sont pas corrélés entre eux contrairement aux variables de chaque ensemble (LEZZONI et PRITTS, 1991). Cela permettra d'éviter la multicollinéarité et de limiter la répétition des tests (DONÁZAR et

CEBALLOS, 1989; VÉRAN et *al.* 2007). Dans notre cas, les trois premières composantes principales ont été utilisées en alternative des variables explicatives d'origines (*cf* Résultats obtenus).

Après ordination par ACP, l'effet des nouvelles variables reproductives représentées par les trois premiers axes de l'ACP sur les paramètres de croissance a été testé en utilisant un modèle linéaire mixte généralisé (GLMM) avec l'identité du nid comme facteur aléatoire et l'ordre d'éclosion (le rang) comme facteur fixe. Parce que plusieurs tests ont été effectués sur les mêmes ensembles de données en dépit de la PCA, nous avons utilisé la procédure de Benjamini-Hochberg (BH) pour contrôler le taux de faux positifs. L'effet de l'identité du nid (comme facteur aléatoire) a été testé en comparant la valeur du AIC entre les différents modèles appliqués en incluant/ ou non l'effet du nid (GLMM and GLM). Nous concluons qu'il y'a un effet du nid sur les variables expliquées quand la valeur du AIC calculée par GLM est plus élevée que celle calculée par GLMM.

La corrélation de Spearman et l'ACP ont été effectuées en utilisant STATISTICA 2014, GLM et GLMM ont été réalisés en utilisant le package nlme du logiciel R. La validation des modèles ajustées a été réalisée par la visualisation des résidus normalisés et les diagrammes quantile-quantile (QQ PLOTS).

Chapitre 3: Résultats

Chapitre 3. Résultats

1. Paramètres démographiques des populations de Cigogne blanche dans la région de Constantine.

1.1. Importance numérique et dynamique de la population nicheuse entre 2010 et 2013.

Un recensement exhaustif de la population nicheuse de Cigogne blanche a été réalisé durant quatre saisons de reproduction de 2010 à 2013 sur l'ensemble du territoire de la wilaya de Constantine qui couvre une surface de 2,197 km². Le nombre moyen \pm SD de couples nicheurs (HPa) est de 1087 ± 53 . Cet effectif a augmenté sensiblement (d'environ 12 %), passant de 1025 nids occupés en 2010 à 1149 nids en 2013 (Tableau. 4). Le nombre moyen \pm SD de couples ayant produit au moins un jeune à l'envol (HPm) est de $994,5 \pm 82,50$. Simultanément aux nombre de couples nicheurs, le nombre de couples qui se sont reproduit avec succès a augmenté durant la période de recensement, il est passé de 902 en 2010 à 1090 en 2013. Contrairement, le nombre de couples nicheurs sans jeunes à l'envol (HPo) a sensiblement diminué d'une année à l'autre, le plus grand nombre a été signalé en 2010 avec 7.02%, le plus faible nombre a été enregistré au cours de l'année 2013 avec un pourcentage de 4.52 % (Tableau. 4)

Tableau 4. Paramètres démographiques des populations nicheuses entre 2010 et 2013

Année	HPa	HPm	HPm%	HPo	HPo%	HPx	HPx%	StD
2010	1025	902	88	73	07.02	50	49.02	78.18
2011	1067	956	89.60	78	07.31	33	32.35	81.39
2012	1109	1030	92.88	67	06.04	12	11.76	84.59
2013	1149	1090	94.86	52	04.52	07	6.87	87.64
Moy \pm SD	1087 ± 53	994.50 ± 82.50		67.50 ± 11.26				82.95 ± 4.07

HPa : Nombre de couples occupant un nid durant au moins 4 semaines au cours de la saison de reproduction

HPm : Nombre de couples ayant produit au moins un jeune à l'envol

HPo : Nombre de couples n'ayant pas produit de jeunes à l'envol

HPx : Nombre de couples avec un nombre inconnus de jeunes à l'envol

StD : Densité de la population nicheuse par 100 km² de terre agricole utile.

1.2. Densité moyenne des populations.

La surface agricole utile de la wilaya étant de 131096 ha, la densité moyenne \pm SD des nids calculée par rapport à la surface agricole utile durant les quatre années d'étude (de 2010 à 2013) est estimée à 82.95 ± 4.07 couples/100 Km². Cette densité a augmentée d'une année à l'autre, elle est passée de 78.18 à 87.64 couples par 100 km² de SAU entre 2010 et 2013 (Tableau. 4).

1.3. Distribution des couples nicheurs.

Les résultats du recensement de la population nicheuse de la Cigogne blanche dans la wilaya de Constantine montre que les nids sont répartis sur 12 communes (Fig. 4). L'occupation spatiale des nids montre que cette espèce colonise beaucoup plus la partie sud et centre de la wilaya où l'on observe les plus denses colonies dans les communes d'El Hamma Bouziane avec 221 nids, El Khroub avec 186 nids, Ben Badis 128, Ain Smara 108 et Ouled Rahmoun avec 103 nids. Et à un degré moins abondant dans les communes de Beni H'midene et Messaoud Boudjeriou avec 77 et 74 nids respectivement. Nous avons recensé 61 nids dans la commune d'Ain Abid, 59 à Constantine et 56 à Ibn Ziad. Les plus faibles effectifs ont été observés dans les régions de Didouche Mourad et Zighoud Youcef avec 46 et 30 nids respectivement (Fig. 4).

2. Caractérisation des sites des colonies

2. 1. Localisation et effectifs des colonies

Le recensement de la population nicheuse de Cigogne blanche a révélé la présence de 76 colonies. La densité des colonies varie de deux nids à plus de 70. Les plus denses colonies sont observées dans les localités d'El Guentrat El Kahla (58 nids), Chaabet El Medbough (57 nids), Rouknia (46 nids), Bouhdid (42 nids) et Guigaya Achour avec 37 nids. Ces colonies sont suivies par les colonies de Khennaba avec 35 nids, et la Ferme Ben Chicco avec 32 nids. Les localités de Guentret El H'did, L'Onama, et la ferme Massine s'avèrent être moins abondantes avec 26, 24 et 20 nids respectivement. De faibles effectifs ont été observés dans plusieurs localités telles que Beni Yaagoub (5 nids), Ferroudj (3 nids) et la Zone Industrielle d'Ain Smara (2 nids). Les colonies définies avec leurs localisations exactes et leurs effectifs respectifs sont rapportées dans le Tableau 5.

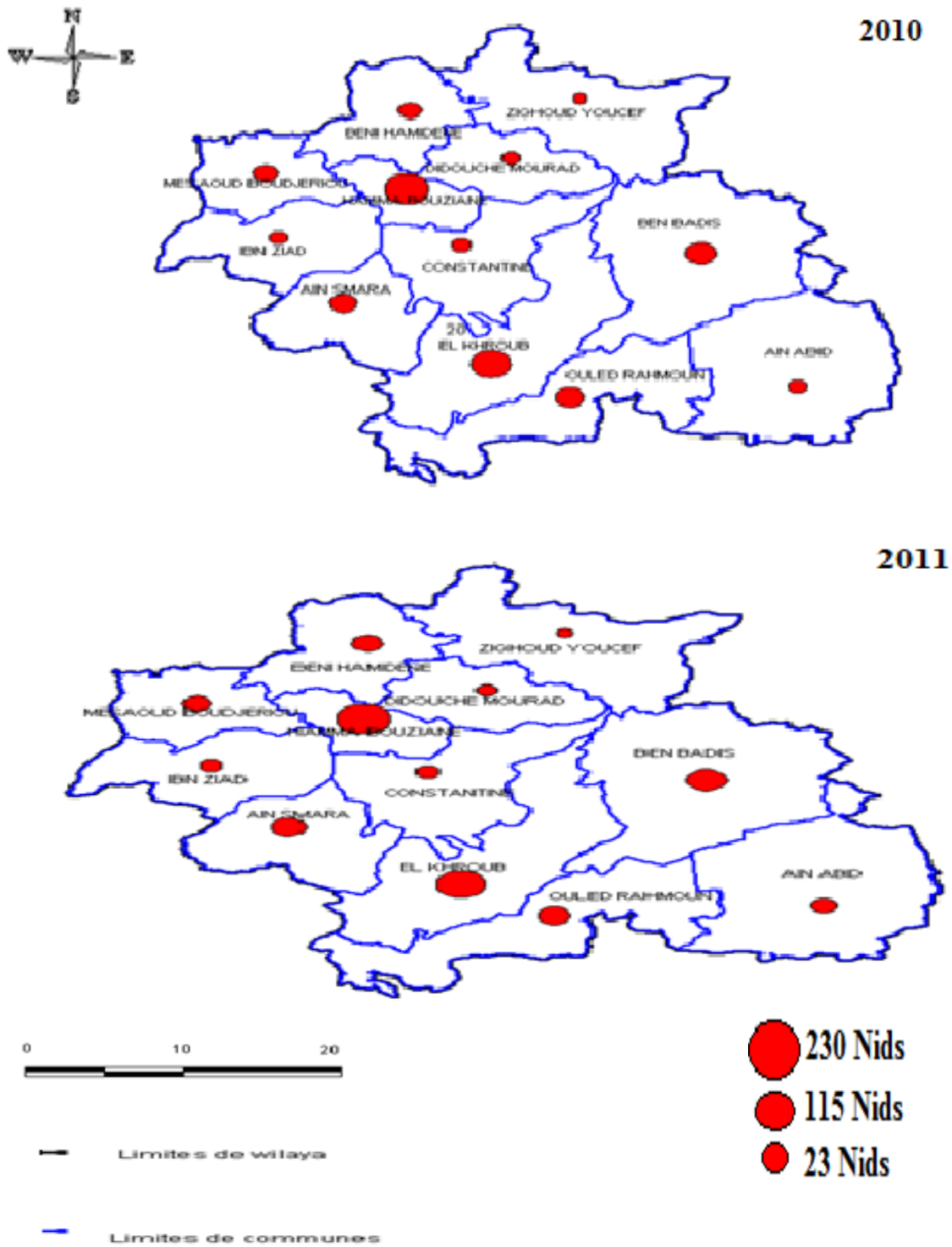


Figure 04. Importance numérique des colonies de la Cigogne blanche selon les communes de la wilaya de Constantine en 2010, 2011, 2012 2013.

2012



2013



Figure 04. Importance numérique des colonies de la Cigogne blanche selon les communes de la wilaya de Constantine en 2010, 2011, 2012 et 2013.

Le suivi de la population nicheuse de cigogne blanche, entre l'année 2010 et l'année 2013, a permis de définir des tendances à l'augmentation dans plusieurs colonies telles que Guigaya Achour où l'effectif des nids est passé de 31 en 2011 à 37 nids en 2013. À la ville d'Ouled Rahmoun, le nombre des nids est passé de 19 en 2011 à 22 nids en 2013. A Bouhdid et Salah Derradji, il est passé de 38 à 42 nids et de 11 à 15 nids respectivement (Tableau. 5).

2.2. Type de colonies

81% des colonies sont monospécifiques. Les colonies plurispécifiques représentent 19% du total des colonies recensées (Fig. 5). Nous n'avons noté la présence de l'héron garde-boeufs (*Bubulcus ibis*) dans ces colonies.

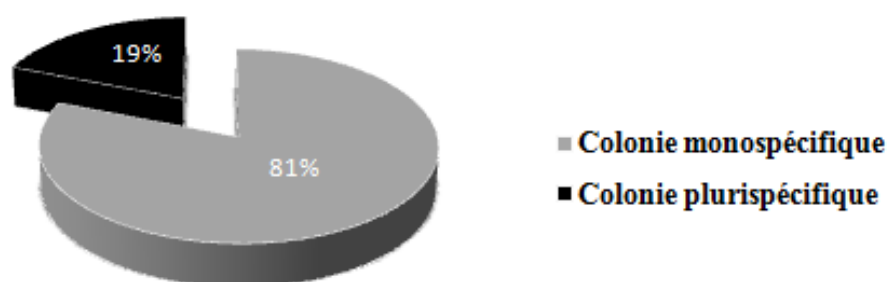


Figure 05. Proportion des différents types de colonies de Cigogne blanche recensées dans la région de Constantine entre 2010 et 2013.

2.3. Répartition spatiale des colonies selon l'urbanisation

La répartition spatiale des colonies selon l'urbanisation montre que 79 % des couples nicheurs se trouvent implantés dans des zones suburbaines. Le reste est localisé dans les agglomérations et les villes avec un pourcentage de 21 % (Fig. 6).

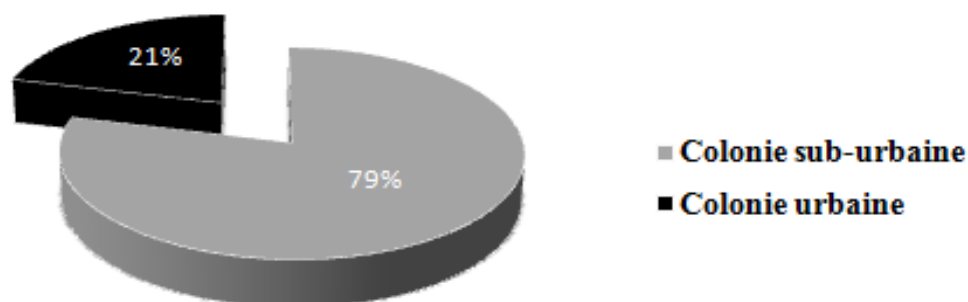


Figure 06. Répartition spatiale des colonies selon l'urbanisation de Cigogne blanche recensées dans la région de Constantine entre 2010 et 2013.

Tableau 5. Effectifs des nids occupés par les couples nicheurs de Cigogne blanche dans chaque colonie durant les saisons de nidification 2010, 2011, 2012 et 2013).

Communes	Localité	Localisation exacte de la Colonie			Années			
		Latitude	Longitude	Altitude	2010	2011	2012	2013
					Nombre de nids par colonie			
El Khroub	1-Nouvelle ville	36.15	6.36	706	12	12	13	13
	2-Route El Guettar	36.13	6.37	720	11	13	14	14
	3-Bordj Far Houssein	36.09	6.35	835	17	18	20	21
	4-Village Guettar	36.11	6.34	787	07	07	07	07
	5-Oued Hmimim	36.17	6.41	585	13	13	13	14
	6-Ferme Achour	36.19	6.44	707	02	02	02	02
	7-Mouzina	36.16	6.41	586	10	11	11	10
	8-Salah Derraji	36.13	6.40	633	11	13	15	15
	9-Baaraouia (Allouk Ali)	36.15	6.40	610	13	12	12	11
	10-Bounouara	36.12	6.48	714	04	04	04	04
	11-Centre carburant	36.13	6.44	647	36	36	37	37
	12-Lac Salah Derradji	36.12	6.37	680	02	02	02	02
	13-Ferme Ben Chicco	36.19	6.45	711	27	30	31	32
	14-Ferme Chenouf El Meki	36.13	6.45	682	04	04	04	04
Ain Smara	15-Route du 13 ^{ième} Km	36.17	6.32	597	32	33	33	35
	16-Ferme Beletreche	36.16	6.30	594	15	16	17	20
	17-El Ziouani	36.15	6.26	642	08	09	09	09
	18-Zone industrielle	36.16	6.30	632	02	02	02	02
	19-Ain Zbira	36.13	6.31	700	04	05	05	05
	20-Guigaya Achour	36.15	6.27	624	31	32	35	37
Ouled Rahmoun	21-Ouled Rahmoun	36.1	6.42	692	19	20	20	22
	22-Ras El Ain	36.8	6.39	747	02	03	03	03
	23-Village Badaoui	36.9	6.41	704	10	10	11	11
	24-Aziz Belkacem	36.7	6.35	762	04	04	04	05
	25-Hadjaj Bachir	36.13	6.42	626	02	03	04	05
	26-Ferme Bouacida	36.09	6.38	744	02	02	02	02
	27-El Guerrah	36.8	6.36	758	25	26	26	24

Tableau 5. Effectifs des nids occupés par les couples nicheurs de Cigogne blanche dans chaque colonie durant les saisons de nidification 2010, 2011, 2012 et 2013).

Communes	Localité	Localisation exacte de la Colonie			Années			
		Latitude	Longitude	Altitude	2010	2011	2012	2013
Nombre de nids par colonie								
Hamma Bouziane	29-Hamma ville	36.25	6.35	489	7	8	9	9
	30-Rouknia	36.24	6.33	360	44	44	45	46
	31-El Rkani	36.25	6.31	326	26	26	26	27
	32-Chabet El Medbouh	36.27	6.33	473	56	56	57	57
	33-Kaidi Abdellah	36.24	6.31	329	5	5	06	07
	34-El Guentrat El Kehla	36.23	6.34	346	55	55	58	58
	35-Cité Abbas	36.24	6.30	323	12	13	15	17
Diddouche Mourad	36-Guentrat El Hdid	36.29	6.39	425	21	24	26	26
	37-Didouche Mourad	36.26	6.38	556	7	8	8	9
	38-Ferme Dengli	36.26	6.36	534	10	10	10	11
Ibn Ziad	39-Route vers Ibn Ziad	36.24	6.28	364	13	13	13	13
	40-La ville	36.22	6.28	489	16	17	17	20
	41-Far ellah	36.22	6.25	546	9	10	12	12
	42-El Melha	36.22	6.22	645	10	10	09	08
	43-Ferroudj	36.23	6.21	650	02	02	03	03
Messaoud Boudjriou	44-Bouhdid	36.25	6.29	356	38	39	39	42
	45-Village	36.25	6.28	477	05	05	05	05
	46-Bouhsane	36.26	6.26	637	14	13	13	13
	47-Ain Kbir	36.25	6.26	577	10	12	13	14
Ben Badis	48-Khennaba	36.18	6.51	823	29	31	32	35
	49-El Hembli	36.19	6.54	837	02	02	02	03
	50-Terfana	36.22	6.56	755	02	02	02	02
	51-Ferme El Hadj Tourki	36.21	6.52	773	06	05	05	05
	52-Beni Yagoub	36.22	6.52	768	02	05	05	05
	53-Bouzare	36.21	6.50	854	16	16	16	16
	54-La ville	36.19	6.49	793	26	27	30	30
	55-Ferme Dekhla	36.16	6.48	734	12	12	12	12

Tableau 5. Effectifs des nids occupés par les couples nicheurs de Cigogne blanche dans chaque colonie durant les saisons de nidification 2010, 2011, 2012 et 2013).

Communes	Localité	Localisation exacte de la Colonie			Années			
		Latitude	Longitude	Altitude	2010	2011	2012	2013
					Nombre de nids par colonie			
Ain Abid	57-Borj M'hiris	36.10	6.56	905	05	05	05	05
	58-Ferme El Houmer	36.14	7	813	05	07	08	08
	59-Ferme Ait Ahmed	36.15	6.58	797	05	05	05	05
	60-Ferme Mouzina	36.13	6.53	796	26	28	30	32
	61-Ouled Jebnoun	36.10	6.54	869	04	04	04	04
	62-Route Tamlouka	36.12	6.58	899	06	06	07	07
Zighoud Youcef	63-La ville	36.32	6.42	587	23	23	23	23
	64-Sortie Zighoud	36.32	6.43	483	03	05	05	07
Beni Hmidene	65-Village	36.30	6.32	438	11	11	12	12
	66-Route Zighoud Beni-Hmidene	36.30	6.35	530	07	07	08	08
	67-Route Beni Hmidene Didouche	36.28	6.33	521	04	05	06	07
	68-El Houima	36.30	6.31	372	03	03	03	03
	69-Ouled El Nia	36.30	6.30	370	11	11	11	12
	70-Ain El Hamra	36.29	6.31	487	15	15	16	16
	71-El Safsafa	36.28	6.29	471	10	10	10	11
	72-Oued Ouerzeg	36.30	6.28	239	08	08	08	08
Constantine	74-Sissaoui	36.19	6.39	576	11	13	15	15
	75-L'Onama	36.2	6.38	559	22	22	22	24
	76-Zone industrielle	36.2	6.36	540	18	18	18	20

3. Caractérisation du site des nids

3. 1. Type de support

Durant la période de recensement (de 2010 à 2013), il apparaît que 46.71 % (± 0.65) des nids sont installés sur des arbres. Les nids implantés sur les poteaux électriques représentent 38.60 % (± 0.47). D'autres supports sont utilisés par la Cigogne blanche à savoir les toits (en tuile et en dalle) avec 8.99 % (± 0.73). Les grues et les réservoirs représentent 2.95 % (± 0.27). Les cheminées et les minarets constituent 1.42% (± 0.09) et 0.98% (± 0.04) respectivement. Le plus faible pourcentage est représenté par les pylônes avec une moyenne de 0.32% (± 0.04).

Nous constatons qu'au cours des 4 années de recensement, les arbres restent le support idéal choisi pour la construction des nids (Fig. 7). Les nids bâtis sur les poteaux électriques, les minarets et les pylônes présentent une légère augmentation d'une année à l'autre. Cependant, le taux d'occupation des toits, des cheminées, des grûs et des réservoirs est en baisse continue (Fig. 07).

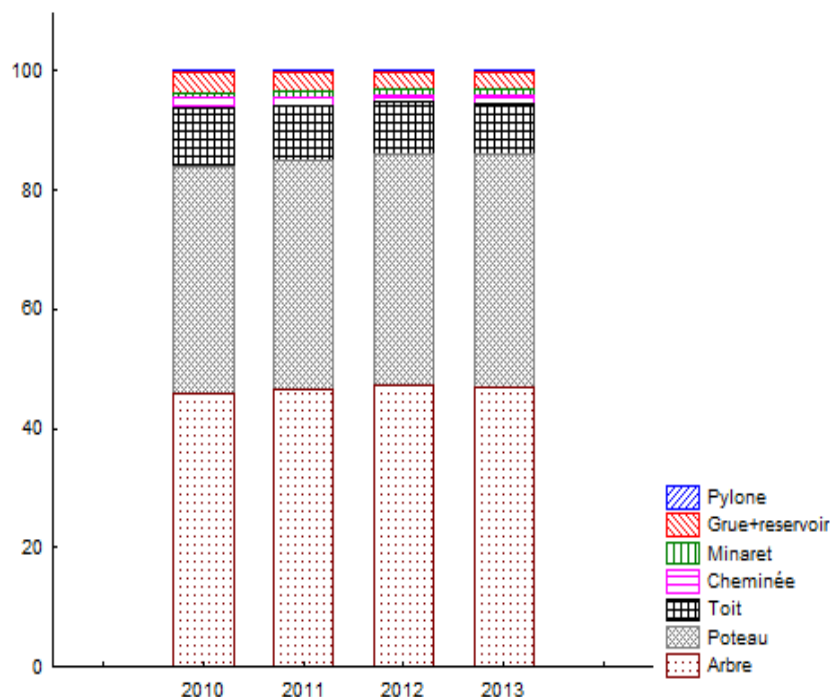


Figure 07. Evolution des différents emplacements des nids de la Cigogne blanche dans la région de Constantine de 2010 à 2013.

3. 2. Position horizontale du nid par rapport au support

78% des nids sont bâtis en position centrale du support. Les nids construits près de l'assise constituent 19%, contre 3% uniquement de nids installés à la périphérie du support (Fig. 08).

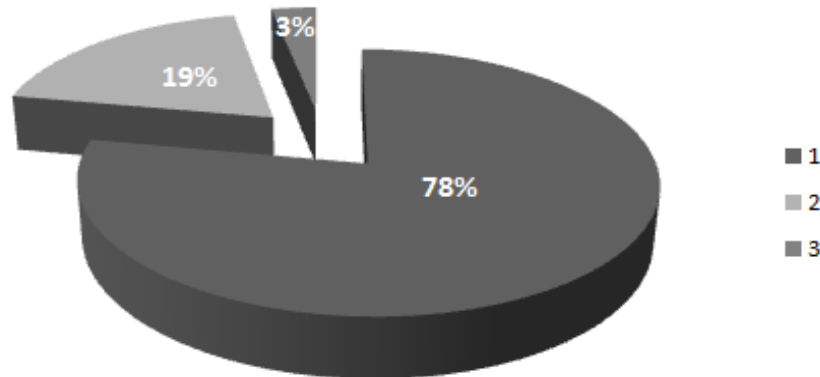


Figure 08. Proportions des différentes positions horizontales des nids de la Cigogne blanche dans la région de Constantine entre 2010 et 2013.

3.3. Hauteur du support et hauteur des nids par rapport au sol

Dans la région de Constantine, la Cigogne blanche utilise des supports de hauteur moyenne (\pm SD) de $16.82\text{m} \pm 9.42$. Ces nids sont construits à une hauteur moyenne (\pm SD) par rapport au sol de $14.38\text{m} \pm 8.60$ (Tableau. 6).

Tableau 6. Hauteur du support et hauteur des nids par rapport au sol dans la région de Constantine de 2010 à 2013.

	Hauteur du support(m)	hauteur du nid par rapport au sol(m)
Minimum	4.00	2.00
Maximum	50.00	50.00
Moyenne	16.82 ± 9.42	14.38 ± 8.60

3.4. Distribution altitudinale des nids

Nos résultats montrent que l'altitude moyenne (\pm SD) pour les sites de 200 nids est de 586 ± 155 . Les nids les plus bas sont trouvés à 306 m et les plus élevés à 911 m d'altitude. Selon la figure 9, la majorité des nids sont battis à une altitude comprise entre 550 et 600.

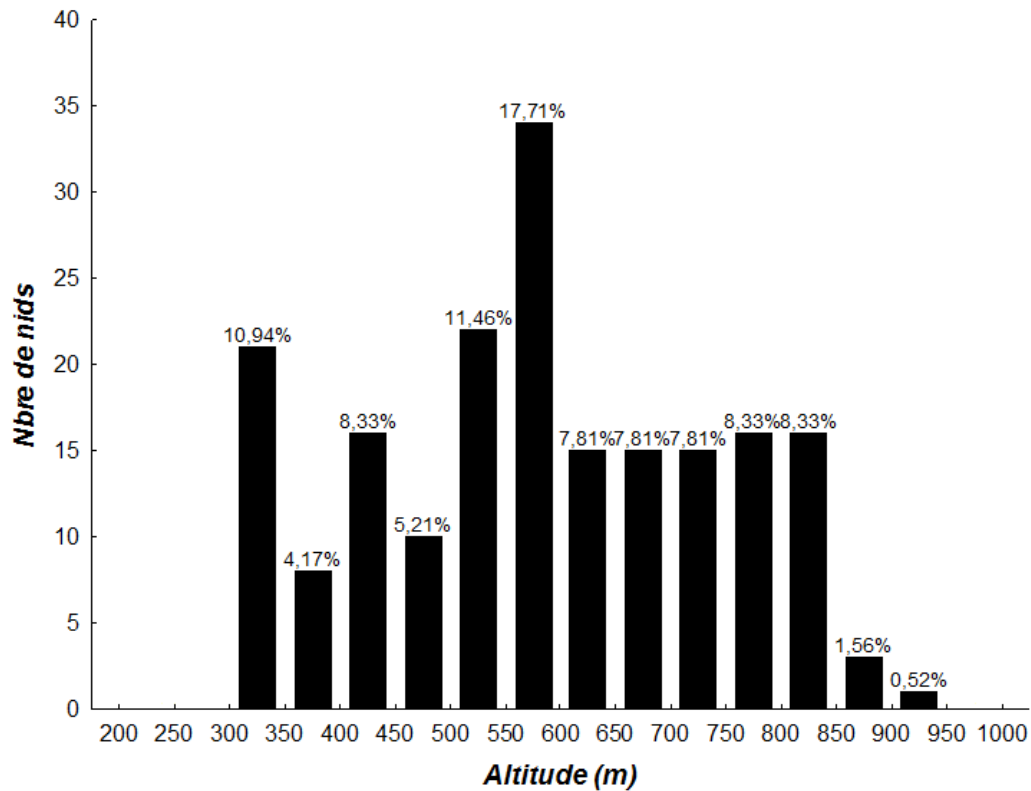


Figure 09. Distribution altitudinale des nids de la Cigogne blanche dans la région de Constantine de 2010 à 2013 (N= 200).

4. Succès reproducteur des couples nicheurs

4.1. Distribution du nombre de jeunes envolés par nid ayant réussi leur reproduction

Durant la période d'étude, la grande majorité des couples nicheurs HPm arrivent à envoler deux poussins par couples (52%). Suit par les couples avec un seul poussin (27%), et trois poussins (19%). Les couples arrivant à envoler quatre poussins ne représentent que 2% de la totalité des couples ayant réussi leur reproduction. Durant l'année 2013, nous constatons une augmentation des couples nicheurs avec trois jeunes par rapport à ceux avec deux et quatre poussins à l'envol (Fig. 10).

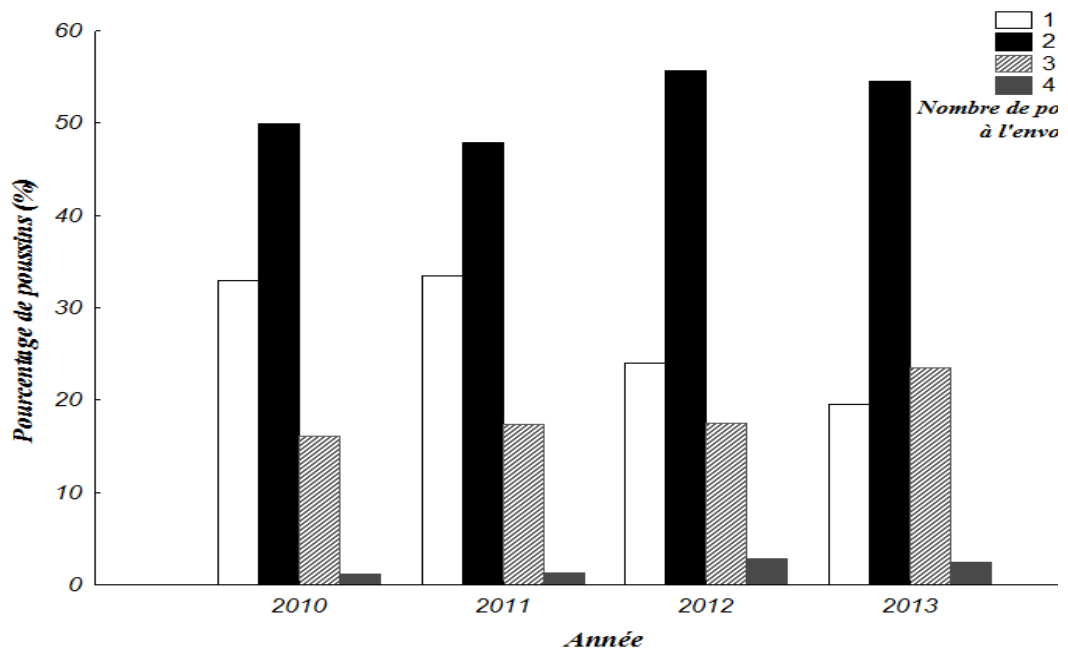


Figure 10. Nombre de jeunes envolés par nid ayant réussi leur reproduction (HPm) de Cigogne blanche à Constantine au cours de la période 2010-2013.

4.2. Relation entre le succès de reproduction (JZm) et le nombre de couples reproducteurs ayant réussi leur reproduction (HPm)

Au cours des quatre années d'étude (2010-2013), le succès reproducteur est fortement corrélé aux nombres des couples nicheurs ayant réussi leur reproduction ($r = 0,97$, $p = 0,021$, Fig. 11)

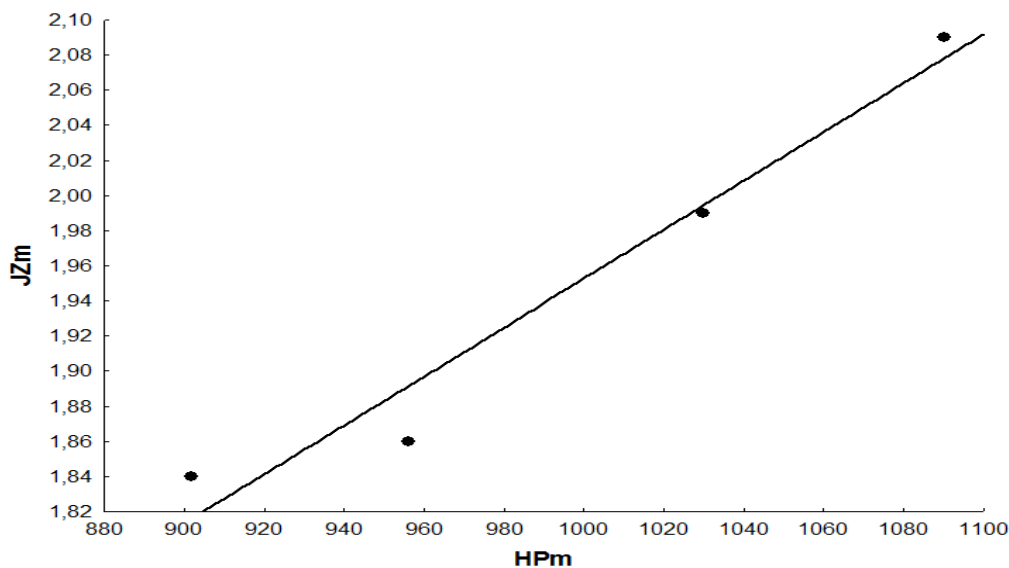


Figure 11. Relation entre le succès reproducteur et le nombre de couples nicheurs ayant réussi leur reproduction dans la région de Constantine (analyse globale).

5. Biologie et écologie de la reproduction

5.1. Chronologie d'installation

Au cours de trois saisons de reproduction 2011, 2012 et 2013 et dans les trois colonies étudiées, nous avons noté les dates d'occupation d'un total de 101 nids. En 2011, la première Cigogne blanche arrivée a été observée vers le 10 janvier. Vers la date du 09 février, la totalité des couples nicheurs étaient bien installés dans leurs nids (moyenne le 20 janvier, N= 33). Au cours de l'année 2012, le retour des cigognes blanches a été enregistré vers le 08 janvier. L'occupation de tous les nids (des trois sites de colonies étudiées) a été observés vers le 06 février (moyenne le 19 janvier, N= 36). En 2013, l'installation des couples nicheurs est enregistrée entre le 05 janvier et le 10 février (moyenne le 15 janvier, N= 32).

5. 2. Caractéristiques physiques des nids

Afin de donner une idée sur les dimensions des nids dans notre région d'étude, nous avons mesuré la hauteur, le diamètre et l'aire de 104 nids au cours de trois saisons de reproduction 2011, 2012 et 2013. Les nids sont généralement de forme circulaire et ovale avec une hauteur moyenne \pm SD de 1,83m \pm 0,41 et un diamètre moyen de 1,38 m \pm 0,35. L'aire moyenne \pm SD des nids est de 2,0 m² \pm 0,86 (Tableau. 7).

Tableau 7. Dimensions des nids de Cigogne blanche dans la région de Constantine au cours de la période 2011-2013 (N= 104).

	Hauteur (m)	Diamètre (m)	Aire (m ²)
Minimum	0,80	0,60	0,4
Maximum	2,90	2,20	4,5
Moyenne	1,83 \pm 0,41	1,38 \pm 0,35	2,0 \pm 0,86

5. 2. 1. Variation de l'aire des nids entre les trois colonies d'étude.

L'application d'une analyse de la variance à un facteur; avec l'aire du nid comme facteur dépendant et le type de station comme facteur indépendant; montre que l'aire des nids varie significativement entre les trois stations d'étude, ANOVA ($F_{(2,101)} = 13.90$, $p=0.001$). L'aire des nids de la deuxième station est significativement différente de ceux de la première et la troisième station (test post hoc $< 0,05$). Les nids de la deuxième station sont plus grands avec une aire moyenne \pm SD de 2,61m² \pm 0,93 par rapport à ceux de la première et la troisième station avec une aire moyenne \pm SD de 1,67m² \pm 0,57 et 2,00 m² \pm 0,94 respectivement (Fig. 12).

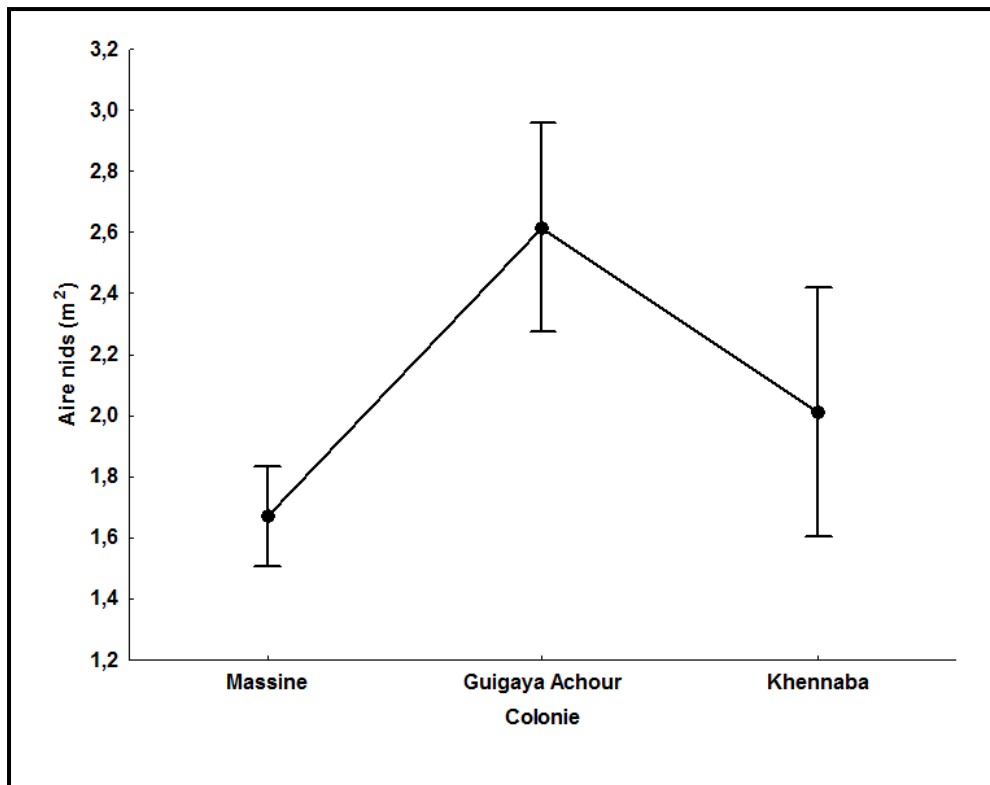


Figure 12. Variation de l'aire des nids de la Cigogne blanche entre les trois colonies d'étude au cours des années 2011,2012 et 2013 dans la région de Constantine.

5. 2. 2. Variation de l'aire des nids au cours des trois années d'étude 2011,2012 et 2013.

Afin d'étudier la variation de l'aire des nids entre les trois saisons de reproduction, nous avons procédé avec une analyse de la variance à un facteur avec l'aire du nid comme variable dépendante, l'année comme prédicteur catégoriel. Les résultats ont montré qu'il n'y a aucun effet de l'année sur l'aire des nids ANOVA ($F_{(2,101)} = 0.87$, $p = 0.41$).

5. 2. 3. Variation de l'aire des nids entre le début et la fin de chaque saison de reproduction.

Nous avons utilisé le test de Wilcoxon pour comparer l'aire des nids entre le début et la fin de chaque saison de reproduction 2011, 2012 et 2013. La différence des moyennes de l'aire des nids entre le début et la fin de la saison de reproduction est significative au cours des trois années d'étude, Test de Wilcoxon ($Z = 4,30$, $P = 0,001$, $N = 35$ nids), ($Z = 5,01$, $P = 0,001$, $N = 38$ nids) et ($Z = 4,78$, $P = 0,001$, $N = 32$ nids) pour les années 2011, 2012 et 2013 respectivement. L'aire des nids augmente entre le début et la fin de chaque saison de reproduction.

5. 2. 4. Corrélation entre l'aire du nid et la date de son occupation

La date d'occupation du nid est négativement corrélée à l'aire de ce dernier, corrélation de Pearson ($r = -0.52$, $p = 0.001$). Cela indique que les plus grands nids sont occupés les premiers au début de la saison de reproduction (Fig. 13).

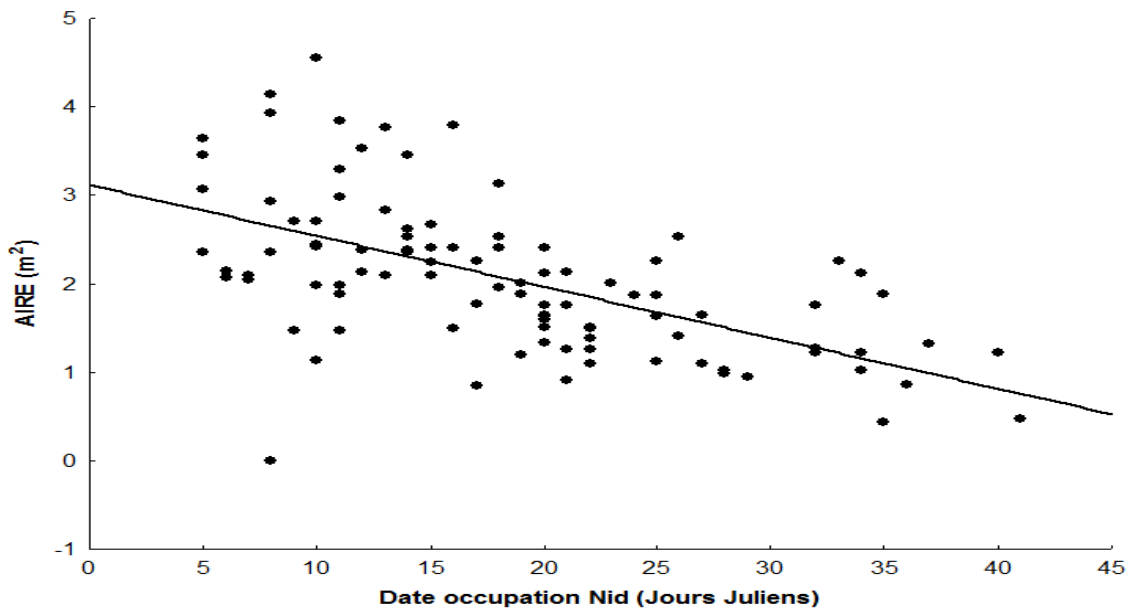


Figure 13. Relation entre l'aire du nid et sa date d'occupation dans la région de Constantine

5. 3. Variations de la taille des pontes

Un suivi de la taille des pontes de Cigogne blanche a été réalisé dans trois colonies de la région de Constantine à savoir la colonie de Massine, Guigaya Achour et Khennaba, au cours de trois saisons de reproduction 2011, 2012 et 2013. Les dates de pontes ont été enregistrées sur un total de 101 nids.

En 2011, la date moyenne de ponte était le 24 mars (N= 33). Le premier œuf pondu a été observé vers le 12 mars et les pontes se sont échelonnées jusqu'au 14 avril. En 2012, la ponte a commencé vers le 10 mars et s'est terminée vers le 10 avril (date moyenne de ponte le 22 mars, N=36 nids). Durant l'année 2013, la date moyenne de ponte était le 19 mars et s'est achevée vers le 11 d'Avril (N= 32).

Dans la région de Constantine, le nombre d'œufs par ponte oscillait entre 3 et 6 avec un modèle de ponte de 5 œufs et ceci pour les trois colonies et durant les trois saisons de reproduction. La taille moyenne de ponte est de 4.68 ± 0.63 (N=109).

Tableau 8. Valeurs moyennes, minimales et maximales de la taille de ponte dans les trois colonies d'étude et durant les saisons de reproduction 2011, 2012 et 2013.

	Colonie Massine		Colonie Guigaya Achour		Colonie Khennaba	
	Moy \pm SD	Min-Max (n)	Moy \pm SD	Min-Max (n)	Moy \pm SD	Min-Max (n)
Année						
2011	4.56 \pm 0.62	3-5 (16)	5,00 \pm 0.66	4-6 (10)	5,00 \pm 0.70	4-6 (9)
2012	4.46 \pm 0.51	4-5 (16)	4.53 \pm 0.66	3-5 (13)	5,00 \pm 0.53	4-6 (8)
2013	4.33 \pm 0.59	3-5 (18)	4.81 \pm 0.60	3-5 (11)	5.12 \pm 0.35	5-6 (8)

Dans la colonie de Massine et durant l'année 2011, la taille moyenne de ponte était de 4.56 \pm 0.62. Cette valeur était de 4.46 \pm 0.51 en 2012 et 4.33 \pm 0.59 en 2013 (Tableau. 8). Le nombre d'œufs oscillait entre 3 et 5 œufs durant les trois saisons de reproduction. Le modèle de ponte était de 5 œufs en 2011 et 4 œufs en 2012 et 2013.

La valeur moyenne des pontes à Guigaya Achour en 2011 est de 5 œufs (\pm 0.66) avec un minimum de 4 œufs et un maximum de 6 œufs. Le modèle de ponte est de 5 œufs. En 2012 et 2013, la moyenne des pontes était de 4.53 (\pm 0.66) et 4.81 (\pm 0.60) respectivement. Le nombre d'œufs oscillait entre 3 et 5 œufs avec un modèle de 5 œufs au cours des trois saisons de reproduction.

Pour la colonie de Khennaba, la taille moyenne des pontes était de 5 (\pm 0.70), 5 (\pm 0.53) et 5.12 (\pm 0.35) en 2011, 2012 et 2013 respectivement (Tableau. 8). Le nombre d'œufs variait entre 4 et 6 œufs en 2011 et 2012 et 5 et 6 œufs en 2013 avec un modèle de 5 œufs et ceci durant les trois années d'études (Fig. 14).

5. 4. Caractéristiques morphométriques des œufs

Un total de 464 œufs de Cigogne blanche ont été mesurés dans trois colonies (Massine, Guigaya Achour et Khannaba) dans la région de Constantine durant trois saisons de reproduction 2011, 2012 et 2013 (Tableau. 9).

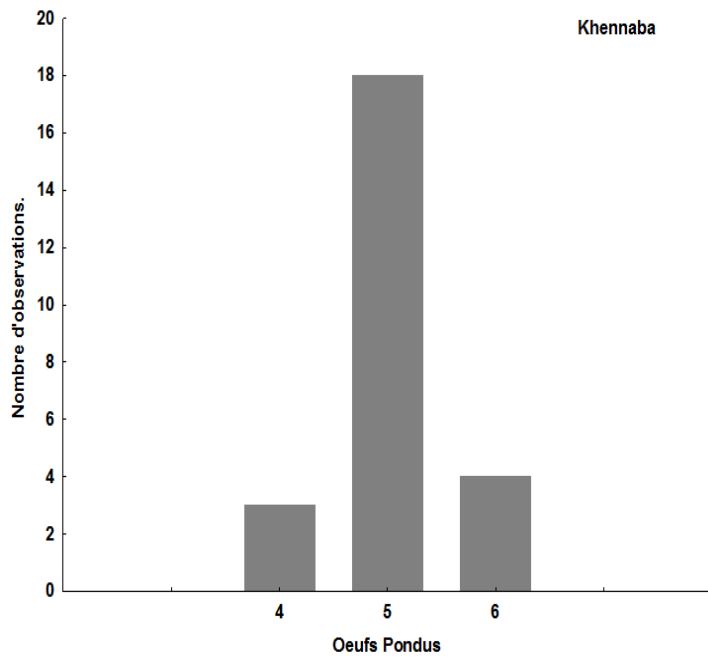
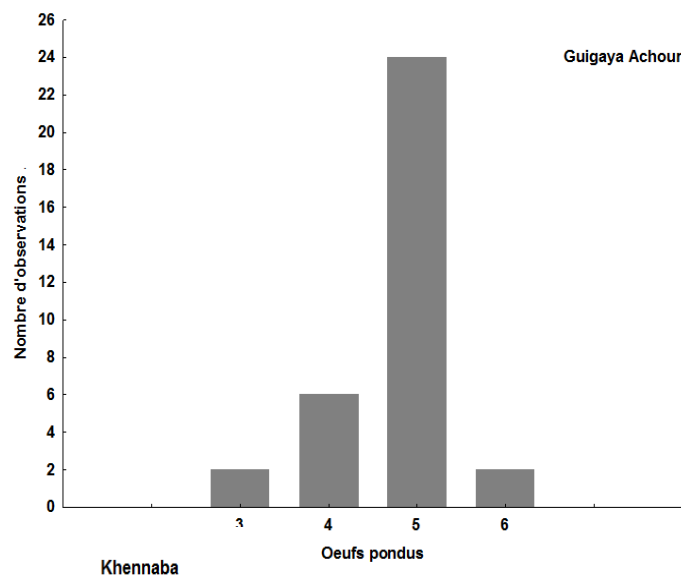
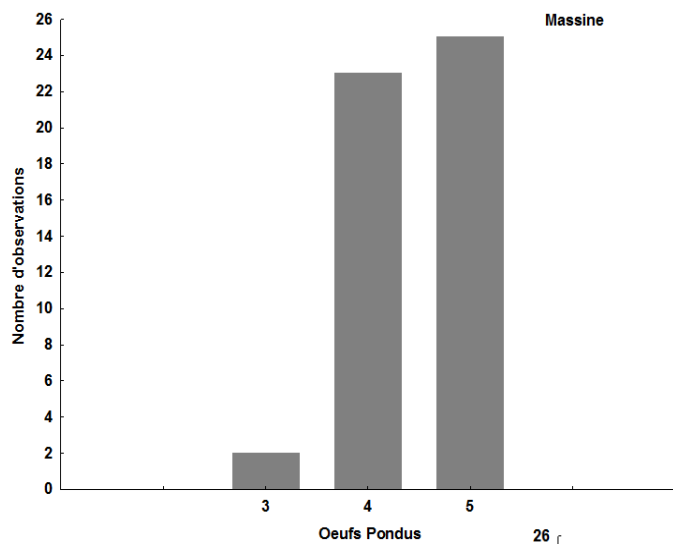


Figure 14. Variation de la taille de ponte de la Cigogne blanche entre les trois colonies d'étude dans la région de Constantine.

La longueur moyenne des œufs mesurés dans la colonie de Massine est de 69.21mm (± 2.82), 69,20mm (± 2.44) et 68,48mm (± 2.77) au cours de l'année 2011, 2012 et 2013 respectivement. Au niveau de la colonie de Guigaya Achour, la longueur moyenne des œufs est de 67.90 mm (± 2.71) en 2011, 68.93 mm (± 2.53) en 2012 et 68.48mm (± 3.34) en 2013. Dans la colonie de khennaba, et au cours de l'année 2011, les œufs mesurés présentent une longueur de 69,80 mm ($\pm 3,25$). Cette longueur est de 70,86 mm (± 2.66) en 2012 et de 70,08mm (± 2.80) en 2013.

Tableau 9. Valeurs moyennes, minimums et maximums de la longueur, largeur, volume des œufs de Cigogne blanche mesurés dans trois colonies de la Wilaya de Constantine au cours des années 2011,2012 et 2013. La taille de l'échantillon est mise entre parenthèses

	Moy \pm SD	Min-Max (n)	Moy \pm SD	Min-Max (n)	Moy \pm SD	Min-Max (n)
	Colonie de Massine		Colonie de Guigaya Achour		Colonie de Khennaba	
Longueur (mm)						
2011	69,21 \pm 2,82	61,00-76,00(73)	67,90 \pm 2,71	63,00-76,00(51)	69,80 \pm 3,25	64,00-76,00(45)
2012	69,20 \pm 2,44	63,00-75,00(72)	68,93 \pm 2,53	64,00-75,00(47)	70,86 \pm 2,66	66,00-76,00(30)
2013	68,48 \pm 2,77	61,00-74,00(77)	68,48 \pm 3,34	62,00-76,00(33)	70,08 \pm 2,80	66,00-76,00(36)
Largeur (mm)						
2011	48,91 \pm 2,01	44,00-53,00(73)	48,68 \pm 1,54	46,00-52,00(51)	48,66 \pm 1,39	46,00-51,00(45)
2012	49,19 \pm 1,83	45,00-53,00(72)	48,72 \pm 1,48	46,00-52,00(47)	47,96 \pm 1,49	45,00-50,00(30)
2013	48,84 \pm 1,91	44,00-52,00(77)	48,72 \pm 1,52	45,00-51,00(33)	48,58 \pm 1,48	46,00-52,00(36)
Volume (cm ³)						
2011	81,10 \pm 7,35	61,77-94,54(73)	78,79 \pm 6,07	69,45-92,70(51)	80,92 \pm 6,61	66,39-91,49(45)
2012	81,94 \pm 6,41	69,44-94,54(72)	80,37 \pm 7,37	67,41-97,56(47)	79,79 \pm 5,82	68,46-90,29(30)
2013	80,04 \pm 7,41	58,04-92,35(77)	79,67 \pm 7,11	66,39-92,70(33)	80,62 \pm 7,91	58,93-92,35(36)

La largeur moyenne des œufs mesurés au niveau de la colonie de Massine est de 49.19 mm (± 1.83) au cours de l'année 2011 contre 49.19mm (± 1.83) en 2012 et 48.84mm (± 1.91). Dans la colonie de Guigaya Achour cette valeur est de 48.68 mm (± 1.54) en 2011, 48.72 mm (± 1.48) en 2012 et 48.72 (± 1.52) en 2013. Les œufs mesurés au niveau de la colonie de Khennaba présente une largeur moyenne de 48.66mm (± 1.39), 47.96 mm (± 1.49) et 48.58 mm (± 1.48) et ceci au cours des années 2011, 2012 et 2013 respectivement.

Le volume des œufs de Cigogne blanche dans la colonie de Massine est de 81.10 cm^3 (± 7.35), 81.94 cm^3 (± 6.41) et 80.04 cm^3 (± 7.41) au cours des années 2011, 2012 et 2013 respectivement. Au niveau de la colonie de Guigaya Achour, le volume des œufs varie entre 78.79 cm^3 (± 6.07) en 2011, 80.37 cm^3 (± 7.37) en 2012 et 79.67 cm^3 (± 7.11) en 2013. Dans la colonie de Khennaba, les œufs présentent un volume moyen de $80.92 \text{ cm}^3 \pm 6.61$ durant l'année 2011. En 2012, la valeur moyenne du volume est de $79.79 \text{ cm}^3 \pm 5.82$ contre $80.62 \text{ cm}^3 \pm 7.91$ en 2013.

5. 4. 1. Variation de la longueur, la largeur et le volume des œufs en fonction de la taille de ponte

Selon la Figure 15, les plus longs et les plus grands œufs sont observés dans les nichées de 3 œufs. Les nids de 6 œufs contiennent les œufs les plus larges. Cependant, la longueur, la largeur et le volume des œufs ne varie pas significativement selon la taille de ponte (ANOVA $F_{(3,98)} = 1.66$, $p = 0.12$, $F_{(3,98)} = 1.53$, $p = 0.21$ et $F_{(3,98)} = 1.41$, $p = 0.24$).

5. 4. 2. L'effet de l'ordre de ponte sur le volume des œufs

Le volume des œufs augmente pour les trois premiers œufs pondus ensuite il diminue très vite pour le 4^{ième} et le 5^{ième} œuf de la couvée (Figure 16). Le volume des œufs est significativement affecté par l'ordre de ponte, ANOVA (Kruskal-Wallis test, $H_4 - 459 = 17.86$, $p = 0.001$). Les différences dans le volume sont significatives entre les œufs pondus en 3^{ème} et ceux pondus en 4^{ème} et 5^{ème} position, test post hoc $< 0,05$.

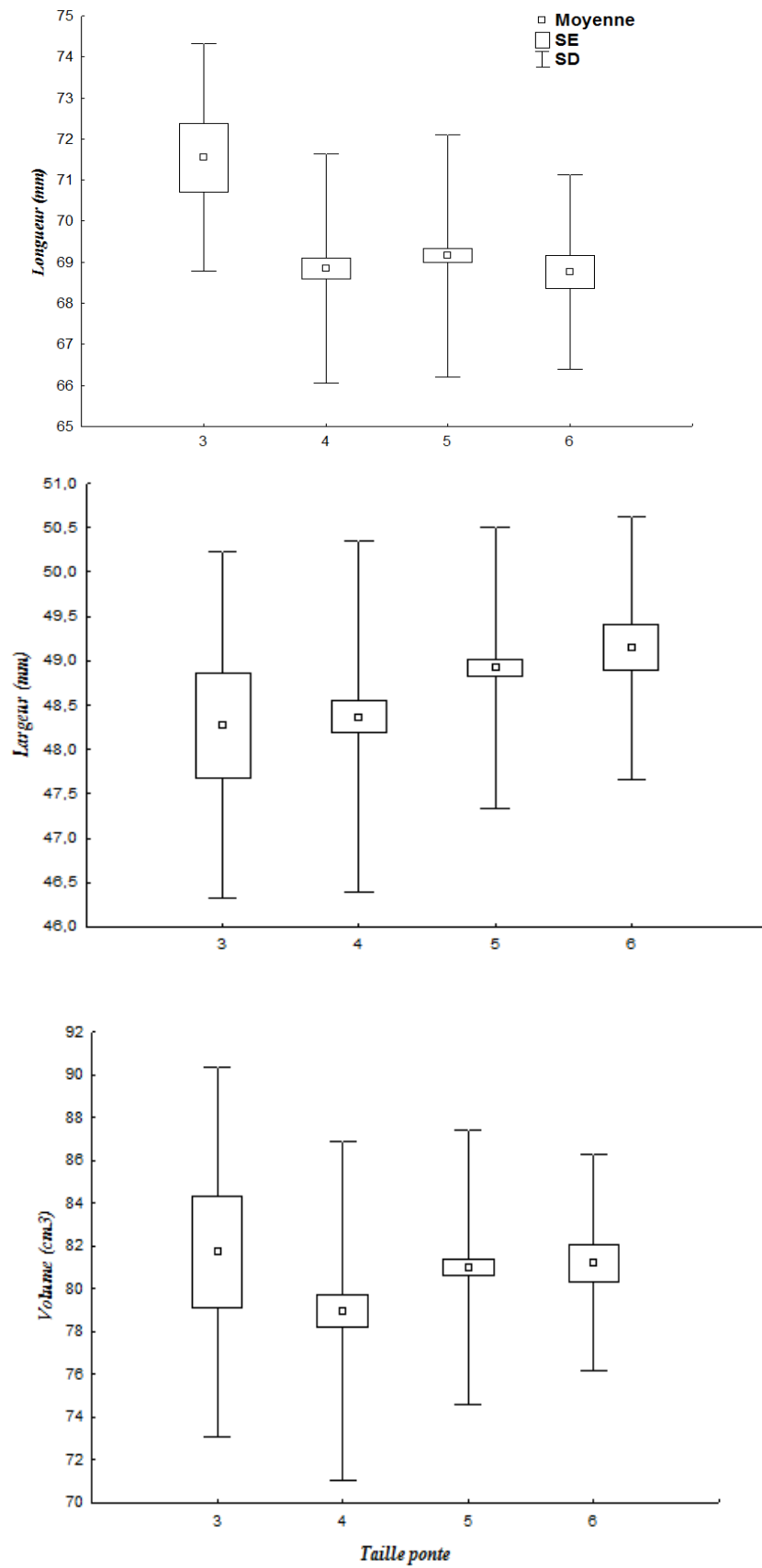


Figure 15. Variation de la taille des œufs de Cigogne blanche en fonction de la taille de ponte dans la région de Constantine

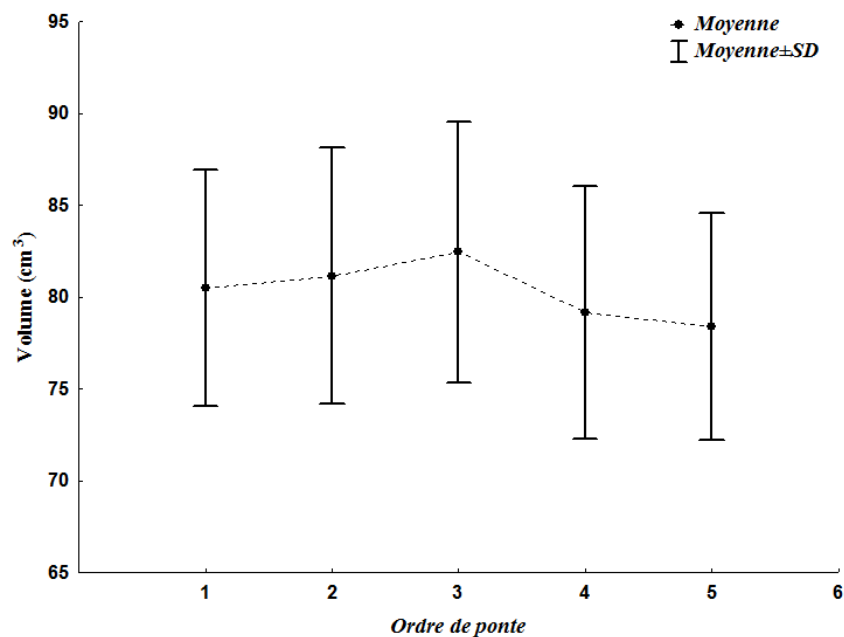


Figure 16. Variation de la taille des œufs en fonction de l'ordre de ponte dans la colonie de Massine au cours de la saison de reproduction 2013. Les couvées de 6 œufs ne sont pas incluses.

5. 5. Paramètres du succès de reproduction

La moyenne \pm SD du nombre d'œufs éclos la plus élevée a été signalée dans la colonie de Khennaba au cours de l'année 2013, il est de 5 ± 0 par nid. Cependant la plus faible moyenne a été trouvée durant la même année (2013) mais dans la colonie de Massine, cette valeur est de $3,72 \pm 0,95$ (Tableau. 10).

Le succès d'éclosion le plus élevé a été observé dans la colonie de Kennaba durant l'année 2013, il est de l'ordre de $98,18 \% \pm 06.03$. La plus faible valeur du taux d'éclosion a été notée dans la colonie de Massine durant l'année 2011, cette valeur est de $84,16 \% \pm 15.49$.

La valeur moyenne \pm SD la plus élevée du succès d'envol a été enregistrée au niveau de la colonie de Massine au cours de l'année 2012, elle est de $80,66 \% \pm 16.46$. La plus faible moyenne \pm SD du succès d'envol a été observée au niveau de la même colonie au cours de l'année 2012, elle est de $42,29 \% \pm 38.88$.

Tableau 10. Variation du nombre d'œufs éclos (taille des nichées), nombre de poussins émancipés, succès d'éclosion, succès d'envol et succès reproducteur dans la région de Constantine.

	Moy \pm SD	Min-Max (n)	Moy \pm SD	Min-Max (n)	Moy \pm SD	Min-Max (n)
	Colonie de Massine		Colonie de Guigaya Achour		Colonie de Khennaba	
Taille des nichées						
2011	3,87 \pm 1,02	2-5 (16)	4,80 \pm 0,78	4-6 (10)	4,55 \pm 0,88	3-6 (9)
2012	4,31 \pm 0,47	4-5 (16)	4,00 \pm 0,81	2-5 (13)	4,62 \pm 0,91	3-6 (8)
2013	3,72 \pm 0,95	2-5 (18)	4,72 \pm 0,64	3-5 (11)	5 \pm 0,00	5-5 (8)
Nombre de poussins émancipés						
2011	1,43 \pm 1,26	0-3 (16)	2,80 \pm 0,86	1-4 (15)	2,88 \pm 0,78	2-4 (9)
2012	3,43 \pm 0,62	2-4 (16)	2,33 \pm 1,23	0-4 (15)	2,37 \pm 1,59	0-4 (8)
2013	2,72 \pm 0,75	2-4 (18)	2,60 \pm 1,05	1-4 (15)	3,37 \pm 0,74	3-5 (8)
Succès d'éclosion (%)						
2011	84.16 \pm 15.49	60-100 (16)	96.00 \pm 08.43	80-100 (10)	90.92 \pm 10.96	75-100 (9)
2012	96.25 \pm 08.06	80-100(16)	89.23 \pm 17.54	40-100 (13)	92.50 \pm 14.88	60-100(8)
2013	85.37 \pm 16.55	50-100 (18)	97.91 \pm 05.89	80-100 (11)	98.18 \pm 06.03	83-100 (8)
Succès d'envol (%)						
2011	42.29 \pm 38.88	0-100 (16)	63.50 \pm 20.14	20-80 (10)	65.18 \pm 19.85	40-100 (9)
2012	80.66 \pm 16.46	50-100 (15)	53.07 \pm 29.12	00-100 (13)	47.08 \pm 30.26	00-80 (8)
2013	74.81 \pm 16.31	50-100 (18)	60.60 \pm 22.00	40-100 (11)	67.50 \pm 14.88	60-100 (8)
Succès de reproduction (%)						
2011	33.22 \pm 29.61	0-75 (16)	61.00 \pm 20.65	20-80 (10)	58.88 \pm 17.30	33-80 (9)
2012	79.00 \pm 18.63	40-100(15)	47.69 \pm 29.12	00-100(13)	45.83 \pm 30.32	00-80 (8)
2013	62.59 \pm 13.33	40-80(18)	58.78 \pm 19.04	40-80 (11)	66.25 \pm 15.97	50-100(8)

Le suivi du succès de reproduction des couples nicheurs des trois colonies ((Massine, Guigaya Achour et Khennaba)) au cours de trois années d'étude 2011, 2012 et 2013 montre que le succès reproducteur le plus élevé est observé dans la colonie de Massine au cours de l'année 2012. La plus faible valeur du succès de reproduction a été observée dans la même station durant l'année 2011.

5. 5. 1. Relation entre le volume des œufs et le poids des poussins à l'éclosion

La relation entre la taille des poussins à l'éclosion et le volume des œufs a été vérifiée dans la station de Massine durant la saison de reproduction 2013. La corrélation de Pearson montre que la masse des poussins de Cigogne blanche à l'éclosion est significativement et positivement lié au volume des œufs ($r = 0.71$, Fig. 17).

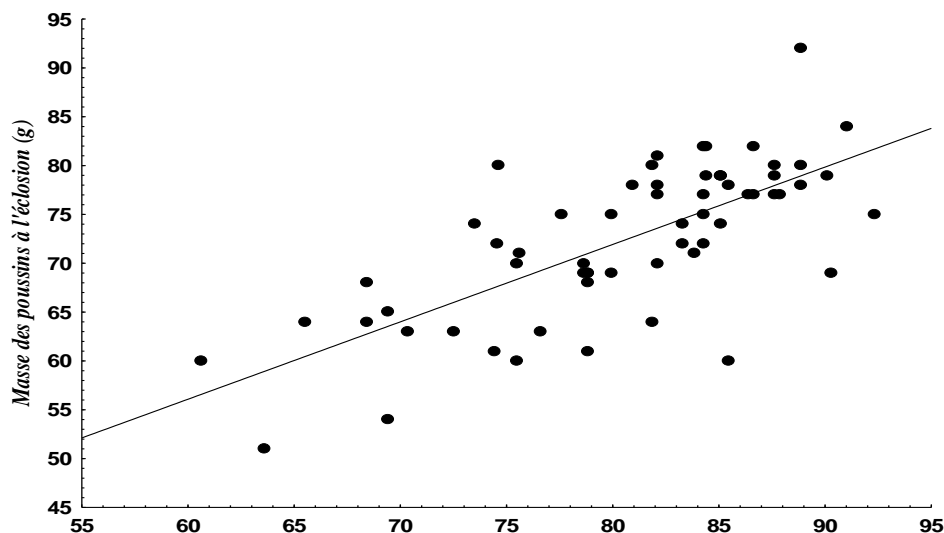


Figure 17. Courbe de régression montrant la corrélation entre le volume des œufs et la masse des poussins à l'éclosion dans la station de Massine durant la saison de reproduction 2013.

5. 6. Effet de la saison de reproduction, de la localisation de la colonie, de la date d'occupation du nid et des caractéristiques du site du nid sur les paramètres de reproduction

Nos résultats démontrent que la localisation de la colonie (représentée par la proximité de la décharge dans la station de Khennaba) affecte significativement la taille de ponte, le nombre d'œufs éclos et la productivité (Tableau 11). Le plus grand nombre d'œufs pondus, d'œufs éclos et de poussins émancipés est observé au niveau de la colonie de Khennaba (Fig. 18)

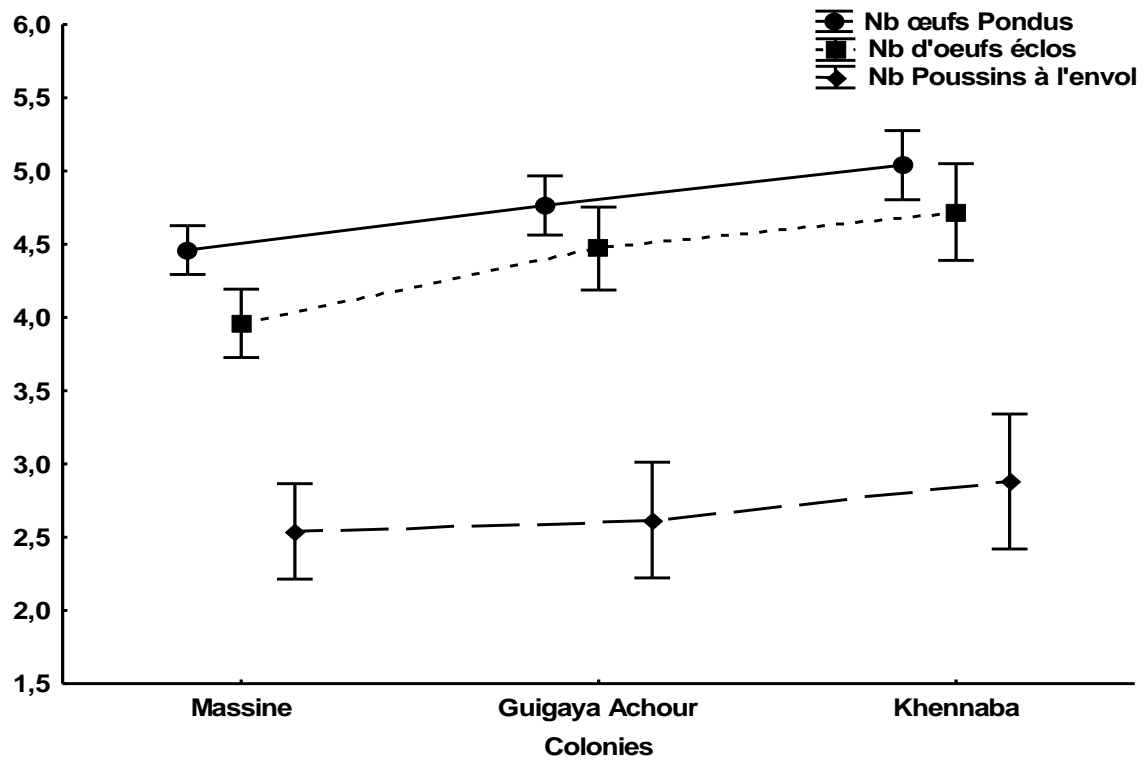


Figure 18. Variation du nombre d’œufs pondus, le nombre d’œufs éclos et la productivité de la Cigogne blanche entre les trois colonies d’étude dans la région de Constantine.

La productivité, le succès d’envol et le succès reproducteur sont significativement affectés par la saison de reproduction (Tableau. 11). C’est en 2013 que nous avons enregistré les valeurs les plus importantes du nombre de poussins à l’envol, du succès d’envol et du succès reproducteur (Fig. 19).

La taille de ponte et le nombre d’œufs éclos sont négativement affectés par la date d’occupation du nid. Ceci montre que les premiers nids occupés au début de la saison de reproduction contiennent un nombre d’œufs pondus et une taille de nichée plus élevés par rapport à ceux occupés tard (Fig. 20).

Tableau 11. Résultats des analyses GLMM de l'effet du type de la saison de reproduction, la localisation de la colonie, la date d'occupation du nid et les caractéristiques du site du nid sur les paramètres de reproduction dans la région de Constantine. (Les valeurs significatives sont mentionnées en **gras**; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$).

		<i>Estimation</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
Taille De Ponte	Colonie2	1.162	0.408	2.849	0.0071 **
	Colonie3	1.303	0.357	3.651	0.0008 ***
	Année 2012	-0.145	0.127	-1.140	0.2589
	Année 2013	-0.239	0.132	-1.804	0.0765
	Date d'occupation du nid	-0.032	0.008	-3.996	0.0002 ***
	Aire du nid	0.000006	0.000009	0.623	0.5358
	Type de support 2	0.588	0.335	1.754	0.0877
	Type de support 4	1.048	0.370	2.832	0.0074 **
	Hauteur du support	-0.015	0.046	-0.344	0.7326
Taille De Nichée	Colonie 2	1.152	0.602	1.912	0.0636
	Colonie 3	1.643	0.536	3.064	0.0041 **
	Année 2012	0.012	0.208	0.062	0.950
	Année 2013	-0.132	0.214	-0.617	0.5395
	Date d'occupation du nid	-0.036	0.012	-2.912	0.0051 **
	Aire du nid	-0.000003	0.00001	-0.221	0.825
	Type de support 2	-0.137	0.472	-0.291	0.7725
	Type de support 4	0.758	0.552	1.374	0.1776
	Hauteur du support	0.0221	0.064	0.332	0.7417
Productivité	Colonie 2	0.516	0.828	0.623	0.5368
	Colonie 3	1.5640	0.7375	2.1206	0.0407 *
	Année 2012	0.7218	0.2862	2.5218	0.0145 *
	Année 2013	0.8554	0.2954	2.8956	0.0054 **
	Date d'occupation du nid	-0.00058	0.0174	-0.3356	0.7384
	Aire du nid	-0.000005	-0.00001	-0.0271	0.9785
	Type de support 2	-1.3979	0.6491	-2.1533	0.0379 *
	Type de support 4	0.3137	0.7595	0.4131	0.6819
	Hauteur du support	0.0510	0.0881	0.5787	0.5662

Tableau 11. Résultats des analyses GLMM de l'effet du type de station, l'année, la date d'occupation du nid et les caractéristiques du site du nid sur les paramètres de reproduction dans la région de Constantine. (Les valeurs significatives sont mentionnées en **gras**; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$).

		<i>Estimation</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
Succès d'éclosion	Colonie 2	0.0156	0.1020	0.1528	0.8793
	Colonie 3	0.0888	0.0908	0.9776	0.3346
	Année 2012	0.0410	0.0356	1.1500	0.2551
	Année 2013	0.0153	0.0363	0.4216	0.6749
	Date d'occupation du nid	-0.0018	0.0021	-0.8589	0.3941
	Aire du nid	-0.000001	0.000002	-0.7229	0.4728
	Type de support 2	-0.1354	0.0808	-1.6760	0.1022
	Type de support 4	-0.0508	0.0936	-0.5425	0.5907
	Hauteur du support	0.0073	0.0111	0.6643	0.5106
Succès d'envol	Colonie 2	-0.0811	0.1964	-0.4129	0.6820
	Colonie 3	0.0865	0.1747	0.4950	0.6235
	Année 2012	0.1415	0.0686	2.0627	0.0439*
	Année 2013	0.2247	0.0700	3.2104	0.0022**
	Date d'occupation du nid	0.0063	0.0041	1.5450	0.1281
	Aire du nid	0.000001	0.000004	0.3836	0.7027
	Type de support 2	-0.3222	0.1555	-2.0721	0.0453*
	Type de support 4	-0.0378	0.1802	-0.2100	0.8348
	Hauteur du support	0.0102	0.0214	0.4780	0.6354
Succès De Reproduction	Colonie 2	-0.0602	1.8341	-0.3284	0.7444
	Colonie 3	0.1419	0.1632	0.8699	0.3899
	Année 2012	0.1712	0.0640	2.6731	0.0099**
	Année 2013	0.2033	0.0653	3.1107	0.0030**
	Date d'occupation du nid	0.0034	0.0038	0.8871	0.3789
	Aire du nid	0.0000005	0.000004	0.1220	0.9033
	Type de support 2	-0.3613	0.1452	-0.4886	0.0174*
	Type de support 4	-0.0623	0.1683	-0.3705	0.7131
	Hauteur du support	0.0139	0.0199	0.6977	0.4897

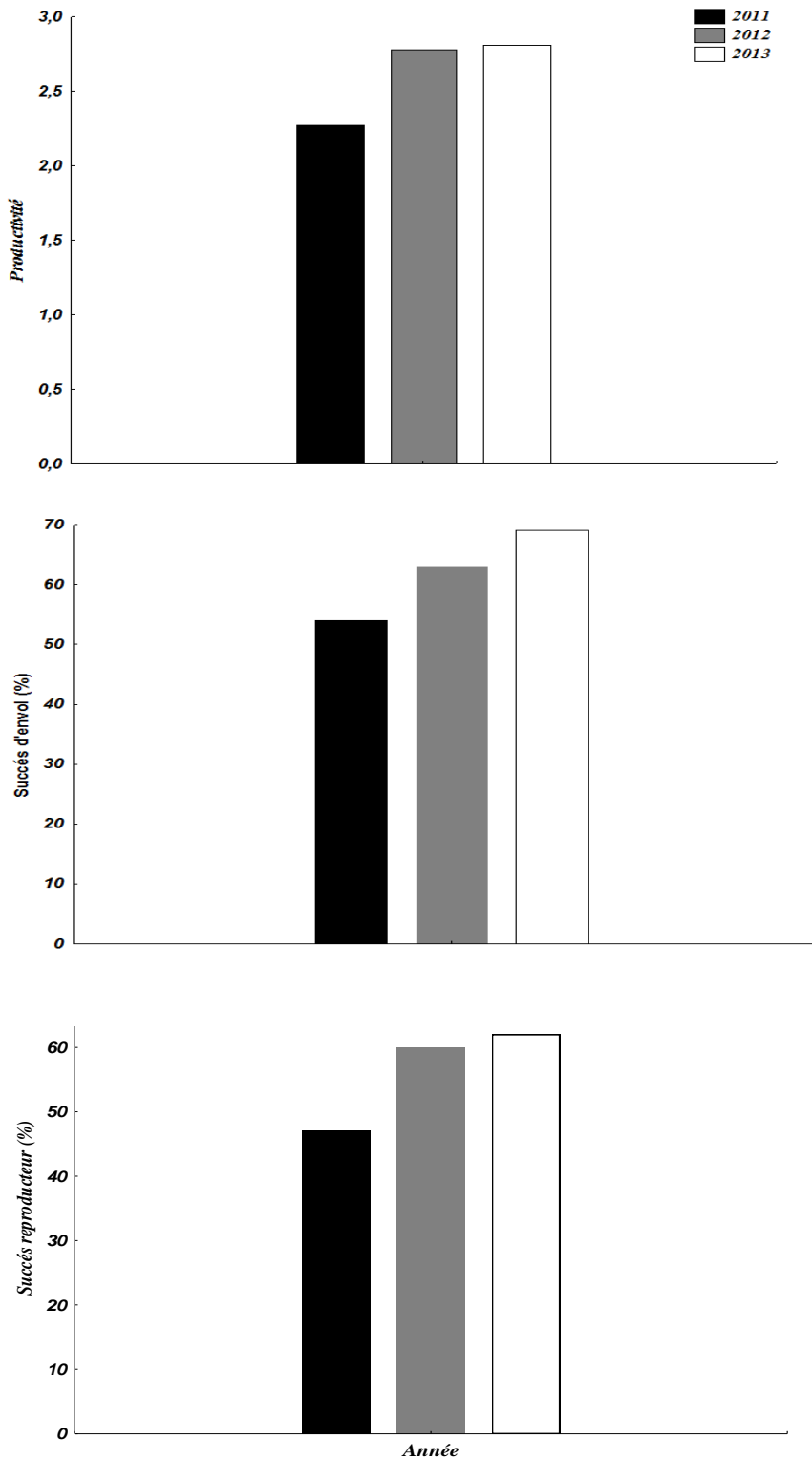


Figure 19 : Variation de la productivité, du succès d'envol et du succès reproducteur de la cigogne blanche entre les trois années d'étude 2011, 2012 et 2013 dans la région de Constantine.

D'après les résultats du tableau (11), le type de support influence la productivité, le succès d'envol et le succès reproducteur. Ainsi, les nids construits sur les poteaux (Type 2) engendrent les plus faibles nombres de poussins émancipés et les plus faibles valeurs du succès d'envol et succès reproducteur (Fig. 21).

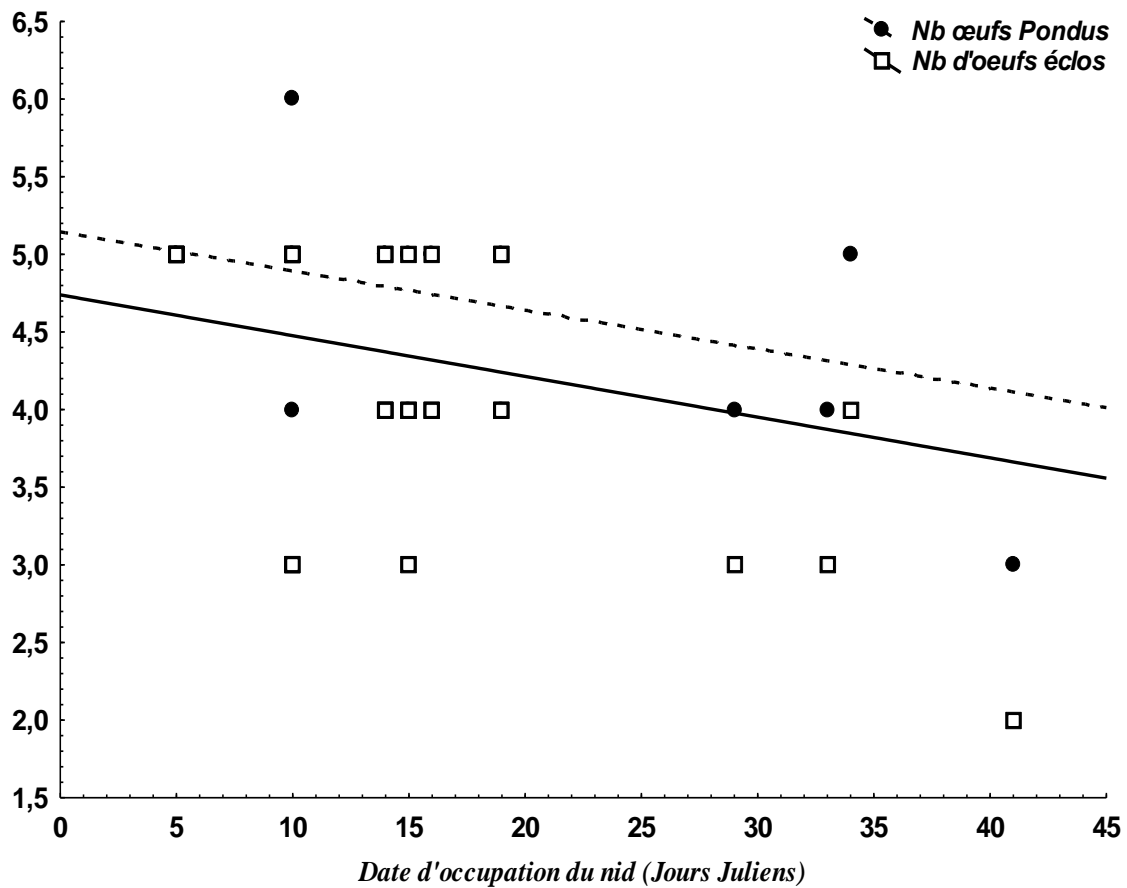


Figure 20. Courbe de régression montrant la corrélation entre le nombre d'œufs pondus, le nombre d'œufs éclos et la date d'occupation du nid de la Cigogne blanche dans la région de Constantine.

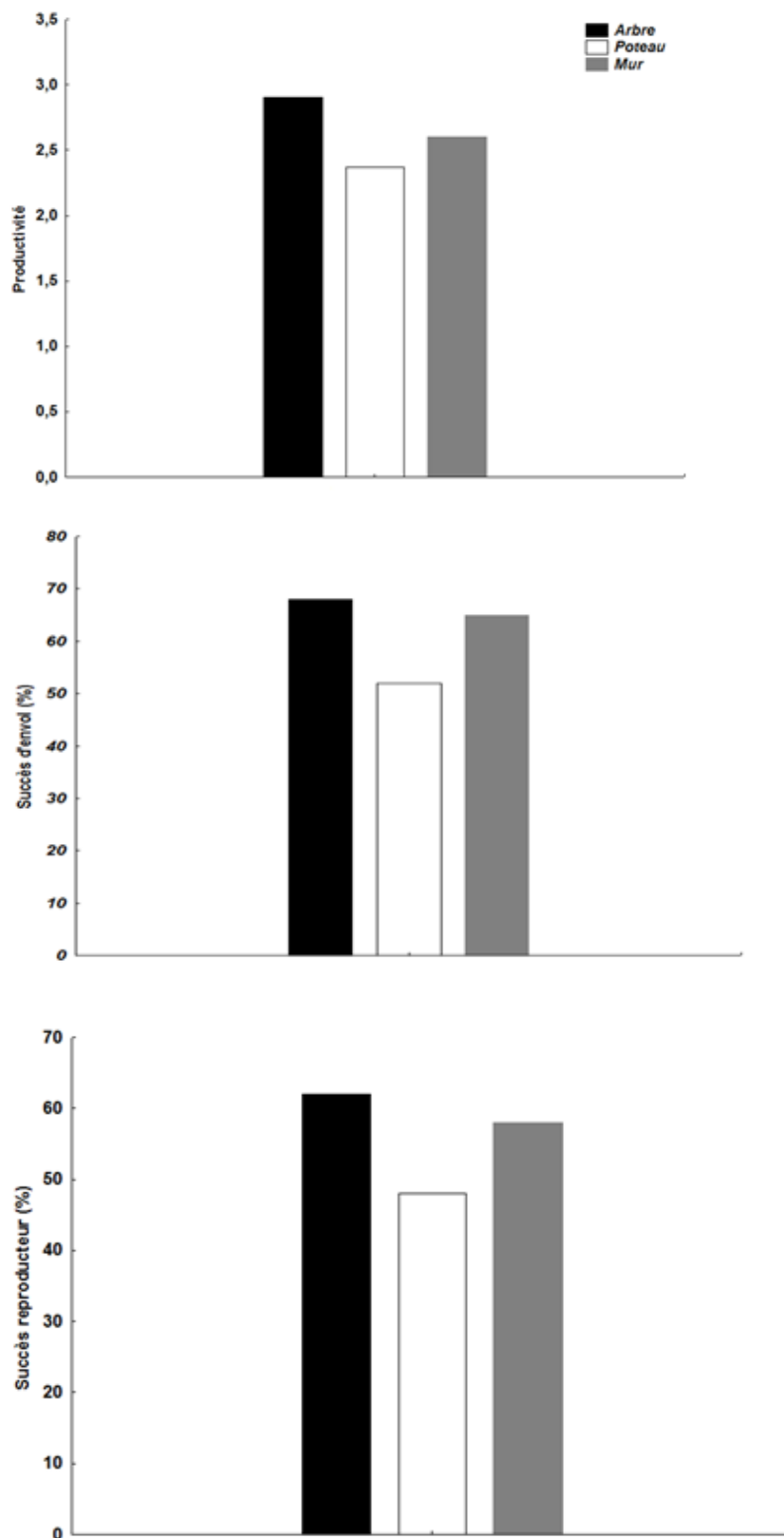


Figure 23. Variation de la productivité, le succès d'envol et le succès reproducteur en fonction du type de support

5. 7. Paramètres de croissance et facteurs affectant la croissance des poussins

5. 7 .1. Paramètres de croissance des poussins

Un total de 2756 mesures ont été réalisées sur le poids, la longueur du tarse, de l'aile et du bec de 65 poussins de Cigogne blanche durant la saison de reproduction 2013. Au cours de la période de développement, 16 poussins sont morts et quelques poussins n'ont pas été mesurés jusqu'à l'âge de 55 jours, devenant trop agressifs pour être manipulés en sécurité. En excluant les poussins morts à un âge précoce, les dernières mesures ont été prises à une moyenne de 46 jours de vie. La croissance de la masse corporelle, de la longueur du tarse et de l'aile n'est pas linéaire contrairement à celle de la longueur du bec. Dans 53% des cas, la croissance du poids des poussins est mieux expliquée par un modèle de Gompertz que par un modèle logistique (47%). La longueur du tarse est mieux représentée par un modèle logistique (89.6% des poussins) que par une fonction de Gompertz (10.4% des poussins). La croissance de la longueur de l'aile de 58 % des poussins est mieux expliquée par une fonction de Gompertz, contre 42% expliqué par une équation logistique (Tableau. 12, Fig. 22).

Tableau 12. Proportions des modèles logistiques et Gompertz ajustées à la croissance des poussins de cigogne blanche dans la région de Constantine au cours de l'année 2013.

Equations de courbe de croissance		
	Gompertz	Logistique
Poids	53%	47%
Tarse	10.4%	89.6%
Aile	42%	58%

Les données morphométriques sont bien ajustées par les modèles logistique et de Gompertz (la valeur moyenne du R^2 est de 99.4, 99.3 et 99.3 pour les modèles de Gompertz, logistique et linéaire respectivement).

L'estimation des paramètres montre des taux de croissance plus élevés (valeur importante de K , T et t_{10-90} plus courts) pour la masse corporelle par rapport à la longueur de l'aile et du tarse (Tableau. 13). La moyenne asymptotique de la masse corporelle est de 3396.2 g, la constante de croissance est de 0.115 et le point d'inflexion de la courbe de croissance du poids est atteint vers l'âge de 22.90 jours. Les poussins ont pris 34.85 jours pour passer de 10 à 90% du taux de croissance. Concernant la croissance du tarse, la longueur

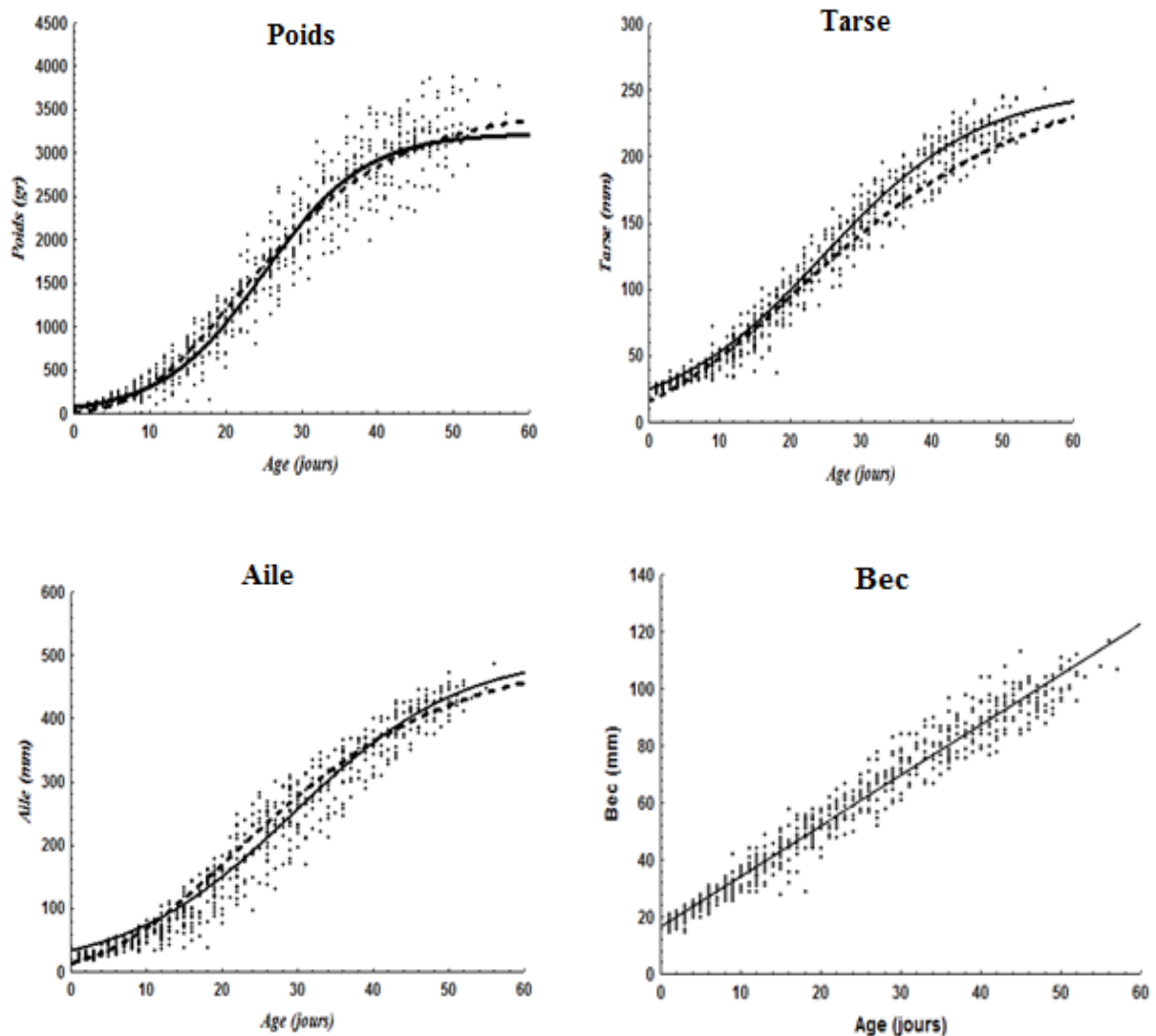


Figure 22. Mesures des données tracées en fonction de l'âge pour tous les poussins de la Cigogne blanche dans la région de Constantine. Pour le poids, la longueur du tarse et de l'aile, les traits pleins indiquent l'ajustement des modèles logistiques ($R^2=0.956$, 0.876 et 0.963 respectivement) et les lignes pointillées présentent l'ajustement des modèles de Gompertz ($R^2=0.957$, 0.874 et 0.964 respectivement). Dans le cas de la longueur du bec, le trait plein indique l'ajustement d'un modèle de régression linéaire ($R^2=0.964$).

asymptotique (A) était de 25.23 cm, l'âge au point d'inflexion (T) était de 24.3 jours et la constante de croissance du tarse était de 0.08. Le tarse a pris 51.63 jours pour croître de 10 à 90% de la longueur asymptotique.

Le taux de croissance maximale de la longueur de l'aile a été estimé à 50.3 cm, le taux de croissance (K) était de 0.07, le point d'inflexion a été atteint à 26.13 jours et le temps pris par les oisillons pour passer de 10% à 90% de la valeur asymptotique était de 50.1 jours (Tableau. 13).

La croissance de la longueur du bec suivait une équation linéaire. La constante de croissance du bec (b) était estimée à 0.177 et la valeur de l'intercepte (a) était de 1.657 cm (Tableau. 13).

Tableau 13. Moyennes des paramètres de croissance des poussins de la Cigogne blanche dans la région de Constantine durant l'année 2013. (A13) et en Grèce en 1997 (G97; TSACHALIDIS et al. 2005). R^2 est le coefficient de détermination, A est la valeur de l'asymptote, K est la constante de croissance (jours^{-1}), T est l'âge au point d'inflexion. a et b représentent respectivement l'intercepte et la pente du modèle linéaire de la longueur du bec.

Measures	R^2	A	SE	K	SE	T	SE	t_{10-90}
Masse (g)								
A13	0.99	3396.2	73.8	0.115	0.006	22.9	0.5	34.8
G97	0.97	3436.2	51.7	0.149	0.005	20.6	0.3	29.5
Longueur Tarse (mm)								
A13	0.99	252.3	2.8	0.080	0.002	24.3	0.4	51.6
G97								
Longueur Aile (mm)								
A13	0.99	503.0	5.0	0.070	0.002	26.1	0.7	50.1
G97								
Longueur Bec (mm)								
A13	0.99	16.6 ^a	0.4	1.77 ^b	0.02	-	-	-
G97	0.99	19.4 ^a	0.4	2.41 ^b	0.01	-	-	-

Comparés aux paramètres de croissance des populations de cigogne blanche en Grèce, les taux de croissance de la masse corporelle et de la longueur du bec des poussins dans notre

région d'étude sont moins importants (K masse: $z = 4.353$, $p < 0.001$; T masse: $z = 4.027$, $p < 0.001$; a bec: $z = 5.350$, $p < 0.001$; b bec: $z = 21.952$, $p < 0.001$), cependant, il n'y'a aucune différence significative de la valeur asymptotique de la masse corporelle ($z = 0.444$, $p = 0.657$) (Tableau 13).

5. 7. 2. Corrélations entre les variables explicatives

La présente étude a été menée dans la station de Massine au cours de la saison de reproduction 2013. La date d'occupation des nids a été enregistrée vers le 5 janvier et s'est étalée jusqu'au 10 février. La date de ponte a commencé le 9 mars et s'est terminée le 11 avril, les pontes contenaient de 3 à 5 œufs avec une moyenne de ponte de 4.33 (± 0.59). La taille des nichées variait entre 2 et 5 œufs (valeur moyenne 3.72 ± 0.95). Le nombre de poussins à l'envol est compris entre 2 et 5 poussins. Le nombre moyen de jours entre le premier et le dernier poussin éclos (dans la même nichée) ne dépasse pas 11 jours. Le nombre maximum de poussins perdus dans une couvée est de 2 poussins. Les statistiques descriptives des variables explicatives sont représentées dans le tableau. 14.

Tableau 14. Valeurs moyennes, min et max de la date de la première occupation, surface des nids, dates de ponte et d'éclosion, taille de ponte, productivité, asynchronisme et réduction de la couvée de la cigogne blanche enregistrés dans la région de Constantine au cours de l'année 2013.

	N	Moyenne \pm SD	Min	Max
Date de la première occupation	18	Janvier 16 \pm 11.0	Janvier 5	Février 10
Surface des nids (m ²)	18	1.61 \pm 0.68	0.43	3.06
Date de ponte	18	Mars 21 \pm 9.6	Mars 9	Avril 11
Date d'éclosion	18	Avril 22 \pm 10.0	Avril 11	Mai 12
Taille de ponte	18	4.33 \pm 0.59	3	5
Nombre de poussins éclos	18	3.72 \pm 0.95	2	5
Productivité	18	2.72 \pm 0.75	2	4
Asynchronisme (jours)	18	4.70 \pm 2.50	2	11
Réduction de la couvée	18	1.00 \pm 0.67	0	2

La date d'occupation du nid est positivement corrélée aux dates de ponte et d'éclosion. Cependant, cette date est négativement liée à l'aire du nid, la taille de ponte et le nombre de

poussins éclos (Tableau. 15). Les premiers couples arrivés vers les lieux de reproduction occupent les plus grands nids, commencent à se reproduire plus tôt et pondent et éclosent plus d'œufs.

La taille de ponte est positivement associée à la surface de l'aire du nid, le nombre de poussins éclos et la productivité. Il n'existe aucune relation significative entre l'asynchronie et les autres variables. La réduction de la nichée est positivement corrélée au nombre de poussins éclos. Nous n'avons observé aucune réduction dans les couvées de deux poussins.

5. 7. 3. Combinaison des variables explicatives.

Afin d'éviter l'utilisation des variables corrélées entre elles, nous avons procédé avec une analyse des composantes principales (ACP). Les trois premiers axes de l'ACP expliquent 84% de la variance. Ces trois premiers axes ont été utilisés comme nouvelles covariables. Le premier axe (CP1) comprend 44.3% de la variance. Les dates de ponte et d'occupation du nid présentent les composantes principales négatives les plus élevées sur cet axe ($< -0.70\%$) (Tableau. 16).

Cependant, la surface de l'aire du nid, la taille de ponte et le nombre de poussins éclos ont les plus importants scores positives ($> -0.70\%$). Ainsi, les valeurs positives de (PC1) indiquent des dates d'occupation du nid, de ponte et d'éclosion des œufs plus précoces, une surface de l'aire du nid plus large, des taille de ponte plus grande et un nombre plus important de poussins éclos. PC2 représente 25.1% de la variance. La composante positive la plus importante ($> 0.70\%$) a été trouvée pour l'asynchronie. Ainsi, les valeurs positives de PC2 indiquent une éclosion asynchrone. Finalement, le troisième axe principal (PC3) comptabilise 14.7% de la variance et les valeurs négatives désignent une grande réduction de la nichée. Malgré que PC2 et PC3 contribuent relativement à une faible fraction de la variation totale, nous les avons introduits comme covariables. En effet, lors de l'utilisation de l'ACP comme analyse statistique, certaines variables comportant une importance biologique peuvent ne pas être bien représentées par le premier composant (l'axe contribuant le plus à la variation totale). De ce fait, il est très important de sélectionner des covariables parmi les autres composants (PCs) en se basant non seulement sur leur contribution à la variation totale mais aussi en prenant en considération leur présentation des covariables d'origines (Tableau. 16).

Tableau 15. Corrélations de Spearman des variables utilisées pour expliquer la variation des paramètres de croissance des poussins de la Cigogne blanche durant la saison de reproduction 2013 dans la région de Constantine (n= 18 nichées)

	Aire du nid	Date ponte	Taille ponte	Date d'éclosion	Taille nichée	Asynchronie	Productivité	Réduction de la nichée
Date d'occupation du nid	$r = -0.83$ $p < 0.001$	$r = 0.58$ $p < 0.012$	$r = -0.77$ $p < 0.001$	$r = 0.55$ $p < 0.018$	$r = -0.54$ $p < 0.021$	$r = -0.03$ $p < 0.906$	$r = -0.28$ $p < 0.266$	$r = -0.45$ $p < 0.064$
Aire du nid		$r = -0.43$ $p < 0.072$	$r = 0.60$ $p < 0.008$	$r = -0.42$ $p < 0.082$	$r = 0.34$ $p < 0.166$	$r = 0.09$ $p < 0.729$	$r = 0.21$ $p < 0.401$	$r = 0.25$ $p < 0.327$
Date ponte			$r = -0.47$ $p < 0.050$	$r = 0.99$ $p < 0.001$	$r = -0.26$ $p < 0.291$	$r = 0.35$ $p < 0.150$	$r = 0.02$ $p < 0.936$	$r = -0.39$ $p < 0.109$
Taille ponte				$r = -0.44$ $p < 0.064$	$r = 0.69$ $p < 0.001$	$r = 0.14$ $p < 0.579$	$r = 0.61$ $p < 0.006$	$r = 0.29$ $p < 0.245$
Date d'éclosion					$r = -0.29$ $p < 0.247$	$r = 0.30$ $p < 0.219$	$r = 0.01$ $p < 0.969$	$r = -0.41$ $p < 0.089$
Taille nichée						$r = 0.47$ $p < 0.051$	$r = 0.70$ $p < 0.001$	$r = 0.63$ $p < 0.247$
Asynchronie							$r = 0.29$ $p < 0.241$	$r = 0.33$ $p < 0.178$
Productivité								$r = -0.11$ $p < 0.652$

Tableau 16. Contribution de la date d’occupation du nid, la surface de l’aire du nid, les dates de ponte et d’éclosion, la taille de ponte, le nombre de poussins éclos, la productivité, l’asynchronie et la réduction de la couvée dans les trois premiers axes de l’analyse des composantes principales.

	Facteurs		
	1	2	3
Date d’occupation du nid	-0.905	-0.006	-0.104
Aire du nid	0.757	0.017	0.209
Date de ponte	-0.706	0.630	0.077
Date d’éclosion	- 0.602	0.679	0.115
Taille de ponte	0.854	0.306	0.214
Nombre de poussins éclos	0.737	0.535	-0.259
Productivité	0.470	0.641	0.445
Asynchronie (jours)	-0.154	0.777	-0.448
Réduction de la couvée	0.464	-0.004	-0.858
Pourcentage de variance	44.33	25.06	14.70

5. 7. 4. Facteurs influençant les paramètres de croissance

Le taux de croissance de la longueur de l’aile est significativement affecté par l’ordre d’éclosion (Tableau. 17; Fig. 23). Le deuxième poussin éclos est plus petit que le premiers, cependant cette différence de taille s’estompe graduellement tout au long de la période de développement (Fig. 23).

Les estimations de l’asymptote et le t_{10-90} de la masse corporelle des poussins est positivement reliée au PC1, tandis que la constante de croissance est négativement corrélée au PC1 (Tableau. 17). Ainsi, les poussins des nids occupés précocement (et qui éclosent les premiers, tout au début de la saison de reproduction) atteignent une masse asymptotique élevée mais se développent plus lentement par rapport aux poussins des nids occupés tardivement. Malgré que la valeur asymptotique du poids tende à diminuer avec l’ordre de ponte, l’effet du rang n’est pas significatif en utilisant la procédure BH (Tableau. 17). Le deuxième poussin éclos se développe beaucoup plus vite par rapport aux premiers poussins de la nichée (une constante de croissance élevée), cependant l’effet n’est pas significatif en

utilisant la procédure BH. Nous n'avons trouvé aucun effet significatif de PC2, PC3 et de l'identité du nid sur les paramètres de croissance de la masse corporelle, mise à part un effet de l'identité du nid sur la constante de croissance du poids des poussins.

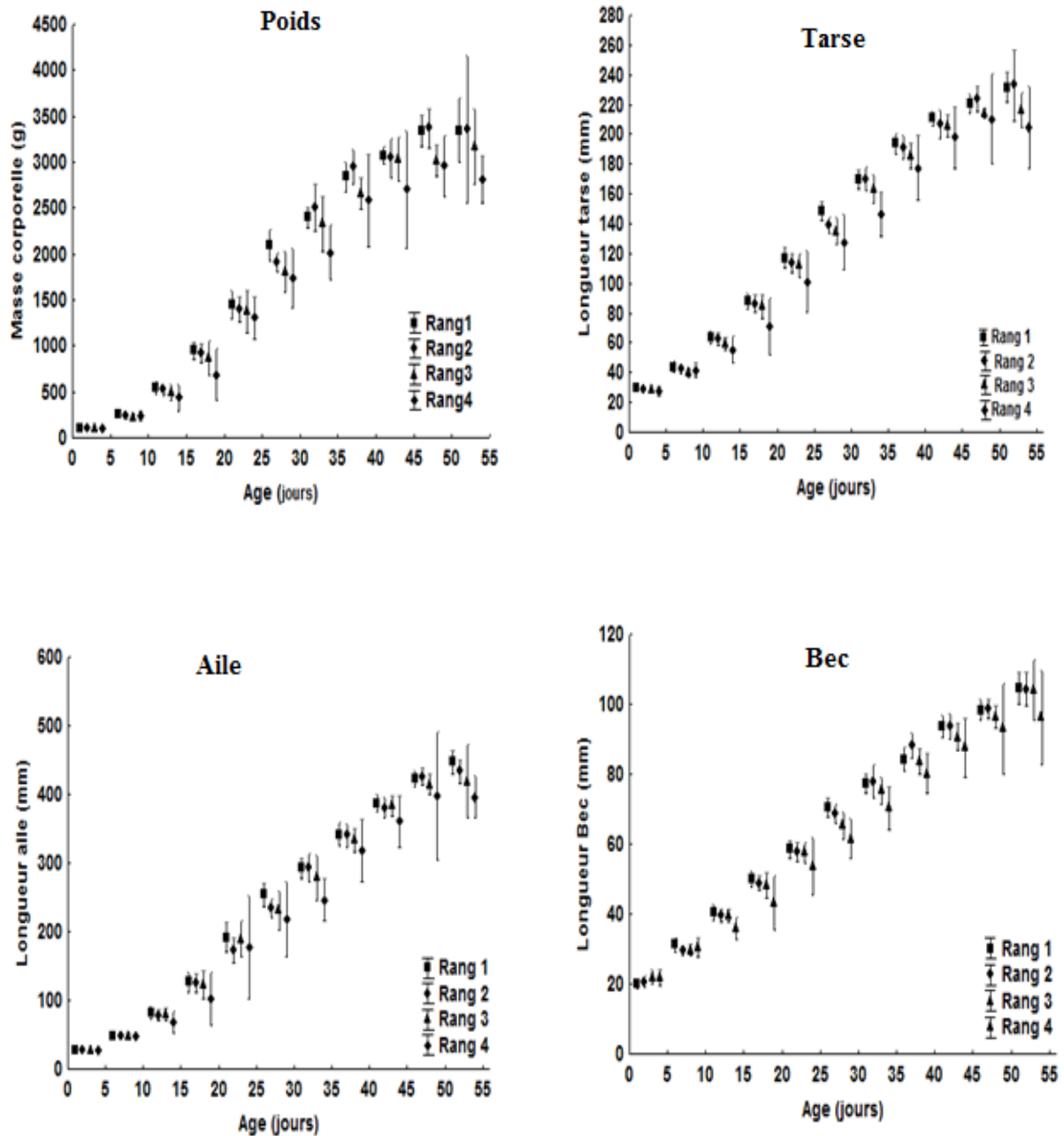


Figure 23. Moyennes de la masse corporelle, des longueurs du tarse, de l'aile et du bec du premier, deuxième, troisième et quatrième poussins éclos de la Cigogne blanche dans la région de Constantine (calculées à 5 jours d'intervalle. \pm SD: Erreur standard).

Tableau 17. Résultats des modèles mixtes linéaires généralisés utilisés pour tester l'effet de PC1, PC2 et PC3 et l'effet du rang sur les paramètres de croissance des poussins de la Cigogne blanche dans la région de Constantine durant la saison de reproduction 2013. Les valeurs de p corrigée par la procédure de Benjamini- Hochberg sont en **gras**; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$).

	A				K				T				t10-90			
	Estimation	SD	t	p	Estimation	SD	t	p	Estimation	SD	t	p	Estimation	SD	t	p
Poids	(g)															
PC1	151.498	35.996	4.208	<0.001	-0.012	0.003	-3.650	0.001	0.215	0.253	0.853	0.401	2.273	0.599	3.793	0.001
PC2	-43.619	47.829	-0.911	0.370	0.001	0.004	0.343	0.733	0.575	0.333	1.724	0.096	0.461	0.805	0.572	0.571
PC3	-19.215	61.796	-0.310	0.758	-0.0009	0.006	-0.147	0.883	-0.313	0.417	-0.749	0.460	0.326	1.085	0.301	0.765
Rang2	-151.297	141.442	-1.069	0.294	0.020	0.008	2.477	0.020	0.154	1.192	0.129	0.898	-1.751	1.457	-1.201	0.240
Rang3	-372.987	157.076	-2.374	0.025	0.013	0.009	1.489	0.148	-0.009	1.317	-0.007	0.994	-2.810	1.633	-1.720	0.097
Rang3	-265.804	218.653	-1.215	0.235	-0.001	0.013	-0.120	0.904	0.537	1.804	0.297	0.768	2.049	2.335	0.877	0.388
Longueur	Tarse(mm)															
PC1	-0.352	0.151	-2.325	0.029	-0.001	0.001	-1.244	0.225	-0.214	0.220	-0.973	0.340	0.696	0.945	0.736	0.468
PC2	0.149	0.201	0.740	0.466	-0.002	0.001	-1.483	0.151	0.060	0.393	0.207	0.837	0.994	1.261	0.788	0.438
PC3	0.288	0.241	1.195	0.243	-0.004	0.001	-2.441	0.022	-0.178	0.352	-0.506	0.616	2.114	1.529	1.381	0.179
Rang2	0.110	0.678	0.162	0.871	0.001	0.005	0.311	0.758	0.841	1.988	0.851	0.403	-1.472	4.049	-0.363	0.719
Rang3	0.069	0.791	0.087	0.930	-0.003	0.005	-0.527	0.602	-0.234	1.153	-0.203	0.840	-4.936	4.738	-1.041	0.307
Rang4	0.797	1.026	0.777	0.444	-0.0008	0.007	-0.114	0.909	4.277	1.494	2.861	0.008	2.201	6.164	0.357	0.724

Tableau 17. Résultats des modèles mixtes linéaires généralisés utilisés pour tester l'effet de PC1, PC2 et PC3 et l'effet du rang sur les paramètres de croissance des poussins de la Cigogne blanche dans la région de Constantine durant la saison de reproduction 2013. Les valeurs de p corrigée par la procédure de Benjamini- Hochberg sont en **gras**; $*:p < 0,05$; $** :p < 0,01$; $***:p < 0,001$).

	A				K				T				t10-90			
	Estimation	SD	t	p	Estimation	SD	t	p	Estimation	SD	t	p	Estimation	SD	t	p
Longueur	Aile (mm)															
PC1	-0.066	0.305	-0.219	0.828	-0.004	0.001	-3.436	0.002	-0.734	0.405	-1.813	0.084	0.852	0.514	1.656	0.112
PC2	0.100	0.387	0.259	0.798	0.006	0.001	3.882	0.001	2.277	0.530	4.294	<0.001	-0.392	0.651	-0.603	0.552
PC3	0.130	0.475	0.275	0.785	0.001	0.002	0.565	0.577	0.620	0.689	0.900	0.378	0.726	0.795	0.913	0.371
Rang2	-0.282	1.055	-0.267	0.791	-0.002	0.003	-0.614	0.545	0.584	0.979	0.597	0.565	2.427	1.829	1.326	0.198
Rang3	-0.973	1.202	-0.809	0.427	-0.0002	0.003	-0.057	0.954	0.310	1.118	0.277	0.784	1.093	2.084	0.524	0.605
Rang4	5.020	1.721	2.915	0.008	-0.015	0.005	-2.770	0.011	2.558	1.637	1.563	0.133	10.342	2.977	3.474	0.002

Tableau 18. Résultats des modèles mixtes linéaires généralisés utilisés pour tester l'effet de PC1, PC2 et PC3 et l'effet du rang sur les paramètres de croissance des poussins de la Cigogne blanche dans la région de Constantine durant la saison de reproduction 2013. Les valeurs de p corrigée par la procédure de Benjamini- Hochberg sont en **gras**; $*:p < 0,05$; $** :p < 0,01$; $***:p < 0,001$).

	a				b			
	Estimation	SD	t	p	Estimation	SD	t	p
Longueur	Bec (mm)							
PC1	0.0057	0.017	3.301	0.003	-0.003	0.001	-2.800	0.009
PC2	0.025	0.023	-1.089	0.286	-0.001	0.001	-0.845	0.405
PC3	0.085	0.030	2.851	0.008	-0.001	0.002	-0.709	0.484
Rang2	-0.045	0.065	-0.704	0.487	0.001	0.005	0.121	0.904
Rang3	0.069	0.072	0.957	0.347	-0.008	0.005	-1.519	0.140
Rang4	0.047	0.101	0.469	0.642	-0.015	0.007	-1.938	0.063

En utilisant la procédure de Benjamini-Hochberg (BH), aucune des variables explicatives n'affectent significativement les paramètres de croissance de la longueur du tarse. L'identité du nid n'a aucune influence sur les paramètres de croissance du tarse (Tableau. 19).

Tableau 19. Tests de l'effet de l'identité du nid sur les paramètres de croissance de la cigogne blanche dans la région de Constantine.

Paramètres	GLMM AIC	GLM AIC
Masse corporelle (g)		
<i>A</i>	684.6	683.7
<i>K</i>	-139.1	-131.1
<i>T</i>	269.0	267.0
<i>t10-90</i>	314.6	304.3
Longueur du tarse (mm)		
<i>A</i>	211.7	209.7
<i>K</i>	-189.2	-191.2
<i>T</i>	242.5	240.5
<i>t10-90</i>	359.4	357.5
Longueur du l'aile (mm)		
<i>A</i>	234.4	233.4
<i>K</i>	-192.2	-188.1
<i>T</i>	239.2	248.2
<i>t10-90</i>	275.4	274.4
Longueur du bec (mm)		
<i>a</i>	25.2	24.4
<i>b</i>	-195.4	-196.5

Les estimations de l'asymptote et du t_{10-90} de la longueur du l'aile sont positivement affectées par l'ordre de ponte, cependant la constante de croissance est négativement reliée au rang des poussins. Au sein de la même nichée, les derniers poussins éclos atteignent une valeur asymptotique plus élevée mais se développent beaucoup plus lentement par rapport aux derniers poussins éclos. PC1 affecte négativement la constante de croissance de l'aile. Les poussins des adultes qui arrivent tardivement (et donc qui éclosent plus tard) se développent

plus vite par rapport aux poussins de ceux qui arrivent les premiers. PC2 a un effet positif sur la constante de croissance de l'aile et le temps nécessaire à atteindre le point d'inflexion (t). Ainsi, les poussins des couvées avec une importante asynchronie se développent plus vite mais prennent plus de temps avant d'atteindre le point d'inflexion. L'identité du nid a un effet significatif sur la constante de croissance de l'aile et le temps nécessaire à atteindre le point d'inflexion (Tableau. 17).

L'intercepte de la longueur du bec est positivement corrélée au PC1, alors que le taux de croissance du bec est négativement affecté par PC1. Par conséquent, les poussins des couples nicheurs qui arrivent les premiers (et éclosent précocement) ont un bec plus long à la naissance mais se développe plus lentement par rapport au bec des poussins des couples nicheurs qui arrivent les derniers. PC3 a un effet positif sur l'intercepte de la longueur du bec, ainsi les poussins des nids avec une faible réduction de la nichée possèdent un bec plus long par rapport à ceux issus de nids avec une réduction importante de la couvée. PC2, l'ordre de ponte et l'identité du nid n'ont aucun effet sur les paramètres de croissance de la longueur du bec (Tableau. 17).

Chapitre 4: *Discussion*

Chapitre 4. Discussions

1. Importance numérique et dynamique des populations nicheuses de la Cigogne blanche dans la région de Constantine.

Entre 2010 et 2013, l'effectif de la population nicheuse de Cigogne blanche est passé de 1025 à 1149 nids, soit une augmentation de 12%. Simultanément au nombre de couples nicheurs, le nombre de couples qui se sont reproduit avec succès (HPm) a augmenté durant la période de recensement, il est passé de 902 en 2010 à 1090 en 2013. Le nombre de couples nicheurs recensé est le plus important comparé à d'autres régions de l'Algérie (DJERDALI, 2010; MOALI-GRINE et *al.* 2013). Cette importance numérique reflète un recensement exhaustif réalisé par nous même. En effet, la tendance à l'augmentation a été observée dans plusieurs régions de l'Algérie. Selon MOALI-GRINE (2004), le nombre de couples nicheurs en Algérie est passé de 2679 en 1995 à 5147 en 2001, le nombre de couples qui se sont réellement reproduit et élevé au moins un jeune a également augmenté en passant de 2555 à 4481 durant la même période. La dynamique des populations de Cigogne blanche dans la région de Sétif a suivi la même tendance que le reste des régions de l'Algérie. Selon DJERDALI (2010), le chiffre est passé de 875 couples en 2001 à 1192 en 2007 soit une augmentation de 26,6%. Dans la région du Constantinois, cet effectif est passé de 3381 nids en 1993 à 1812 nids en 2010 (DJERDALI, 2010). Cet essor démographique a été également observé dans les pays de l'Afrique du Nord. En Tunisie, le nombre de nids recensés est passé de 231 en 1998 à 303 nids en 1999 (AZAFZAF, 2002).

Cet accroissement des effectifs locaux et Nord africains s'inscrit dans le cadre de l'accroissement des effectifs de l'espèce dans toute son aire de nidification. Selon les résultats du 6^{ième} recensement international, la population mondiale a atteint 230,000 couples nicheurs (DENAC, 2010). La plus grande concentration des effectifs est située dans les pays dont les cigognes blanches empruntent la voie occidentale de migration. En 2005, l'augmentation a été estimée à 100% en Espagne (NABU, 2006). En France, le nombre de couples nicheurs est passé de 315 en 1995 à 941 en 2005 (THOMSEN et HÖTKER, 2006).

L'augmentation des effectifs dans la région de Constantine peut être expliquée par l'abondance des ressources alimentaires liée à la présence de terrains agricoles fertiles et bien irrigués. En effet, la superficie des terrains agricoles est estimée à 194 599.00 ha soit 87.30 % de la superficie totale de la wilaya. Les conditions climatiques dans les lieux de reproduction représentées essentiellement par la température et les précipitations peuvent avoir une influence sur le taux de survie des poussins qui constitueront les nouveaux recrues dans la

population nicheuse ce qui peut influencer les effectifs de cette espèce (SPARKS et TRYJANOWSKI, 2005; KOSICKI et INDYKIEWICZ, 2011). Le climat de la région est favorable au développement des poussins avec une pluviométrie annuel entre 400 et 600 mm et des températures moyennes de 16,2°C. La période du développement des poussins, qui correspond au mois de mai dans notre région est caractérisée par des températures moyennes tempérées variant entre 15 et 17 °C et des précipitations ne dépassant pas 50 mm. Cette tendance positive de la population nicheuse de Cigogne blanche dans la région d'étude s'accompagne d'une augmentation mondiale des effectifs de l'espèce. De ce fait, nous pensons que certains individus recensés dans la région peuvent venir de pays voisins. Selon DENAC (2010), les individus peuvent immigrer et émigrer entre populations. Des cigognes blanches de France, de Croatie, d'Allemagne et de Suisse ont été récemment observées se reproduire en Slovénie. Cependant, il est malheureusement impossible de savoir l'origine des individus en Algérie en l'absence de campagnes de baguage et de contrôles de bagues. L'augmentation de la population nicheuse peut également être liée au recrutement de nouveaux couples nicheurs (BERNIS, 1995; MOALI-GRINE, 2007). Vue la relation positive entre le succès reproducteur et le nombre de couples nicheurs ayant réussi leur reproduction (HPm) au cours des années 2010, 2011, 2012 et 2013 et que la majorité des jeunes cigogneaux commencent à se reproduire entre 3–5 ans, il se peut que cette augmentation soit causée par un succès reproducteur important durant la période d'étude.

L'amélioration des conditions d'hivernage dans la région du Sahel est également un facteur déterminant de l'augmentation du taux de survie des couples nicheurs (L'HOTE *et al.* 2002, NABU, 2006). L'adoption de nouvelles stratégies alimentaire, représentées principalement par les décharges publiques à ciel ouvert a un effet positif sur les effectifs des populations nicheuses de cette espèce (BOUKHTACHE, 2009; DJERDALI, 2010; MOALI - GRINE *et al.* 2013). La wilaya de Constantine dispose de plusieurs dépotoirs à ciel ouvert, la plus grande est celle d'Ain Smara, nous citons également celle de Ben Badis et Messaoud Boudjriou. Lors de nos sorties, des centaines de cigognes blanches ont été observés s'alimenter dans ces décharges. Le même phénomène a été constaté en Espagne (TORTOSA *et al.* 1996; 2002; GARRIDO et FERNANDEZ-CRUZ, 2003; PERIS, 2003; BLAZQUEZ *et al.* 2006) et en Pologne (KRUSZYK et CIACH, 2010). Selon ces auteurs, l'utilisation de ces décharges comme milieux de gagnage aurait augmenté le taux de survie des espèces en fournissant une source alimentaire inépuisable.

Dans la wilaya de Constantine, le nombre moyen de couple nicheurs ayant réussi leur reproduction est de $994,50 \pm 82.50$, ce qui représente 91,49 % de la totalité des nids occupés.

Cette valeur est supérieure à celles enregistrées par MOALI-GRINE (2007) pour toute l'Algérie durant l'année 2001 est qui est de 87%. Cependant le nombre de couples nicheurs avec au moins un jeune à l'envol reste similaire à celui reporté dans d'autres localités du pays et dans certaines régions de son aire de distribution (Tableau. 20).

Tableau 20. Pourcentage des couples nicheurs de cigogne blanche ayant réussi leur reproduction (HPm) en Algérie et dans quelques pays du monde.

Régions	% HPm	Auteur (Année)
Sébaou (Algérie)	91.82	BOUKHEMZA <i>et al.</i> (2007)
Sétif (Algérie)	82.18	DJERDALI (2010)
Béjaia	92.52	ZENNOUCHE (2002)
Pologne (Est)	70.83	DANILUK <i>et al.</i> (2006)
Slovénie	85.57	DENAC (2010)
Lettonie	91.50	JANAUS <i>et</i> STIPNIECE (2004)
Serbie	95.34	TUKACOV (2006)
Roumanie	82.32	BALTAG <i>et al.</i> (2009)
Turquie	33.21	YAVUZ <i>et al.</i> (2012)

Dans la région de Constantine, la densité moyenne durant les quatre années d'étude de 2010 à 2013 est estimée à $82,95 \pm 4.07$ couples/100 Km². Ceci la classe en première position sur l'échelle nationale (Tableau. 21). Cette valeur de la densité moyenne est due aux conditions environnementales et climatiques qui offrent un milieu favorable pour cette espèce.

L'occupation spatiale des nids montre que la Cigogne blanche colonise beaucoup plus la partie sud et centre de la wilaya. Les plus denses concentrations de cette espèce sont situées à El Hamma Bouziane et El Khroub avec 221 nids et 186 nids respectivement. L'effectif important des couples nicheurs dans ces régions peut être expliqué par la présence de terrains agricoles bien irrigués qui offrent un habitat de gagnage favorable pour cette espèce.

Tableau 21. Densité des couples nicheurs de la Cigogne blanche dans différentes régions d'Algérie et d'Europe.

Région	Densité moyenne (Nombre de couples nicheurs / 100km ²)	Source (Année)
Annaba	62.12	Données S.C.F (2007)
El Tarf	37.88	Données S.C.F (2007)
Sétif	33,03	DJERDALI (2010)
Mila	24.96	Données S.C.F (2007)
Bejaia	14,77	ZENNOUCHE (2002)
Batna	11,5	DJEDDOU et BEDA (2008)
Biskra	0.08	Données S.C.F (2007)
Lettonie	36.2	JANAUS et STIPNIECE (2000)
Serbie	26.9	TUCACOV (2009)
Pologne centrale	20	KALUGA et <i>al.</i> (2011)
Roumanie	4.17	BALTAG et <i>al.</i> (2009)

S.C.F: Service de Conservation des Forêt.

En effet, ces deux communes (El Hamma Bouziane et El Khroub) sont caractérisées par la présence de deux oueds importants, Oued Boumerzoug à El Khroub et Oued Rhumel passant par Hamma Bouziane.

Les plus faibles effectifs ont été observés dans les régions de Didouche Mourad et Zighoud Youcef avec 46 et 30 nids respectivement. Cette faible densité peut être expliquée par le relief de la région. Ces deux communes; situées au Nord de la Wilaya; sont caractérisées par la présence de vastes terrains montagneux non peuplés. La Cigogne blanche étant une espèce anthropophile qui construit ses nids principalement sur des habitations humaines; et à défaut d'arbres et de constructions tels que les toits de maisons, les minarets et les poteaux électriques, ces endroits n'offrent pas de sites favorables à la nidification de cette espèce. Une faible densité de cigogne blanche a été également constatée par DJERDALI (2010) dans les régions montagneuses au Nord de la wilaya de Sétif.

2. Caractérisation des sites des colonies

Un recensement exhaustif a permis de dénombrer 76 colonies de Cigogne blanche dans la région de Constantine. Les plus denses colonies sont observées dans les localités d'El Guentrat El Kahla avec 58 nids, Chaabet El Medbouh avec 57 nids ainsi que Rouknia qui compte 46 nids. La concentration importante des couples nicheurs dans ces localités peut s'expliquer par la présence de supports pour la construction des nids et l'abondance de terrains agricoles offrant des milieux de gagnages favorables à l'alimentation de l'espèce. Dans la première localité; El Guentrat El Kahla; les nids sont bâtis sur des arbres d'Eucalyptus situés près d'un affluent de Oued El Rhumel. En face de la colonie, nous constatons la présence de beaucoup de jardins, bien irrigués et cultivés par les habitants de la région. Selon TUKACOV (2006), les prairies inondées et les pâtures situés près des rivières sont des milieux de gagnage favorables pour cette espèce. Les deux autres localités Chaabet El Medbouh et Rouknia sont des concentrations d'habitations situés près des afflues d'Oueds et entourés de champs cultivés. Ce sont deux localités qui offrent différents types de supports pour la nidification de cette espèce, tels que les arbres, les toits de maisons et les poteaux électriques. La présence de supports pour la construction des nids et de milieux de gagnages favorables a contribué à l'accroissement des effectifs nicheurs dans les différentes colonies au cours des quatre années d'étude.

Dans la région de Constantine, 81% des colonies sont monospécifiques. Les colonies mixtes de l'héron garde-boeufs (*Bubulcus ibis*) et de cigognes blanches représentent 19% du total des colonies recensées. Par exemple; à Didouche Mourad; dans la localité de Guentret El Hdid, une colonie mixte comptait 26 nids de Cigognes blanche et 58 de hérons garde bœufs installés dans des nids distincts et séparés sur des arbres d'Eucalyptus. La présence de colonies mixtes a été signalée par plusieurs auteurs en Algérie, BOUKHEMZA et *al.* (2000) dans la vallée de Sébaou, DJEDDOU et BEDDA (2008) et BOUKHTACHE (2009) dans la région de Batna et SI BACHIR (2007) dans la région de la Kabylie de la Soummam. Selon SI BACHIR et *al.* (2012), cette espèce invasive est en pleine expansion en Algérie à cause des agrosystèmes intensifs et des habitas transformés par l'homme. Ce qui nécessite un suivi constant de ce nouvel échassier dans la région de Constantine.

Dans la région d'étude, 79 % des couples nicheurs choisissent les localités suburbaines. Les individus qui nichent près des villes et des agglomérations représentent uniquement 21 %. En effet, lors de nos sorties sur terrain; nous avons remarqué que les couples nicheurs se concentrent en colonies denses près des terrains agricoles et des zones

humides bien irrigués (oueds, lacs, étangs) à végétations abondantes qui offrent des milieux de gagnage favorables. Ces caractéristiques se trouvent surtout dans les régions suburbaines. Egalement, ces régions sont riches en arbres, qui constituent un support idéal pour la construction des nids. Ces résultats sont conformes à ceux trouvées par DJEDDOU et BEDDA (2006) dans la région de Batna. Par contre, selon Si Bachir et *al.* (2012), les plus denses colonies de cigogne blanche dans la région de Batna, sont localisées près des agglomérations urbaines et des décharges. Dans la région de Bejaia, les populations de Cigogne blanche préfèrent implanter leurs nids dans les zones urbaines (ZENNOUCHE; 2000). Selon MOALI-GRINE (1994), les Cigognes blanches construisent 64,35 % de leurs nids dans les agglomérations et 35,65% à l'extérieur de ces dernières. En Espagne, et dans la région de Madrid, 25% des couples nichent dans les fermes (VERGARA et *al.* 2007).

3. Caractérisation du site des nids

Dans la région de Constantine, la plus grande majorité des nids de Cigogne blanche ($46.71\% \pm 0.65$) est installée sur des arbres. Nous pensons que ces derniers constituent des supports naturels idéaux pour la nidification de cette espèce. Les Cigognes blanches utilisent les branchages pour la construction des nids. Lors du recensement, nous avons remarqué que des colonies très peuplées sont bâties exclusivement sur des arbres d'eucalyptus et de chêne vert (*Quercus ilex*). Nous citons; entre autres; la ferme Bendjelloul, la colonie de Guigaya Achour à Ain Smara ainsi que Guentret El Hdid à Didouche Mourad. Sur le territoire national, les arbres constituent le support le plus utilisé par la Cigogne blanche (MOALI GRINE, 2004; BOUKHEMZA et *al.* 2006). Dans la région de Sétif, entre 2002 et 2007, le taux d'occupation des arbres est le plus élevé, dépassant les 80 % en 2007 (DJERDALI, 2010). Les nids implantés sur les poteaux représentent 38.60 % (± 0.47). La colonie de Khennaba à Ibn Badis renferme plusieurs couples installés sur des poteaux électriques. L'utilisation des poteaux électriques comme support de nidification augmente continuellement dans la région. Passant de 400 nids en 2010 à 460 nids en 2013. La Cigogne blanche se sente probablement plus en sécurité dans ces nids élevés. Dans la région de Batna, 67,5 % des nids sont bâtis sur des supports artificiels (DJEDDOU et BADA, 2008). Dans la vallée de Sébaou, les poteaux et pylônes sont de plus en plus adoptés par les couples nicheurs de cigogne blanche (MOALI-GRINE, 2004; BOUKHEMZA et *al.* 2007). Ceci peut s'expliquer par l'électrification continue de nouveaux villages en Algérie. Selon TRYJANOWSKI et *al.* (2009), et d'après une étude réalisée en Pologne, le transfert des nids de cigogne blanche vers des poteaux électriques avec plateformes peut avoir à long terme un effet bénéfique sur la productivité de

cette espèce. Cette tendance à l'augmentation des nids construits sur les poteaux a été également signalée dans plusieurs régions d'Europe (GUZIAK et JAKUBIEC, 1999; FULIN, 1999; LOVASZI, 1999; RUBACHA et JERZAK, 2006; TRYANOWSKI *et al.* 2009). Dans la région d'étude, le taux d'occupation des toits, des cheminées, des grues et des réservoirs est faible et en baisse continue. Cette diminution peut s'expliquer par la destruction des anciennes habitations avec cheminées et toits en tuiles traditionnellement utilisés par cette espèce. L'enlèvement des nids par les habitants dès la fin de la saison de reproduction à cause de l'inconfort que provoquent leurs déjections a contribué également à cette baisse (DENAC, 2010).

78 % des nids construits sur des arbres sont en position centrale. En fait, cette position offre une meilleure stabilité au nid, et plus de sécurité surtout en période d'élevage des jeunes. Dans la région de Batna, 74% des nids sont installés en position centrale (DJEDDOU et BADA, 2006). Si Bachir *et al.* (2007) et dans un travail réalisé sur le Héron garde Bœuf dans la région de Bejaïa, signale que cette espèce niche de préférence dans les positions les plus proches au tronc d'arbres ce qui protège les nids des effets néfastes du vent.

Les Cigognes blanches préfèrent installer leurs nids sur des supports de hauteur moyenne (\pm SD) de 16.82 m \pm 9.42. Les nids situés à cette hauteur sont en sécurité de toute agression. Les œufs et les poussins sont protégés contre les prédateurs terrestres et le pillage par les humains (Observation personnelle). Selon BOUKHEMZA *et al.* (2007), la Cigogne blanche construit ses nids à différentes hauteurs afin de protéger les œufs et les poussins contre les contraintes du milieu et l'action anthropique.

Dans la région de Constantine, les nids de Cigogne blanche sont placés à une altitude moyenne (\pm SD) de 586 \pm 155m. Les nids les plus élevés sont situés à 911 m d'altitude. L'altitude maximale des nids reportés en Pologne était de 890 m (TRYJANOWSKI *et al.* 2005). En Turquie, le plus haut emplacement était à 436 m d'altitude. Dans d'autres régions de son aire de distribution géographique, des nids de cigogne blanche ont été reportés à 2500 m au Maroc, et à 1350 m en Europe (TRYJANOWSKI *et al.* 2005). Selon ONMUS *et al.* (2012), l'altitude influence fortement la sélection des sites de nidification chez cette espèce et joue un rôle déterminant dans sa distribution spatiale. En Pologne, il existe une association positive entre l'occupation altitudinale des nids et les performances de la reproduction. Il apparaît que par la colonisation de nouvelles régions à haute altitude, la cigogne blanche cherche des habitats favorables avec un climat et des ressources alimentaires abondantes. Par

conséquent, en présence de bonnes conditions climatiques, et avec la saturation de l'habitat dans les régions à moyenne altitude, cette espèce élargie son aire de répartition vers des milieux à haute altitude et occupe de nouvelles zones. Ce phénomène d'occupation de nouveaux sites que ce soit à basse ou à haute altitude. Sa relation avec le succès reproducteur de la cigogne blanche mérite un suivi à long terme dans la région d'étude.

4. Succès reproducteur des couples nicheurs

Dans la région de Constantine, le nombre de couples nicheurs ayant réussi à élever deux poussins reste le plus important durant les quatre années d'étude. Les couples avec quatre poussins sont les moins abondants. Aucun couple n'a réussi l'élevage de cinq poussins. Ceci a été également reporté par JANAUSS et STIPNIECE (2004) en Lettonie. Cependant, selon plusieurs auteurs, la majorité des couples nicheurs avec au moins un jeune à l'envol réussissent à envoler 3 poussins (JANAUSS ET STIPNIECE 2004, DANILUK *et al.* 2006; TUCAKOV, 2006; BOUKHEMZA *et al.* 2007; BALTAG *et al.* 2009). Cette fécondité faible peut s'expliquer par la diminution de la productivité avec la latitude, observée chez beaucoup d'espèces d'oiseaux. En général, les espèces ou populations situées plus au Nord produisent plus de jeunes que celle situées au plus au Sud.

La corrélation positive entre le succès reproducteur (JZm) et le nombre de couples nicheurs ayant réussi leur reproduction (HPm) reflète la présence d'un biotope favorable pour cette espèce. La densité importante des couples nicheurs dans la région d'étude n'a aucune influence sur le succès reproducteur. Au contraire, nous constatons même que le succès reproducteur augmente avec la prolifération des couples nicheurs dans la région. Les individus de cette espèce n'entrent pas en compétition sur les ressources alimentaires et les sites de nidification. Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par DJERDALI (2010) dans la région de Sétif et GRISHCHENKO (2004) en Ukraine. Malgré qu'un effet de la densité sur le succès reproducteur chez cette espèce a été reporté par plusieurs auteurs (BARBRAUD *et al.* 1999; SASVARI *et al.* 1999). Cependant, cet effet s'exerce uniquement lorsque les ressources alimentaires deviennent très limitées (DENAC, 2006). Cette abondance des ressources alimentaire peut s'expliquer par l'utilisation des décharges à ciel ouvert comme milieux de gagnage par la cigogne blanche (MARTINEZ, 1994; DJERDALI, 2010). Ces décharges sont une nouvelle source alimentaire riche et inépuisable pour cette espèce. La wilaya dispose de trois grandes décharges: celle d'Ain Smara, de Ben Badis et celle de Messaoud Boudjriou).

Le nombre moyen de jeune à l'envol JZm est estimé à 1.94 ± 0.11 . Cette valeur est faible par rapport à ceux reportées dans d'autres région de l'Algérie (MOALI-GRINE, 2004; BOUKHEMZA et al. 2007, MOALI-GRINE, 2007; DJERDALI, 2010) et en Europe (TUCAKOV, 2006; DANILUK et al. 2006; DENAC, 2010) (Tableau. 22).

Le succès reproducteur dépend de plusieurs facteurs et varie largement entre les individus de la même espèce et d'une saison de reproduction à l'autre. Selon TRYJANOWSKI et al. (2005), les conditions environnementales représentées principalement par le climat et l'abondance des ressources alimentaires sont des facteurs déterminants du succès reproducteur. La faible fécondité des couples nicheurs dans notre région d'étude peut être due aux conditions climatiques défavorables au développement des poussins.

Tableau 22. Nombre moyen de jeunes à l'envol (JZm) de cigogne blanche en Algérie et dans quelques pays du monde.

Régions	JZm	Auteur (Année)
Sébaou (Algérie)	2.40	BOUKHEMZA et al. (2007)
Sétif (Algérie)	2.46	DJERDALI (2010)
Pologne (Est)	2.7	DANILUK et al. (2006)
Slovénie	2.33	DENAC (2010)
Lettonie	2.3	JANAUS et STIPNIECE (2000)
Serbie	2.60	TUKACOV (2006)
Roumanie	2.73	BALTAG et al. (2009)
Turquie	3.82	YAVUZ (2012)
France (Charente Maritime)	3.2	BARBRAUD et al. (2009)
France (Alsace)	2.6 (1976-1990)	SCHIERER (1991)
France (Alsace)	2.5 (2003-2004)	MASSEMIN-CHALLET et al (2006)
France (Normandie)	3	CHARTIER (2001)
Suisse	2.4 (1965-1998)	MORITZI et al. 2001

4. 1. Chronologie d'installation et caractéristiques physiques des nids

Durant la période allant de 2011 à 2013, les premiers individus arrivés sur les sites de reproduction sont enregistrés entre le 05 janvier et le 10 février avec une date moyenne le 15 janvier. En effet, les dates d'arrivées sont très variables d'une région à une autre et d'une année à une autre dans la même région (Tableau. 23).

Les dates d'arrivées enregistrées dans la région de Constantine sont beaucoup plus précoces par rapport à celles reportées dans plusieurs régions d'Algérie par Jespersen (1949). Selon cet auteur, la date moyenne d'arrivée des cigognes se situe entre le 08 et le 09 février pour la période allant de 1928 à 1935 et entre le 31 janvier et le 1er février pour la période de 1936 à 1942. En effet, plusieurs auteurs ont signalé un avancement dans les dates d'arrivée des cigognes blanches dans plusieurs régions de son aire de répartition.

Ce nouveau comportement a probablement provoqué un séjour plus long dans les quartiers de reproduction et une arrivée plus précoces dans toute l'aire de répartition des cigognes qui n'a pas été reportée auparavant.

Tableau 23. Données comparatives sur les dates d'arrivée des Cigognes blanches dans quelques régions d'Algérie et d'Europe.

Régions	Dates d'arrivées	Auteur (Année)
Slovénie	5 Mars	FULIN <i>et al.</i> (2009)
Pologne (Ouest)	11 Mars	PTASZYK <i>et al.</i> (2003)
France	1 ^{er} Mars	BARBRAUD <i>et al.</i> (2009)
La péninsule ibérique	31 Décembre	GORDO <i>et al.</i> (2007)
Tizi-Ouzou	03 Février	BOUKHEMZA (2000)
Bejaia	28 Décembre	ZENNOUCHE (2002)
Batna	07 Janvier	DJEDOU <i>et</i> BADA (2006)
Batna	28 janvier 2007	BOUKHETACHE (2009)
Tébessa	15 Janvier	SBIKI (2009)
Sétif	3 Février	DJERDALI (2010)

Chez les oiseaux migrateurs, la date d'arrivée vers les lieux de reproduction est une stratégie adaptative qui influence directement le succès reproducteur des individus et par conséquent leur aptitude phénotypique «Fitness» (HOTKER, 2002). Les individus qui arrivent les premiers sont en meilleur état physique ou moins parasités par rapport à ceux qui arrivent tardivement (MØLLER et *al.* 2004; TRYJANOWSKI et *al.* 2005). Un changement du comportement migratoire des cigognes blanches a été observé dans la péninsule ibérique, depuis le milieu des années 1980. Un nombre de plus en plus élevé de cigognes passent l'hiver en Espagne (MARTINEZ, 1994; TORTOSA et *al.* 1995; PRIETO, 2002; VERGARA et *al.* 2004). Ces espèces préfèrent utiliser les décharges à ciel ouvert comme source d'alimentation au lieu de migrer vers d'autres lieux à la recherche de la nourriture.

Selon le tableau. 23, les Cigognes blanches d'Europe de l'est arrivent beaucoup plus tardivement en comparaison à celle de l'Algérie. Selon GORIUP et SCHULZ (1991), les populations orientales de cigogne blanche arrivent 10 à 20 jours plus tard que les populations occidentales. Nous pensons que cette différence est liée au trajet emprunté lors de la migration des lieux d'hivernage, beaucoup plus long dans le cas des Cigogne blanches de l'Europe de l'est.

La cigogne blanche construit des nids de grande taille avec une forme circulaire ou ovale. Dans la région de Constantine, la hauteur moyenne des nids est de 18 avec un diamètre moyen de 13 cm environ. Le plus grand nid recensé dans les trois colonies d'étude est bâti sur un toit en tuile d'une ancienne maison dans la localité de Guigaya Achour. Sa hauteur est de 2m 90cm avec un diamètre de 2m 20cm, selon les habitants, ce nid existe depuis plus de 50 ans et il est renouvelé chaque année par le couple qui l'occupe au début et durant toute la période de reproduction. Selon BAJERLEIN et *al.* (2006), Le nid de la cigogne blanche peut atteindre 80 à 150 cm de diamètre pour une hauteur comprise entre 40 à 120 cm. La hauteur moyenne des nids mesurés en Espagne est de 180 cm pour un diamètre de 150cm et une profondeur moyenne de 60cm (VERGARA et *al.* 2010). Des nids de 2.5 m de diamètre ont été reportés (SCHULZ, 1998).

L'application d'une analyse de la variance à un facteur a montré une variation significative de la taille des nids entre les trois stations d'étude. Les nids de la deuxième station sont plus grands par rapport à ceux de la première et la troisième station. Ceci peut être expliqué par l'ancienneté des nids dans cette localité par rapport aux deux autres colonies. Selon les habitants de la région cette colonie existe depuis plus de 40 ans. En plus, la plus part des nids dans cette localité sont bâtis sur des arbres et les habitants ne peuvent pas y accéder à

cause du branchage et la hauteur importante de ces derniers. La cigogne blanche étant fidèle à son site de nidification (BARBRAUD *et al.* 1999; CHERNETSOV *et al.* 2006, VERGARA *et al.* 2006) ne cesse de le reconstruire et d'ajouter de nouveaux matériaux année après année et même tout au long de la saison de reproduction. Donc les nids les plus anciens sont généralement de plus grande taille par rapport aux nouveaux (VERGARA *et al.* 2010).

Contrairement aux résultats trouvés par VERGARA *et al.* (2010) sur la variation de la taille des nids de Cigogne blanche en Espagne durant la période de 1999 à 2008, et ceux de DJERDALI (2010) dans la région de Sétif, nos résultats n'ont montré aucun effet de la saison de reproduction (de l'année) sur l'aire des nids. Ce résultat peut s'expliquer par la destruction des nids dans une des trois colonies (village de khennabe). Les nids dans cette colonie sont bâtis sur des poteaux électriques et à cause des coupures d'électricité entraînées par les cigognes blanches, à chaque fin de saison de reproduction, les habitants les détruisent complètement et les cigognes reconstruisent les nids au début et tout au long de la prochaine saison de reproduction. Ce résultat peut également être lié au nombre d'années réduit dans la présente étude. Les mesures de la taille des nids ont été effectuées sur une période de trois années seulement. Selon VERGARA *et al.* (2010), l'augmentation de la taille des nids de Cigogne blanche s'effectue à des taux constants années après années. La mesure du changement de la taille des nids dans la région de Constantine mérite d'être poursuivie sur un plus long terme.

Dans les trois colonies, la différence de la taille des nids entre le début et la fin de la saison de reproduction est significative au cours des trois années d'étude. Les couples de cigogne blanche ajoutent continuellement de nouveaux matériaux aux nids tout au long de la saison de reproduction (SCHULZ, 1998). Il paraît que ce comportement semble être matière de continuité dans la reproduction. Selon VERGARA *et al.* (2010), la construction du nid cesse en absence de ponte et le nid est abandonné. Il a été démontré que les poussins de cigogne blanche peuvent souffrir d'un taux de mortalité élevé durant les premiers stades de leur développement liée à la faible capacité de maintenir leur endothermie (CARRASCAL *et al.* 1993; TORTOSA et CASTRO, 2003). L'apport de nouveaux matériaux aux nids augmente durant la période de ponte et de développement des poussins. Ceci peut être lié au maintien de la température du nid nécessaire à la vie des jeunes cigogneaux. Au cours de cette période, la cigogne blanche ajoute des petites branches d'arbre et d'autres matériaux (du plastique des ficelles et des fils en métal) aux bordures du nid probablement afin d'empêcher la perte des œufs sous l'effet du vent ou la chute des poussins (observations personnelles). La

maintenance du nid peut être une cause de l'augmentation de la taille de ce dernier entre le début et fin de la saison de reproduction. Les nids de cette espèce peuvent se détériorer sous l'effet du vent ou de la pluie, mais également lors des disputes avec d'autres adultes pour la possession du nid. Nous avons remarqué que la cigogne blanche continue la construction du nid même après l'envol des poussins, ce comportement ne peut s'expliquer que par la fidélité de cette espèce à son site de nidification (BARBRAUD *et al.* 1999).

Chez la cigogne blanche, la date d'occupation du nid est fortement liée à la taille de ce dernier. Les plus grands nids sont occupés par les premiers arrivés tout au début de la saison de reproduction. Ce résultat concorde avec celui trouvé par DJERDALI *et al.* (2013) dans la région de Sétif. Selon VERGARA *et al.* (2010), la taille des couvées est plus importante chez les couples qui occupent les nids de plus grandes surfaces. Ceci est probablement lié à l'expérience et donc à l'âge de ces oiseaux. Les individus les plus âgés ou en meilleure état physique arrivent les premiers sur les lieux de nidification et occupent les plus grand nids (TORTOSA et REDONDO, 1992; VERGARA *et al.* 2006; 2007; BARBRAUD *et al.* 1999; KOSICKI *et al.* 2004; TRYJANOWSKI *et al.* 2004; TRYJANOWSKI et SPARKS, 2008; FULIN *et al.* 2009; DJERDALI *et al.* 2013; BENHARZALLAH *et al.* 2015).

La sélection d'un grand nid par les premiers arrivés sur les lieux de reproduction peut avoir plusieurs causes. Les adultes qui occupent les grands nids ont plus de chance de trouver un partenaire parce qu'il reflète la qualité physique du constructeur (POGANY et SZEKELY, 2007). Un nid de grande surface peut contenir plus d'œufs et plus de poussins qu'un nid de petite taille. Le choix d'un nid d'une grande surface permet à la cigogne; qui est de grande taille; de mieux se poser dessus sans casser les œufs. Il y'a également moins de risques que les poussins tombent lors des exercices d'envol.

4. 2. Taille des pontes et caractéristiques physiques des œufs

L'analyse des résultats obtenus dans la région d'étude au cours des trois années, montre que la ponte des œufs commence vers le 12 mars et se termine vers le 14 avril.

Nous avons assisté à une ponte de remplacement dans la colonie de Massine au cours de l'année 2011. Un couple avait perdu une nichée complète de 5 œufs. D'après les personnes habitants sur les lieux, il s'agissait probablement d'une prédation par les serpents. Cependant, nous soupçonnons beaucoup plus une action anthropique parce que nous n'avons pas assisté à la disparition de d'autres nichées complètes. La deuxième ponte (de remplacement) s'est produite deux jours après la perte de la nichée et la femelle a pondue deux œufs qui n'ont pas

éclos. Les dates de ponte sont similaires à celle reportées dans plusieurs régions de l'Algérie et dans quelques pays d'Europe (Tableau 24). Cependant, les dates de ponte en Europe de

Tableau 24. Données comparatives sur les dates de ponte de Cigogne blanche dans quelques régions d'Algérie et d'Europe.

Régions	Les premières dates de ponte	Auteur (Année)
France	13 Mars	MASSEMIN-CHALLET et al (2006)
Pologne (Ouest)	22 avril	KOSICKI et INDYKIEWICZ (2011)
Tizi-Ouzou	15Mars	BOUKHEMZA (2000)
Bejaia	10 Mars	ZENNOUCHE (2002)
Batna	15Mars	DJEDOU et BADA (2006)
Batna	24 Mars	BOUKHTACHE (2009)
Tébessa	23Mars	SBIKI (2009)
Sétif	3 Février	DJERDALI (2010)

Selon KOSICKI et INDYKIEWICZ (2011), les dates de ponte varient d'une région à l'autre et d'une année à l'autre dans la même région. Il a été démontré que la date de ponte est liée à la date d'arrivée (VERGARA et *al.* 2007; TRYJANOWSKI et SPARKS, 2008). Les individus qui arrivent les premiers pondent des œufs plus précocement par rapport à ceux qui arrivent tardivement. Selon REYNOLDS et *al.* (2003), la date de ponte peut être également liée à la nourriture supplémentaire. Les premiers arrivés vers les lieux de reproduction sont en meilleur état physique, ces derniers sélectionnent les meilleurs habitats au tour des sites de nidification et ont plus de chance de trouver un partenaire plus vite que les derniers arrivés. Ces oiseaux bénéficient de plus de temps pour accumuler des réserves énergétiques due à l'abondance de la nourriture tout au début de la saison de reproduction, ce qui leur permet d'acquiescer une meilleure condition physique avant la reproduction et par conséquent commencer la ponte plus tôt en comparaison à ceux qui arrivent tard. Dans la région de

Constantine, le nombre d'œufs par ponte oscillait entre 3 et 6 avec un mode de 5 œufs et ceci pour les trois colonies et durant les trois saisons de reproductions. Dans la région de Sétif, DJERDALI (2010) avait mentionné un mode de 4 œufs. Le même résultat a été trouvé par DJEDDOU et BEDDA (2008) dans la région de Batna. Cependant, les nichées de trois œufs sont les plus abondantes dans les régions de Béjaia et Tizi-Ouzou (ZENNOUCHE, 2002; FELLAG, 2006). La taille moyenne de ponte est nettement plus supérieure à celle observée dans d'autres régions du pays (ZENNOUCHE, 2002; DJEDDOU et BEDDA, 2006; FELLAG, 2006; BOUKHEMZA *et al.* 2007). En Pologne, la taille moyenne de ponte est de 4.05 (PROFUS *et al.* 2004). En France, cette valeur est beaucoup plus faible, elle est de 3.2 (BARBRAU *et al.* 1991). Nous pensons que cette valeur importante de la taille de ponte est liée à la richesse du milieu riche en ressources trophiques et au climat favorable dans la région d'étude (Tableau 25).

La taille moyenne de ponte varie entre les trois stations d'étude et au cours des trois saisons de reproductions. La taille moyenne de ponte (\pm SD) la plus importante (5.12 ± 0.35) est observée dans la colonie de khennaba au cours de l'année 2011. En effet, la taille et la date de ponte de la cigogne blanche peuvent être influencées par l'effet de la nourriture supplémentaire et les facteurs environnementaux (NEWTON et MARQUIS, 1981; MARTIN, 1995, APARICIO, 1994; DJERDALI, 2010).

Tableau. 25. Données comparatives de la taille moyenne de ponte (\pm SD) dans différentes région du monde et de l'Algérie

Région	Source	Taille de Ponte
Danemark	3.8	SKOV (1991)
France	3.2	BARBRAUD <i>et al.</i> (1991)
Espagne	4.1	TORTOSA <i>et al.</i> (2003)
Grèce	4.8	GOUTNER et TSACHALIDIS (2007)
Tizi-ouzou	3.14	BOUKHEMZA (2000)
Bedjaia	3.47	ZENNOUCHE (2000)
Vallée de Sébaou	3.17	BOUKHEMZA <i>et al.</i> (2007)
Batna	4.04	DJEDDOU ET BEDDA (2006)
Sétif	4.21	DJERDALI <i>et al.</i> (2008)

Le type et l'abondance des proies reliés à la diversité et la disponibilité des habitats trophiques peuvent également influencer la taille de ponte chez cette espèce (ALONSO et *al.* 1991; THOMSEN et STRUWE, 1994; OZGO et BOGUCKI, 1999). Il est à signaler que la colonie de khennaba est située à seulement 1km d'une décharge à ciel ouvert.

Nous pensons que cette différence de taille de ponte entre les trois colonies d'étude est due à l'abondance de la nourriture assurée par la décharge. La nourriture supplémentaire semble augmenter les qualités physiques des parents de cigogne blanche (physical fitness) et particulièrement ceux des femelles et par conséquent influencer positivement la taille de ponte (TRYJANOWSKI et KUZNIAK, 2002; TORTOSA et *al.* 2003). Selon DJERDALI (2010) dans une étude réalisée dans la région de Sétif, les nids avec une nourriture supplémentaire avaient augmenté leur taille de ponte en relation avec cette nourriture additive.

La différence de la taille de ponte entre les trois saisons de reproduction peut s'expliquer par les conditions environnementales représentées essentiellement par la pluviométrie. Au cours de l'année 2011, la pluviométrie enregistrée au cours des mois de février, mars et avril (ceux qui précède la ponte) représente 53.6% du total des précipitations annuelles. DJERDALI (2010), dans la région de Sétif avait trouvé un effet supplémentaire de la pluviométrie sur la taille de ponte qui augmente avec les fortes précipitations. La pluviométrie élevée durant la période qui précède la ponte augmente les ressources trophiques dans le milieu et les femelles augmentent leur taille de ponte en réponse à cette disponibilité alimentaire (LLOYD, 1999). En plus de la nourriture supplémentaire et des facteurs environnementaux, la qualité des femelles semble jouer un rôle déterminant. Des évidences expérimentales réalisées sur les passereaux suggèrent que les femelles ajustent leur taille de ponte en fonction de leur propres qualités (SLAGSVOLD, 1986; SLAGSVOLD et LFJELD, 1988). Les facteurs qui affectent la taille de ponte dans la région de Constantine nécessitent plus d'investigation.

Les dimensions moyennes des œufs (longueur, la largeur et le volume) de cigogne blanche nichant dans la région de Constantine sont sensiblement plus petites que ceux mesurés dans d'autres régions du monde et en l'Algérie. Selon Profus et *al.* (2004), en Pologne, le volume moyen des œufs est estimé à $100 \pm 6.92 \text{ cm}^3$. Ce volume est de 95.57 ± 7.62 dans la région de Sétif (DJERDALI, 2010). Les différences des caractéristiques physiques des œufs d'oiseaux sont étroitement liées aux différences entre les femelles et ces dernières sont soumises aux conditions environnementales (NAGER, 1994; POLAK, 2010). Selon CHRISTIANS (2002), la variation de la taille des œufs au sein des populations de la même

espèce sont liés à la structure des organes reproducteurs de la femelle. Plusieurs études ont démontré que la taille des œufs peut être positivement liée à l'âge (WIGGINS, 1990; WEIMERSKIRCH, 1992) à l'expérience (THOMPSON et HALE, 1991; SYDEMAN et EMSLIE, 1992) ou à la taille des femelles (KVALNES, 2013) supportant l'idée que la taille des œufs reflète la qualité parentale.

L'absence d'un effet positif de la taille de ponte sur la taille des œufs trouvée dans le présent travail a été également signalée par YOSEF et ZDUNIAK (2004) dans une étude sur les populations nicheuses de la pie grièche migratrice (*Lanius ludovicianus*) dans le Sud de la Floride. La relation positive entre la taille des œufs et la taille de ponte n'a pas été trouvée chez beaucoup d'espèces d'oiseaux (NILSSON et SVENSSON, 1993; JARVINEN, 1996; CHRISTIANS, 2002; SURMACKI et al. 2003; ZDUNIAK et ANTCZAK, 2003; PROFUS et al. 2004). Nos résultats ne supportent pas les prédictions basées sur l'hypothèse des dimensions optimales des œufs concernant l'existence d'une relation négative entre la taille de ponte et celle des œufs. En effet, les variations de la taille des œufs sont beaucoup plus liées à la qualité maternelle (maternal quality) représentée essentiellement par l'âge, l'expérience et la structure corporelle des femelles que par la taille de ponte (SYDEMAN et EMSLIE, 1992; WEIMERSKIRCH, 1992; KVALNES et al. 2013).

Nous avons trouvé que le volume des œufs est significativement affecté par l'ordre de ponte. Au sein de la même nichée, la taille des œufs augmente pour les trois premiers œufs pondus ensuite elle diminue très vite pour le 4^{ième} et le 5^{ième} œuf. Nous pensons que, durant la production des premiers œufs; la femelle utilise des réserves accumulées durant plusieurs jours avant la ponte. Par contre, au cours de la formation des derniers œufs, la femelle dépend essentiellement sur l'alimentation disponible deux jours avant. Il semble que la femelle accumule des réserves énergétiques avant l'initiation de la production des œufs. Ces réserves sont utilisées au début de la ponte et s'épuisent tout au long de cette période (qui s'échelonne sur une dizaine de jours chez la cigogne blanche) provoquant ainsi une diminution de la taille des œufs (PIEROTTI et BELLROSE, 1986). Chez plusieurs espèce d'oiseaux, la taille des œufs varie significativement avec l'ordre de ponte au sein de la même nichée (CLARK et WILSON 1981; LEBLANC, 1987; FORBES et ANKNEY, 1988). Le patron de la variation de la taille des œufs au sein de la même couvée suit généralement un model typique chez la même espèce. La taille des œufs peut augmenter (HOWE, 1976; MEAD et MORTON, 1985) ou diminuer (PARSONS, 1972; NISBET et COHEN, 1975) ou même augmenter pour les premiers œufs et diminuer pour les derniers œufs pondus (WILLIAMS et al. 1993). Cette variation de la taille des œufs dans la même couvée peut être influencée par plusieurs facteurs,

tels que la nourriture supplémentaire (SIMMONS, 1994; APARICIO, 1999; AMAT et al. 2001; CLIFFORD ET ANDERSON, 2001; DJERDALI, 2010), la saison de reproduction (JOVER et al. 1993) ou même être du à des contraintes physiologiques et nutritionnelles des femelles. Cela peut être aussi une stratégie adaptative pour améliorer le succès reproducteur (APARICIO, 1999).

La variation de la taille des œufs est souvent interprétée dans le contexte de l'éclosion asynchrone (HOWE, 1976; O'CONNOR, 1978; CLARK et WILSON, 1981; SLAGSVOLD 1986; STOKLAND et AMUNDSEN, 1988; SLAGSVOLD et LIFIELD, 1988). Selon O'connor (1978), la taille des œufs est ajustée pour optimiser la compétition entre les poussins. Selon l'hypothèse de la réduction de la nichée (SCHUZ in LACK, 1947), le dernier œuf pondu doit être relativement petit afin d'accentuer la hiérarchie de taille entre les poussins et par conséquent faciliter la réduction de la couvée en cas de manque de ressources alimentaires (SLAGSVOLD et al. 1984). Contrairement à cela, chez d'autres espèces d'oiseaux, le dernier œuf pondu doit être relativement plus large afin de diminuer les inconvénients liés à l'éclosion asynchrone (CLARK et WILSON, 1981).

Dans la présente étude, le volume des œufs de cigogne blanche diminue avec l'ordre de ponte. Ce résultat a été également trouvé par DJERDALI (2010) dans la région de Sétif et chez d'autres espèces asynchrones (BOLLINGER, 1994).

Une relation positive entre le volume des œufs et la masse des poussins à l'éclosion a été trouvée dans ce présent travail mais également chez d'autres espèces d'oiseaux (SHANAWANY, 1987; WILLIAMS, 1994). L'effet significatif du volume des œufs sur la masse des poussins de la Pétrel des neiges (*Pagodroma nivea*) à l'éclosion a été démontré par AMUNDSEN (1995). Selon O'CONNOR (1979), les œufs de grande taille peuvent être bénéfiques en produisant des poussins avec beaucoup de réserves nutritionnelles. Il est possible que ces œufs, de plus grande taille, contiennent plus de macroéléments, d'hormones, d'antioxydants et de vitamines que ceux de petite taille (PINOWSKA et al. 2004). Donc, la taille des œufs est un des rares mécanismes utilisés par les femelles pour influencer la survie des poussins (AMUNDSEN et STOCKLAND, 1990; BLACKBURN, 1991; SIMMONS, 1994; WILLIAMS, 1994; GOTH et EVANS, 2004; PROFUS et al. 2004). Les poussins éclos de gros œufs se développent plus vite et ont un poids plus important à l'envol que ceux qui proviennent des œufs plus petits (SCHIFFERLI, 1973; HEGYI, 1996; AMAT et al. 2001; MITRUS et ROGALA, 2001; GOTH et EVANS, 2004).

4. 3. Paramètres du succès de reproduction

La fécondité de la Cigogne blanche dans la région de Constantine varie d'une station à l'autre et d'une année à l'autre. Le taux et le succès d'éclosion les plus élevés sont enregistrés dans la colonie de khennaba par rapport aux deux autres colonies (Massine et Guigaya Achour). En effet, les nids de cette station sont bâtis sur des poteaux électriques d'environ 13m de hauteurs. Dans plusieurs régions de son aire de nidification, la cigogne blanche utilise de plus en plus les poteaux et les pylônes comme support de nidification (GUARRIDO et FERNANADEZ-CRUZ 2003, TRYJANOWSKI et *al.* 2003, TRYJANOWSKI et *al.* 2008). Ce résultat est probablement dû à la hauteur de ces supports qui protège les œufs et les poussins de cigogne blanche des différents prédateurs tels que les mammifères ou les reptiles ou même contre l'action de l'homme. La proximité de la décharge peut également avoir un effet positif sur le taux et le succès d'éclosion. En présence d'une source d'alimentation abondante, les parents passent plus de temps dans la couvée et la protection des œufs au lieu d'aller chercher la nourriture loin du nid. La faible taille de nichée et le succès reproducteur bas enregistré dans la station de Massine sont surtout dus à la perte de la nichée (composée de 5 œufs) dans cette station. Nous avons assisté également lors de nos sorties à des pertes d'œufs provoquées par les disputes entre les adultes lors de la période de ponte (probablement pour la possession du nid). Les œufs s'écrasent accidentellement sous les pattes de Cigognes lors de la défense du nid.

Les valeurs du succès d'envol et du succès reproducteurs les plus élevées s'observent dans la station de Massine au cours de l'année 2012. La colonie de Massine est une ferme entourée de champs bien irrigués durant toute l'année ce qui offre un milieu riche en ressources alimentaires. Cette disponibilité de la nourriture favorise le développement des poussins et influence positivement le succès reproducteur. Les faibles valeurs du succès reproducteur enregistrées au cours de l'année 2011 sont surtout liées au taux de précipitations très élevés au cours des mois d'Avril, Mai et Juin qui correspondent aux premiers jours de développement des poussins. Selon JOVANI et TELLA (2004), les précipitations importantes accompagnées de chutes des températures sont très dangereuses pour la survie des jeunes poussins.

4. 4. Facteurs affectant le succès reproducteur

Au cours de cette étude, nous avons trouvé que la saison de reproduction affecte significativement le succès reproducteur de la Cigogne blanche. C'est en 2013 que nous avons

enregistré les valeurs les plus importantes du nombre de poussins à l'envol, du succès d'envol et du succès reproducteur. Ces résultats peuvent être expliqués par les conditions climatiques. Le développement des poussins de cigogne blanche dans la région d'étude se déroule au cours des mois d'avril, mai et juin. Au cours de l'année 2013, ces mois sont les moins pluvieux par rapport aux deux autres années d'étude (2011 et 2012). Nous n'avons pas assisté également à des chutes de températures importantes. Ces conditions climatiques sont optimales pour le développement des poussins.

La présence d'un effet positif de la localisation du site de la colonie de Guigaya Achour sur les paramètres de reproduction de la Cigogne blanche peut être expliquée par la proximité de cette colonie de la décharge de Ben Badis. Selon (LACK, 1954), l'un des facteurs les plus importants influençant le succès reproducteur chez les oiseaux est la disponibilité alimentaire. Chez plusieurs espèces, la taille de ponte est positivement corrélée à l'abondance de la nourriture (NEWTON et MARQUIS, 1981). En effet la colonie de Guigaya Achour se trouve à moins de 1km d'une décharge à ciel ouvert. Nous pensons que cette proximité de la charge a constitué un abondant et constant supplément alimentaire pour les couples nicheurs ce qui a positivement influencé le succès reproducteur. Au cours de cette étude, nous avons trouvé que la taille de ponte, le nombre d'œufs éclos et le nombre de poussins émancipés sont très importants dans la troisième station, celle de Khennaba. Lors de nos sorties, nous avons vu les adultes de cigogne blanche partir des nids et aller vers cette décharge pour s'alimenter. Nous avons même trouvé de la nourriture qui provient de ces décharges dans les nids. Plusieurs études suggèrent la présence d'une relation positive entre l'accumulation des réserves énergétiques chez les femelles et la taille de ponte (ANKNEY et MACINNES, 1978; ANKNEY et *al.* 1991). Nous pensons que la présence de la décharge fournit une source alimentaire constante et inépuisable pour les femelles de cigogne blanche dans la colonie de khennaba, et ceci leur permette d'accumuler des réserves importantes avant la ponte et d'utiliser ces réserves nutritives pour produire un plus grand nombre d'œufs. En présence d'un supplément de nourriture à proximité (représenté ici par la décharge), les femelles n'ont pas besoin de s'éloigner du nid pour chercher de la nourriture et par conséquent elles passent plus de temps à couvrir les œufs et s'occuper des poussins ce qui les protège du danger lié à la prédation et augmente le succès reproducteur (BOLLINGER et *al.* 1990; GRIECO, 2002). Chez la cigogne blanche, l'effet de la nourriture supplémentaire sur la taille de ponte a été obtenu par GOMEZ-TEJEDOR et DE LOPE (1993) et TORTOSA et *al.* (2002). Dans la région de Sétif, selon une étude réalisée par DJERDALI et *al.* (2008), les nids

situés à moins de 200m d'une décharge présentent une taille de ponte et un succès d'éclosion plus élevés par rapport aux autres colonies.

Lors de cette étude, il a été démontré que les premiers nids occupés au début de la saison de reproduction contiennent un nombre d'œufs pondus plus élevé par rapport à ceux occupés tardivement. Ce résultat a été également trouvé par d'autres auteurs, qui signalent que les individus qui arrivent les premiers vers les lieux de reproduction occupent les plus grands nids dans les meilleurs emplacements et accomplissent de plus grandes tailles de pontes (TRYJANOWSKI *et al.* 2004; VERGARA *et al.* 2007; SI BACHIR *et al.* 2008; TRYJANOWSKI *et SPARKS*, 2008; FULIN *et al.* 2009). Nous avons trouvé également que le nombre d'œufs éclos est plus important chez les couples qui arrivent les premiers. En effet, durant la période d'incubation, les conditions physiques des parents sont d'une très grande importance. Les mâles qui arrivent tôt au début de la saison de reproduction ont plus de chance d'avoir une femelle en bonne condition physique en comparaison de ceux qui arrivent les derniers (BETY *et al.* 2004; TRYJANOWSKI *et SPARKS*, 2008). Ceci est compatible avec l'hypothèse de la qualité parentale (parental-quality hypothesis), qui prédit que les caractéristiques des parents influencent leur fécondité (LORENTSEN, 1996; SAETHER *et al.* 1997; WEIDINGER, 1998; BARBRAUD *et CHASTEL*, 1999). Les premiers individus arrivés vers les lieux de reproduction sont en meilleures conditions physiques (MØLLER *et al.* 2004). Ces individus sélectionnent les meilleurs habitats et accumulent assez de réserves nutritives nécessaires à la formation et à l'incubation des œufs et par conséquent arrivent à éclore plus d'œufs.

Le choix du site du nid constitue une stratégie adaptative employée par les parents dans le but de maximiser la survie des poussins (MEANLEY *et WEBB*, 1963; BROWN *ET SHINE*, 2006). L'effet du type de support du nid sur les paramètres de reproduction a été étudié sur plusieurs espèces d'oiseaux (MARTIN, 1993; SI BACHIR *et al.* 2008). Dans plusieurs régions de son aire de nidification, la cigogne blanche utilise de plus en plus les poteaux et les pylônes comme supports de nidification (GUARRIDO *et FERNANDEZ-CRUZ*, 2003; TRYJANOWSKI *et al.* 2003; TRYJANOWSKI *et al.* 2008). Dans la région de Constantine, les nids construits sur les poteaux (Type 2) engendrent le moins de poussins émancipés et les plus faibles valeurs du succès d'envol et succès reproducteur. Ce résultat est probablement dû au danger d'électrocution qui met fin à la vie des poussins. En effet, lors de nos sorties, nous avons remarqué l'électrocution de plusieurs jeunes poussins dans plusieurs nids de la station de khennaba. La chute des poussins due à l'effet du vent est une autre cause de mortalité des poussins dans la région d'étude. Les nids

bâti sur les poteaux se trouvent à une hauteur de 13m environ et la chute des poussins est fatale. Contrairement à nos résultats, TRYJANOWSKI *et al.* (2009) n'ont trouvé aucune différence de productivité entre les nids de cigogne blanche bâtis sur les poteaux et ceux construits sur d'autres supports tels que les arbres, les toits et les cheminées. Nous recommandons plus d'études concernant l'effet du choix des poteaux électriques comme supports de nidification sur les paramètres de reproduction.

5. Reproduction et paramètres de croissance des poussins de cigogne blanche

Dans la région de Constantine, les dates d'occupation des nids sont beaucoup plus précoces par rapport à ceux enregistrés en Europe (BARBRAUD *et al.* 1999; PTASZYK *et al.* 2003; GORDO *et al.* SANZ, 2008; FULIN *et al.* 2009; KOSICKI, 2010). Ceci est probablement dû à la distance du trajet emprunté par les cigognes blanches lors de la migration des quartiers d'hivernage vers les lieux de reproduction. Ce trajet est plus court dans le cas des populations de l'Afrique du nord (GEROUDET, 1978; GORDO *et al.* 2013). Nous avons trouvé que les premiers couples arrivés vers les sites de nidification occupent les plus grands nids, commencent à se reproduire plus tôt et accomplissent des nichées de plus grandes tailles par rapport à ceux qui arrivent tardivement. Nos résultats sont en accord avec ceux trouvés dans d'autres recherches sur les oiseaux qui suggèrent que les adultes qui arrivent précocement, sélectionnent les meilleurs sites de nidification dans les milieux les plus favorables (TRYJANOWSKI *et al.* 2004; SI BACHIR *et al.* 2008). Chez ces oiseaux, les pontes sont beaucoup plus précoces et de plus grande taille (VERGARA *et al.* 2007; TRYJANOWSKI *et al.* SPARKS, 2008; FULIN *et al.* 2009). Contrairement à certaines études réalisées sur la cigogne blanche à l'Ouest de Pologne (TRYJANOWSKI *et al.* 2004; TRYJANOWSKI *et al.* SPARKS, 2008) mais en accord avec d'autres effectuées en Espagne (VERGARA *et al.* 2007; GORDO *et al.* 2013) et en Slovénie (FULIN *et al.* 2009) nous n'avons pas trouvé de corrélation négative entre la date d'occupation du nid et la productivité. En effet, la relation entre la date d'occupation du nid et la productivité peut être spécialement compliquée et varier d'une année à l'autre (GORDO *et al.* 2013). La taille moyenne de ponte reportée dans notre région est similaire ou légèrement plus grande que celle reportée en Europe (TORTOSA *et al.* 2003; PROFUS *et al.* 2004; KOSICKI, 2010). Ceci peut s'expliquer par l'abondance des ressources alimentaires (TORTOSA *et al.* 2003). La réduction de la nichée est reliée au nombre de poussins éclos. Généralement, la mort des poussins survient 1 à 2 semaines après l'éclosion (N.B., Données non publiées; KOSICKI, 2012). Une augmentation similaire de la réduction de la nichée avec le nombre de poussins

éclos a été observées dans plusieurs études (STEIDL et GRIFFIN, 1990; VINUELA, 2000). La réduction de la nichée permet d'augmenter la ration alimentaire délivrée aux poussins qui reste en vie, et il est bien connu que les parents ajustent la taille de la nichée suivant leur propre habilité à se procurer de la nourriture (DIJKSTRA et al. 1990). La masse corporelle et le taux de croissance du bec des cigognes en Grèce sont plus importants en comparaison avec ceux reportés en Algérie (TSACHALIDIS et al. 2005). Ces résultats supportent l'hypothèse de l'existence d'une variation géographique dans les paramètres de croissance entre les individus de la même espèce (intraspécifique). Cependant, nous ne pouvons exclure d'autres sources de variation. Des résultats similaires ont été trouvés chez d'autres populations d'oiseaux telles que : la mésange charbonnière (*Parus major*) (Barba et al.1993) ou le damier du cap (*Daption capense*) (WEIDINGER, 1997). La variation géographique intraspécifique des paramètres de croissance peut être le résultat de la combinaison de plusieurs facteurs tels que les conditions climatiques, la disponibilité des ressources alimentaires et le provisionnement alimentaire (RICKLEFS, 1973; RICHNER, 1989; RHYMER, 1992).

La croissance du bec des poussins de cigogne blanche augmente linéairement jusqu'à l'âge de 55 jours. La forme de la courbe suggère l'utilisation d'un modèle linéaire pour décrire la croissance du bec. Ce résultat a été également trouvé par TSACHALIDIS et al. (2005) qui affirment que la croissance du bec des poussins; chez cette espèce; continue même après l'envol.

Nos résultats suggèrent que les poussins des nids occupés précocement, éclosent les premiers mais se développent beaucoup plus lentement par rapport aux poussins des nids occupés plus tard. Ceci est particulièrement le cas de la masse corporelle, la longueur des ailes et du bec. Nous pensons que ce résultat est dû à des nichées de taille importante qui sont nourries par les parents qui arrivent les premiers vers les lieux de reproduction. Malgré un taux de croissance plus faible, les poussins des premiers couples arrivés ont plus de temps pour atteindre un poids asymptotique plus élevé par rapport aux derniers poussins éclos. Ceci s'explique par le fait que les premiers couples arrivés sur les sites de nidification bénéficient d'une durée plus longue pour s'occuper de leurs progénitures par rapport aux adultes qui arrivent plus tard. Ces oiseaux profitent de l'abondance de la nourriture tout au début de la saison de reproduction pour fournir plus de nourriture à leurs poussins durant toute la saison d'élevage. Alternativement, le taux de croissance élevé des poussins éclos tardivement reflète une augmentation de l'effort de provisionnement par les derniers couples arrivés qui ont moins de temps pour s'occuper de leurs poussins avant la diminution de la nourriture au rapprochement de l'été. Un taux de croissance élevé a été également observé chez les

poussins du manchot royal (*Aptenodytes patagonicus*) et la Cigogne blanche (VAN HEEZIK et al. 1993; TRYJANOWSKI et al. 2011). Probablement, un développement plus rapide des derniers poussins éclos leur permet de quitter le nid à temps.

L'effet significatif de l'identité du nid sur quelques paramètres de croissance (la masse corporelle, la constante de croissance et le temps nécessaire pour arriver au point *d'inflexion* de la longueur de l'aile) peut refléter la variation dans la performance des parents pour élever leurs poussins. Effectivement, comme tous les nids sont situés dans la même colonie et que tous les couples se nourrissent à quelques kilomètres de leurs sites de nidification (JOHST et al. 2001) la différence de la qualité d'habitat autour des nids est exclue.

L'ordre d'éclosion affecte uniquement la longueur de l'aile. Le dernier poussin éclos montre une longueur asymptotique de l'aile plus importante, un taux de croissance plus faible et une période de développement plus longue. Ces résultats sont similaires à ceux reportés sur la croissance du poids, du tarse et des plumes primaires du vautour égyptien (*Neophron percnopterus*) par DONAZAR et CEBALLOS (1989): à l'intérieur de la même nichée, le dernier poussin éclos se développe plus lentement par rapport aux premiers éclos de la fratrie. Chez le milan noir (*Milvus migrans*), HIRALDO et al. (1990) suggèrent que le dernier poussin éclos se développe à un taux plus faible par rapport au premier poussin dans le nid. La différence de taille et de poids entre le premier et le dernier poussin éclos peut être expliquée par l'asynchronie d'éclosion. Au sein de la même nichée, les derniers éclos sont, en général, de plus petite taille et d'un poids plus faible en comparaison aux premiers éclos (BITTON et al. 2006; WEGRZYN, 2012). Selon DJERDALI et al. (2008), les couples nicheurs de cigogne blanche contrôlent la distribution de la nourriture, ce qui permet aux parents de mieux investir dans le plus gros poussin sous des conditions environnementales défavorables. Cependant, nos résultats suggèrent que le second poussin éclos tend à se développer plus vite et à la fin de la période de croissance, aucune différence de valeurs asymptotique n'est observée sauf pour la croissance de l'aile. Le quatrième poussin éclos atteint même une longueur asymptotique des ailes plus élevée (TRYJANOWSKI et al. 2011). D'autres facteurs, non abordés dans ce travail, tels que la variabilité sexuelle, peuvent expliquer cette différence de croissance. Des conclusions finales ne peuvent être prononcées avant l'étude de ces facteurs. Au sein de la même nichée, la hiérarchie de taille causée par l'éclosion asynchrone augmente la mortalité des derniers poussins éclos et cause la réduction de la couvée. Selon VINUELLA (1999), l'éclosion asynchrone est associée à une mortalité élevée reliée à l'abondance de la nourriture. La réduction de la nichée permet aux parents de minimiser les efforts nécessaires pour nourrir les poussins. Par l'élevage d'un nombre plus réduit de

poussins, les parents peuvent satisfaire les besoins de leurs progénitures. La réduction de la nichée cause une augmentation de la ration alimentaire des poussins qui restent en vie dans la nichée, permettant ainsi des taux de croissance plus importants (DIJKSTRA et al. 1990).

Les poussins issus des nids où la réduction est faible ont un bec plus long à l'éclosion par rapport à ceux des nids avec une réduction plus importante. Vu que la réduction de la nichée est moins importante dans les petites couvées, on peut en conclure que les poussins nés avec un bec plus long proviennent d'œufs plus larges (WEIDINGER, 1997). Les femelles investissent probablement plus dans la taille que dans le nombre des œufs. D'autres facteurs peuvent intervenir tels que l'âge et l'expérience des femelles (CHRISTIANS, 2002).

Pour conclure, la présente étude est la première à mettre en évidence les paramètres de croissance de la cigogne blanche dans la partie Sud de son aire de répartition. Nous avons trouvé que les taux de développement des poussins sont plus faibles que ceux reportés chez les populations nord européennes suggérant ainsi la présence d'une variation géographique.

Nos résultats indiquent que la croissance des poussins est influencée par plusieurs facteurs tels que la date d'occupation du nid, la date et la taille de ponte, l'éclosion asynchrone, la réduction de la nichée, le rang des poussins et l'identité du nid. Ces résultats suggèrent que ces facteurs doivent être pris en considération lors des études ultérieures sur les paramètres de croissance.

Conclusion

Conclusion

Le recensement de la population nicheuse de cigogne blanche dans la région de Constantine durant la période allant de 2010 à 2013 fait état de 1149 nids. Durant ces quatre années d'étude, l'effectif des couples reproducteurs a augmenté de 12%. Cette évolution positive s'inscrit dans une tendance globale à l'augmentation des effectifs de cette espèce dans toute son aire de nidification observée depuis le début des années 1990.

L'augmentation des effectifs dans la région de Constantine peut être expliquée par l'abondance des ressources alimentaires liée à la présence de terrains agricoles fertiles et par des conditions climatiques favorables au développement des poussins qui constitueront les nouveaux recrues dans la population nicheuse. L'amélioration des conditions d'hivernage dans la région du Sahel ainsi que l'adoption de nouvelles stratégies alimentaires, représentées principalement par les décharges publiques à ciels ouverts sont considérés également comme des facteurs déterminant de l'augmentation du taux de survie des couples nicheurs de cette espèce.

La densité moyenne dans la région de Constantine est estimée à 82.95 couples/100 Km² en 2013. Cette valeur place la wilaya de Constantine en première position sur l'échelle nationale et reflète une meilleure qualité des biotopes environnants avec une forte disponibilité des ressources alimentaires.

Les nids de cigogne blanche dans la région de Constantine sont répartis sur 76 colonies. Les plus denses colonies de cette espèce sont situées dans la partie sud et centre de la wilaya. La concentration importante des couples nicheurs dans ces localités est due à la présence de supports pour la construction des nids représentés essentiellement par les habitations humaines et les arbres ainsi que l'abondance de terrains agricoles bien irrigués offrant des milieux de gagnages favorables à l'alimentation de cette espèce.

Nous avons constaté que la plus grande majorité des nids est installée sur des arbres en position centrale. Ces sites de nidification assurent une meilleure stabilité au nid, et plus de sécurité, surtout en période d'élevage des jeunes. Cependant, nous tenons à signaler l'augmentation continue de l'utilisation des poteaux électriques comme supports de nidification par la cigogne blanche. Probablement suite à l'électrification continue de nouveaux villages. La hauteur moyenne des nids est de 16.82 m \pm 9.42. Cette hauteur protège les œufs et les poussins contre les prédateurs terrestres et le pillage par les humains. Ces nids

sont placés à une altitude moyenne de 586 m. Des nids ont même été recensés à 911 m d'altitude. Par l'occupation de nouvelles régions à haute altitude, cette espèce cherche des habitats favorables riches en ressources alimentaires.

Dans la région d'étude, le nombre de couples nicheurs ayant réussi à élever deux poussins reste le plus important durant les quatre années d'étude avec un nombre moyen de jeune à l'envol de 1.94 ± 0.11 . Cette faible fécondité peut s'expliquer par la différence de latitude entre les populations du sud et celles du nord. Nous constatons que le succès reproducteurs augmente d'une année à l'autre et il est positivement corrélée au nombre de couples nicheurs ayant réussi leur reproduction. Ceci prouve que la densité importante des couples nicheurs dans la région d'étude n'a aucune influence sur le succès reproducteur. Donc l'augmentation du succès reproducteur avec la prolifération des couples nicheurs reflète la présence d'un biotope favorable, riche en milieux de gagnage dans la wilaya de Constantine. Nous pensons que l'utilisation des décharges à ciel ouvert comme milieux de gagnage par la cigogne blanche, observée durant la réalisation de cette étude, a assurée une source alimentaire abondante durant tout le cycle biologique de l'espèce.

L'arrivée des cigognes dans la région de Constantine s'avère précoce (5 Janvier). Un avancement dans les dates d'arrivées des cigognes blanches a été signalé dans plusieurs régions de son aire de répartition depuis le milieu des années 1980. Ce changement du comportement migratoire semble être en relation avec l'apparition de nouvelles stratégies alimentaires. Un nombre de plus en plus élevé de cigognes passent l'hiver en Espagne et préfèrent utiliser les décharges à ciel ouvert comme source d'alimentation au lieu de migrer vers d'autres lieux à la recherche de la nourriture.

Les nids sont de forme circulaire ou ovale. Avec une hauteur moyenne de 183.99 cm, un diamètre de 13 cm et une surface moyenne de $2m^2$ environ. Ces nids sont renouvelés chaque année par le couple de cigogne blanche qui l'occupe. Cette étude a démontré que les plus anciens nids sont significativement plus grands que les nouveaux construits. La taille des nids augmente entre le début et la fin de chaque saison de reproduction. Les couples de cigogne blanche ajoutent continuellement de nouveaux matériaux aux nids tout au long de la saison de reproduction, L'apport de nouveaux matériaux aux nids augmente durant la période de ponte et de développement des poussins.

Nous avons pu avoir que la date d'occupation du nid est fortement liée à la taille de ce dernier. Les plus grands nids sont occupés les premiers arrivés tout au début de la saison de

reproduction. La sélection d'un grand nid par les premiers arrivés sur les lieux de reproduction augmente leur chance de trouver un partenaire et affecte positivement la taille de ponte et le succès reproducteur.

Durant la période d'étude, la ponte des œufs commence vers le 12 mars et se termine vers le 14 avril.

Le nombre d'œufs pondus varie entre 3 et 6 œufs avec un mode de 5 œufs. Cette taille de ponte varie entre les trois colonies d'étude, la plus importante taille de ponte (5.12 ± 0.35) est observée dans la colonie de khennaba. La localisation du site de la colonie, représentée ici par la décharge, semble augmenter les qualités physiques des parents (physical fitness) et particulièrement celle des femelles.

Les œufs mesurés dans la région d'étude sont sensiblement plus petits que ceux mesurés dans d'autre région du monde et de l'Algérie. Les variations de la longueur, la largeur et le volume des œufs de cigogne blanche dans la région d'étude ne sont pas liées aux type de colonie ni à la saison de reproduction. Nous n'avons trouvé aucun effet de la taille de ponte sur les dimensions des œufs. En effet, les variations de la taille des œufs sont beaucoup plus liées à la qualité maternelle (maternal quality) représentée essentiellement par l'âge, l'expérience et la structure corporelle des femelles.

Nous avons constaté que le volume des œufs est significativement affecté par l'ordre de ponte. Le volume des œufs augmente pour les trois premier œufs pondus ensuite il diminue très vite pour le 4^{ième} et le 5^{ième} œuf de la couvée. La variation de la taille des œufs est souvent interprétée dans le contexte de l'éclosion asynchrone afin d'optimiser la compétition entre les poussins.

Sur les trois années d'étude et dans les trois colonies, la taille moyenne des nichées varie entre 3,87 et 5, le nombre moyen de poussins émancipés entre 1,43 et 3,37 alors que la moyenne du succès reproducteur oscille entre 33.22 et 79.00%.

La masse des poussins de Cigogne blanche à l'éclosion est significativement et positivement lié au volume des œufs. Donc, la taille des œufs peut être une stratégie utilisée par les femelles pour influencer la survie des poussins.

Nous avons trouvé que les premiers couples arrivés vers les sites de nidification occupent les plus grands nids, commencent à se reproduire plus tôt et accomplissent des nichées de plus grandes tailles par rapport à ceux qui arrivent tardivement.

L'impact de la nourriture supplémentaire (représentée par la proximité de la décharge) sur les paramètres de reproduction chez cette espèce était évident dans cette étude. Nous avons trouvé que la taille de ponte, le nombre d'œufs éclos et la productivité sont plus importants dans la colonie de Khennaba, située à 500 m d'une décharge à ciel ouvert. La disponibilité alimentaire augmente la fécondité et la fertilité des couples nicheurs de cigogne blanche.

Le nombre de poussins à l'envol, le succès d'envol et le succès reproducteur sont positivement affectés par la saison de reproduction. Les conditions climatiques représentées essentiellement par des températures modérées et des précipitations abondantes durant la phase de développement des poussins favorisent une meilleure fertilité.

Nous avons trouvé que les nids construits sur les poteaux engendrent les plus faibles nombres de poussins émancipés et les plus faibles valeurs du succès d'envol et succès reproducteur. Un nombre considérable de poussins meurent par électrocution ou suite à des chutes sous l'effet du vent.

La réduction de la nichée est liée au nombre de poussins éclos. Généralement, la mort des poussins survient 1 à 2 semaines après l'éclosion. En effet, la réduction de la nichée est une stratégie adaptative exercée par les parents afin d'augmenter le succès reproducteur.

Les résultats obtenus sur les paramètres morphométriques des poussins des populations de cigogne blanche dans la région d'étude supportent l'hypothèse de l'existence d'une variation géographique intraspécifique dans les paramètres de croissance. La masse corporelle et le taux de croissance du bec des cigognes en Algérie sont moins importants en comparaison avec ceux reportés en Europe.

La croissance du bec des poussins suit un modèle linéaire. La croissance de la masse corporelle et de la longueur de l'aile sont mieux expliquées par un modèle de Gompertz. Cependant, la croissance du tarse est mieux ajustée par un modèle logistique.

Les poussins des nids occupés précocement, éclosent les premiers mais se développent beaucoup plus lentement par rapport aux poussins des nids occupés plus tard. Malgré un taux

de croissance plus faible, les poussins des premiers couples arrivés ont plus de temps pour accomplir un poids asymptotique plus élevé par rapport aux derniers poussins éclos.

Cette étude a démontré que la différence de taille et de poids entre le premier et le dernier poussin éclos peut être expliquée par l'asynchronie d'éclosion. Au sein de la même nichée, les derniers éclos sont, en général, de plus petite taille et d'un poids plus faible en comparaison au premiers éclos. Le second poussin éclos tend à se développer plus vite et à la fin de la période de croissance, aucune différence de valeurs asymptotique n'est observée sauf pour la croissance de l'aile. Le quatrième poussin éclos atteint même une longueur asymptotique des ailes plus élevée. Les poussins issus de nids où la réduction est faible ont un bec plus long à l'éclosion par rapport à ceux des nids avec une réduction plus importante. L'effet significatif de l'identité du nid sur quelques paramètres de croissance reflète la variation dans la performance des parents pour élever leurs poussins.

Enfin, la cigogne blanche est une espèce coloniale dont la taille et la distribution des colonies varie d'une région à l'autre. Ces effectifs ont connu des fluctuations importantes au cours du siècle dernier. Afin d'assurer la conservation et la protection de cette espèce, il serait utile de décrire le patron de distribution des nids de cette population, en augmentation, dans la région de Constantine, ce qui permettra de prédire le devenir de cette population face aux changements environnementaux.

Nous suggérons également d'étudier les facteurs impliqués dans la sélection des sites de nidification et l'impact de ces décisions sur le succès reproducteur de la cigogne blanche.

D'une autre part, nous recommandons des études plus poussées sur les paramètres de reproduction dans d'autres régions afin de quantifier l'importance et l'ampleur des variations géographiques intraspécifiques sur le taux de croissance des poussins de cette espèce et d'identifier l'impact de d'autres facteurs tels que le sexe et l'âge des parents sur cette variation.

Les futurs efforts de conservation de la Cigogne blanche doivent viser à promouvoir l'éducation environnementale auprès des différentes tranches de la société par des campagnes de sensibilisation sur l'intérêt de préserver la nature et ceci en évitant le braconnage, le pillage des œufs et la destruction des nids surtout en période de reproduction. Dans les zones de nidification et sur les itinéraires de migration, les accidents liés aux lignes électriques constituent la principale cause évitable d'accidents mortels. C'est dans ce contexte que les

entreprises électriques doivent, en collaboration avec les services de protection de la nature, soutenir les possibilités de nidification en créant des supports adéquats sur les poteaux électriques. Le maintien et l'expansion des populations nicheuses de cigogne blanche algériennes ne peuvent être assurés sans prendre en compte la conservation de ses habitats. Pour ce faire, il conviendrait de diminuer la lutte chimique qui élimine les insectes nécessaires à son alimentation et lui fait ingérer des résidus de pesticides.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Aguirre J I, Vergara P (2009)** 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.
- Aidat A (2010)** Typologie de rapports entre la ville de Constantine et son Rhumel-Boumerzoug. Thèse. Magister, Dép. Biol. Uni. Constantine, 149 p.
- Alonso J A, Alonso J C, Carrascal LM (1991)** Habitat selection By foraging White Storks, *Ciconia ciconia*, during the breeding season. *Can. J. Zool* 69: 1957- 1962.
- Alonso J A, Alonso J C, Carrascal L M, Muñoz-Pulido R (1994)** Flock size and foraging decisions in central place foraging white storks, *Ciconia ciconia*. *Behaviour* 129 (3): 279-292.
- Amara ChB (2001)** Contribution à l'étude comparative du régime alimentaire de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* pendant trois années (1997, 1998 et 1999), période (Mai, Juin et Juillet) dans la région d'El Merdja (W. Tébessa). Mém. Ing., Dép. Biol. Uni. Tébessa, 77 p.
- Amat J A, FRAGA R M, Arroyo G M (2001)** Intraclutch egg-size variation and offspring survival in the Kentish plover *Charadrius alexandrinus*. *Ibis* 143(1): 17-23.
- Amundsen T (1995)** Egg size and early nestling growth in the Snow petrel. *Condor* 97(2): 345-351.
- Amundsen T, Stokland J N (1990)** Egg size and parental quality influence nestling growth in the shag. *The Auk*, 107(2), 410-413.
- Ananian V Y, Ghasabyan, M G, Aghababayan K E, Maregasparyan M G, Hakobyan V S. (2007)** Midwinter Waterbird Counts In Armenia. Results For 2003 2007. *Berkut*, 16(2), 195-204.
- Ankney C D, Macinnes C D (1978)** Nutrient reserves and reproductive performance of female Lesser Snow Geese. *The Auk* 95(3), 459-471.
- Ankney C D, Afton A D, Alisauskas R T (1991)** The role of nutrient reserves in limiting waterfowl reproduction. *The Condor*, 93(4), 1029-1032.
- Antczak M, Konwerski S, Grobelny S, Tryjanowski P (2002)** The food composition of immature and non breeding White Storks in Poland. *Colon Waterbirds* 25(4): 424–428.
- Aparicio J M (1997)** Costs and benefits of surplus offspring in the lesser kestrel (*Falco naumanni*). *Behav Ecol Sociobiol* 41(2): 129-137.
- Aparicio J M (1999)** Intra clutch egg-size variation in the Eurasian Kestrel: advantages and disadvantages of hatching from large eggs. *The Auk* 116(3): 825-830.
- Araújo A, Biber O (1997)** White stork *Ciconia ciconia*. *The EBCC Atlas of European breeding birds. Their distribution and abundance*, WJ Hagemeyer and MJ Blair (Eds.). *European Bird Census Council, T. & AD Poyser. London* 58-59.
- Archaux F, Balança G, Henry PY, Zapata G (2004).** Wintering of White Storks in Mediterranean France. *Colon Waterbirds* 27(4):441-445.
- Archaux F, Henry P, Balanca G (2008)** High turnover and moderate fidelity of White storks *Ciconia ciconia* at a European wintering site. *Ibis* 150 (2):421–424.
- Arnhem R (1980)** Nos oiseaux (XX). La Cigogne blanche *Ciconia ciconia*. *Homme Oiseau* 18:76-77.
- Azafzaf H, Feltrup-Azafzaf C (2002).** Recensement des Oiseaux d'Eau en Tunisie, Janvier 2002. *Groupe Tunisien d'Ornithologie, Association "Les Amis des Oiseaux*. 8p.

- Bajerlein D, loszyk J, Gwiazdowicz DJ, Ptaszyk J, Halliday B (2006)** Community structure and dispersal of mites (Acari, Mesostigmata) in nests of the white stork (*Ciconia ciconia*). *Biologia* 61(5): 525–530.
- Balmori A (2005)** Possible effects of electromagnetic fields from phone masts on a population of white stork (*Ciconia ciconia*). *Electromagn Biol Med* 24 (2): 109-119.
- Baltag E Ş, Bolboacă L E, Ştefan A (2009)** White stork (*Ciconia ciconia*) population in Moldova (Romania), distribution, size and dynamics. *Analele Ştiinţifice ale Universităţii „Al. I. Cuza” Iaşi, s. Biologie animală, LV*: 187-197.
- Baos R, Blas J, Bortolotti G R, Marchant T A, Hiraldo F (2006)** Adrenocortical response to stress and thyroid hormone status in free-living nestling white storks (*Ciconia ciconia*) exposed to heavy metal and arsenic contamination. *Environ Health Perspect* 114 (10): 1497–1501.
- Baos R, Jovani R, Serrano D, Tella JL, Hiraldo F (2012)** Developmental exposure to a toxic spill compromises long-term reproductive performance in a wild, long-lived bird: the white stork (*Ciconia ciconia*). *PLoS ONE* 7(4): e34716.
- Barba E, Gil-delgado JA, Monros JS (1993)** Factors affecting nestling growth in the Great tit *Parus major*. *Ardeola* 40 (2):121–131
- Barbraud C, Barbraud JC, Barbraud M (1999)** Population dynamics of the White Stork *Ciconia ciconia* in western France. *Ibis* 141(3):469–479
- Barbraud, C, Chastel O (1999)** Early body condition and hatching success in the snow petrel *Pagodroma nivea*. *Polar Biol*, 21(1), 1-4.
- Barbraud J C, Barbraud C (1991)** La cigogne blanche *Ciconia ciconia*, en Charente-Maritime. *Alauda* 59(3), 169-176.
- Baudouin G (1973)** Analyse de pelotes de rejection des Cigognes (*Ciconia ciconia*) nicheuses à Hachy en 1972. *Aves* 10: 113-121.
- Beissinger S R, Stoleson S H (1997)** Hatching asynchrony in birds. *Trends ecol evol* 12(3): 112.
- Benharzallah N, Si Bachir A, Taleb F, Barbraud C (2015)** Factors affecting growth parameters of White Stork nestlings in eastern Algeria. *J. Ornithol* 156 (3): 601-612.
- Benjamini Y, Hochberg Y (1995)** Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. *J R StatSoc* 57:289–300.
- Bentamer N (1998)** Disponibilités en ressources entomologiques et modalités de leur utilisation par deux échassiers : la Cigogne blanche (*Ciconia Ciconia*) et le Héron garde-boeufs (*Bubulcus ibis*) dans la vallée du Sébaou (Kabylie, Algérie). Thèse Magister, Inst. Nat. Agro., El-Harrach, 247 p.
- Bernis F (1981)** *La población de las cigüeñas españolas: estudios y tablas de censos, período 1948-1974*. Universidad Complutense.
- Bernis F (1995)** Iberian White Storks: their ecographical context and recent population trends. In: *Proceedings of the International Symposium on the White Stork (Western population)*: 17–20
- Berthold P (1993)** Bird migration. A general survey. Oxford University Press, Oxford.
- Berthold P, Terril SB (1991)** Recent advances in studies of bird migration. *Annu Rev Ecol Syst* 22: 357–378.
- Berthold P, Bossche W V D, Fiedler W, Kaatz C, Kaatz M, Leshem Y, Bêty J, Giroux J F, Gauthier G (2004)**. Individual variation in timing of migration: causes and reproductive consequences in greater snow geese (*Anser caerulescens atlanticus*). *Behav Ecol Sociobiol* 57(1): 1-8.

- Bevanger K (1998)** Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electricity power lines: a review. *Biol Cons* 86 (1): 67-76.
- Bevanger K, Brøseth H (2001)** Bird collisions with power lines: an experiment with ptarmigan (*Lagopus* spp.). *Biol Cons* 99(3):341-346.
- Biber O, Enggist P, Marti C, Salathé T, Eds (1995)** Conservation of the White Stork western population. *Proceedings of the International Symposium on the White Stork (Western Population)*, 7-10 April 1994, Basle (Schweiz), 370 p.
- Bitton PP, Dawson RD, O'Brien EL (2006)** Influence of intraclutch egg-mass variation and hatching asynchrony on relative offspring performance within broods of an altricial bird. *Can J Zool* 84(12):1721-1726.
- Blackburn T M (1991)** An interspecific relationship between egg size and clutch size in birds. *The Auk*, 108(4), 973-977.
- Blanco G (1996)** Population dynamic and communal roosting of white storks foraging at a Spanish Refuse Dump. *Colon waterbirds* 19 (2): 273-276.
- Blázquez E, Aguirre J I, Martínez-Haro M, Mateo R, Jiménez B (2006)** The use of white stork (*Ciconia ciconia*) nestlings in a biomonitoring programme for organochlorines through the region of Madrid (Spain). *Organohalogen Compd* 68: 2081-2084.
- Bochenski M, Jerzak L (2006)** Behaviour of the White Stork *Ciconia ciconia*: a review, pp. 301-330.
- Bogucki Z, Ozgo M (1999)** A method to determine a White Stork *Ciconia ciconia* egg volume. *Weisstorch im Aufwind*, 451457.
- Böhning-Gaese K (1992)** On the feeding ecology of the White Stork (*Ciconia ciconia*) in Oberschwaben (Baden-Württemberg, Germany): observations on two pairs. *J. Ornithol* 133(1): 61-71.
- Bollinger E K, Bollinger P B, Gavin T A (1990)** Effects of hay-cropping on eastern populations of the Bobolink. *Wildlife Soc B (1973-2006)* 18(2): 142-150.
- Bollinger P B (1994)** Relative effects of hatching order, egg-size variation, and parental quality on chick survival in common terns. *The Auk* 111(2): 263-273.
- Bolton M (1991)** Determinants of chick survival in the lesser black-backed gull: relative contributions of egg size and parental quality. *J Anim Ecol* 60(3), 949-960.
- Both C, Visser M E (2001)** Adjustment to climate change is constrained by arrival date in a long-distance migrant bird. *Nature* 411(6835): 296-298.
- Bouet G (1936)** Nouvelles recherches sur les cigognes blanches d'Algérie. Densités du peuplement des cigognes nichant en Algérie. Une campagne de baguage en 1935. *L'oiseau et la R.F.O.* 5 : 287-301.
- Bouet G (1956)** Une mission Ornithologique en Algérie en 1955. Nouvelles recherches sur les cigognes. *L'oiseau et la R.F.O.*, 26 : 227-240.
- Boukhemza M, Boukhemza-Zemmouri N, Voisin JF, Baziz B (2006)** Écologie trophique de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) et du Héron garde-bœufs (*Bubulcus ibis*) en Kabylie (Algérie). *Ecol. Medit* 32: 15-28.
- Boukhemza M (2000)** Etude Bio-écologique de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia* L. 1775) et du Héron garde-boeufs (*Bubulcus ibis* L. 1775) en Kabylie : Analyse démographique, éthologique et essai d'interprétation des stratégies trophiques. Thèse doctorat, Inst. Nat. Agro., El Harrach. (Alger), 188 p.
- Boukhemza M, Doumandji S, Berntamer N (1997)** Sur l'importance des insectes dans le spectre alimentaire de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* L, 1775 dans la vallée de Sébaou, Région de Kabylie, Algérie. *Rev. Sci. Technol. Univ. Constantine* (8) :81-89.

- Boukhemza M, Doumandji S, Voisin C, Voisin J F (2000)** Disponibilités des ressources alimentaires et leur utilisation par le Héron garde-boeufs *Bubulcus ibis* en Kabylie, Algérie. *Terre et Vie (Rev. Ecol.)* 55 : 361-381.
- Boukhemza M, Righi M, Doumandji S (1995)** Le régime alimentaire de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* dans une région de Kabylie (Algérie). *Alauda* 63(3): 31-39.
- 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.
- Boukhtache N (2007)** Contribution à l'étude de la niche écologique de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* L., 1758 (*Aves, Ciconiidae*) et du Héron garde boeufs *Bubulcus ibis* L., 1758 (*Aves, Ardeidae*) dans la région de Batna. Thèse. Magister, Uni. Batna, 192 p.
- Boukhtache N, Si Bachir A (2010)** Variation du régime alimentaire de la cigogne blanche *Ciconia ciconia* L. 1758 (*Aves, Ciconiidae*) dans deux localités de la région de Batna. In: *Actes du Séminaire International sur la Biodiversité Faunistique en Zones Arides et Semi-arides*, 22–24 November 2010, Ouargla, Algeria. pp 1–7.
- Boulahia L (2005)** Contribution des assurances agricoles au développement rural durable en Algérie cas de: La Caisse Regionale De Mutualité Agricole (CRMA) De la Wilaya de Constantine. Thèse. Magister, Uni. Mentouri Constantine, 235 p.
- Brown G P, Shine R (2006)** Effects of nest temperature and moisture on phenotypic traits of hatchling snakes (*Tropidonophis mairii*, Colubridae) from tropical Australia. *Biol J Linnean Soc* 89(1), 159-168.
- Burger J, Gochfeld M (1985)** Nest site selection by Laughing Gulls: comparison of tropical colonies (Culebra, Puerto Rico) with temperate colonies (New Jersey). *Condor* 87(3), 364-373.
- Carrascal LM, Bautista LM, Lázaro E (1993)** Geographical variation in the density of the white stork *Ciconia ciconia* in Spain: Influence of habitat structure and climate. *Biol Cons* 65 (1): 83-87
- Casado E, Suarez-seoane S, Lamelin J, Ferrer M (2008)** The regulation of brood reduction in Booted Eagles *Hieraaetus pennatus* through habitat heterogeneity. *Ibis* 150(4):788–798.
- Chartier A (2001)** La Cigogne blanche *Ciconia ciconia* en Normandie au XXe siècle. White stork in Normandy in the 20th century. *Alauda* 69: 43-52.
- Chenchouni H, Si Bachir A, Alrashidi M (2015)** Trophic niche and feeding strategy of the White Stork (*Ciconia ciconia*) during different phases of the breeding season. *Avian Biol Res* 8(1): 1-13.
- Cheriak L, Barbraud C, Doumandji S, Bouguessa S (2014)** Diet variability in the White Stork *Ciconia ciconia* in eastern Algeria. *Ostrich* 85 (2): 201-204.
- Chernetsov N, Chromik W, Dolata PT, Profus P, Tryjanowski P (2006)** Sex-related natal dispersal of white storks (*Ciconia ciconia*) in Poland: how far and where to?. *Auk* 123: 1103–1109.
- Christians JK (2002)** Avian egg size: variation within species and inflexibility within individuals. *Biol Rev* 77(1):1–26
- Clark AB, Wilson D S (1981)** Avian breeding adaptations: hatching asynchrony, brood reduction, and nest failure. *Q Rev of Biol* 56 (3): 253-277.
- Clifford L D, Anderson D J (2001)** Food limitation explains most clutch size variation in the Nazca booby. *J Anim Ecol* 70(4): 539-545.
- Cramp S, Simmons KEL (1977)** Handbook of the birds of Europe, the Middle East and North Africa. *The birds of the western Palearctic* Vol 1. Oxford University Press, Oxford, 722 p.

- Creutz G (1988)** Der Weißstorch *Ciconia ciconia*. Die neue Brehm Büch. 375-Wittenberg Lutherstadt.
- 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(1): 20-24.
- Cwikowski C, Profus P (2000)** Populacja legowa bocianabiałego *Ciconia ciconia* w polskich Karpatach. Cz. I. Historia zasiedlenia oraz efekty legow w Bieszczadach i w Górach Sanocko-Turczanskich. *Chrońmy Przyrodę Ojczyzna* 56: 7–41.
- Dajoz R (1985)** Précis d'écologie. Ed. © BORDAS. Paris, 505 p.
- Dallinga JH, Schoenmakers S (1987)** Regional differences in the number of White Storks (*Ciconia c. ciconia*) in relation to food resources. *Colonial Water birds* 10(2):167–177.
- Daniluk J, Daniluk A K, Mitrus C (2006)** Changes in population size, breeding success and nest location of a local White Stork *Ciconia ciconia* population in eastern Poland. *Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań*.
- De Barros P, Moura D (1989)** Breeding, feeding and mortality factors in White Stork *Ciconia ciconia* populations nesting in Portugal in 1985: 405-414 Rheinischer Landwirtschafts-Verlag, Bonn.
- Del Hoyo J, Elliot A, Sargatal J (1992)** Handbook of the birds of the world, vol 1. Ostrich to Ducks. Lynx, Barcelona ciconia. *J Anim Ecol* 82:1072–1086.
- Denac D (2010)** Population dynamics of the White Stork *Ciconia ciconia* in Slovenia between 1999 and 2010. *Acrocephalus* 31 (145/146): 101–114.
- Dijkstra C, Bult A, Bijlsma S, Daan S, Meijer T, Zijlstra M (1990)** Brood size manipulations in the Kestrel (*Falco tinnunculus*): effects on offspring and parent survival. *J Anim Ecol* 59(1):269–285.
- 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, 76 p.
- Djerdali S (2010)** Etude éthoécologique de la cigogne blanche *Ciconia ciconia* (Linné, 1758) dans la région des hautes plaines sétifiennes (Nord de l'Algérie). Thèse de Doc. état. Univ. Ferhat Abbes, Sétif, 198 p.
- Djerdali S (2013)** Effet de la taille du nid sur la reproduction chez la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) à Setif (Algérie). Travaux de l'Institut Scientifique, Rabat, *Série Zoologie* 49: 87-91.
- Djerdali S, Tortosa FS, Doumandji S (2008)** Do white stork (*Ciconia ciconia*) parents exert control over food distribution when feeding is indirect? *Ethol Ecol Evol* 20 (4):361–374.
- Dolata PT (200)** The White Stork *Ciconia ciconia* protection in Poland by tradition, customs, law, and active efforts In: Tryjanowski P., Sparks T. H., Jerzak L. (red.). The White Stork in Poland: studies in biology, ecology and conservation. BoguckiWyd. Nauk., Poznań: 437-448.
- Doligez B, Thomson D L, Van Noordwijk A (2004)** Population dynamics of the White Stork in the Netherlands: assessing life–history and behavioural traits using data collected at large spatial scales. *Anim Biodivers Conserv* 27 (1): 387–402.
- Donazar JA, Ceballos O (1989)** Growth rates of nestlings Egyptian vultures (*Neophron percnopterus*) in relation to brood size, hatching order and environmental factors. *Ardea* 77(2):217–226.
- Dorst J (1962)** Les migrations des oiseaux. Petite bibliothèque Payot, Paris, 430 p.

- Douadi S Cherchour F (1998)** Contribution à l'étude du régime alimentaire de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) et du Héron garde-boeufs (*Bubulcus ibis*) dans la région de Bejaia, Mém. Ing. Ecol. Env., Inst. Sci. Nat., Bejaia, 136 p.
- Duquet M (1990)** Impact du réseau électrique aérien sur la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* en France. Rapport L.P.O /E.D.F, Paris, 23 p.
- Dziewiaty K (1992)** Feeding ecology of the white stork *Ciconia ciconia* in the Dannenbrger Elbmarsch (Lower Saxony). *Vogelwelt 113*: 133-144.
- Etchecopar R D HÛE F (1964)** Les oiseaux du Nord de l'Afrique, de la mer rouge aux canaries. Ed. Boubée & Cie, Paris VIe, 608 p.
- Fellag M (1995)** Analyse comparative des régimes alimentaires de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia* L. 1775) et du Héron garde-boeufs (*Bubulcus ibis* L. 1775) dans la vallée de Sébaou (Kabylie, Algérie). Mém. Ing. Agro., Inst. Ens. Sup. Agro.Uni. Sci. Tech, Blida, 77 p.
- 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, 187 p.
- Fernandez-Cruz M (2005)** La migracion otional de la ciguena blancapor el Estrecho de Gibraltar. Madrid:162–201.
- Flack A, Fiedler W, Blas J, Pokrovsky I, Kaatz M, Mitropolsky M, Aghababyan K, Fakriadis I, Makrigianni E, Jerzak L, Azafzaf H, Feltrup-Azafzaf C, Rotics S, Mokotjomela, Ran Nathan TM, Wikelski M (2016)** Costs of migratory decisions: A comparison across eight white stork populations. *Science Adv* 2 (1). e1500931.
- Forbes M R L, Ankney C D (1988)** Intraclutch variation in egg weights of Pied-billed Grebes. *The Condor* 90(3): 709-711.
- Fry C (1982)** Destruction of European White storks in Nigeria by shooting. *Malimbus* 4: 47.
- Fulin M. (1999)** The White Stork in Slovakia in 1994 and 1995. *Weißstorch im Aufwind*: 199-202.
- 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.
- Fuller MR, Seegar WS, Howey PW (1998)** The use of satellite telemetry systems for the study of bird migration. *Isr J Zool* 41(3):243–252.
- Garrido J R, Fernández-Cruz M (2003)** Effects of power lines on a white stork *ciconia ciconia* population in central Spain. *Ardeola* 50 (2): 191-200.
- Geroudet P (1978)** Grands échassiers, Gallinacés, Râles d'Europe. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel, Lausanne, Paris, 429 p.
- Gocek C (2006)** Breeding success and reproductive behavior in a White Stork (*Ciconia ciconia*) colony in Ankara. MSc, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.78p.
- Gómez-Tejedor H, De Lope F (1993)** Sucesión fenológica de las aves no passeriformes en el vertedero de Badajoz. *Ecología* 7: 419-427.
- Gordo O, SANZ J J (2006)** Climate change and bird phenology: a long-term study in the Iberian Peninsula. *Glob Change Biol*, 12 (10): 1993-2004.
- Gordo O, Sanz JJ (2008)** The relative importance of conditions in wintering and passage areas on spring arrival dates: the case of long-distance Iberian migrants. *J. Ornithol* 149:199–210.

- Gordo O, Tryjanowski P, Kosicki J Z, Fulín M (2013)** Complex phenological changes and their consequences in the breeding success of a migratory bird, the white stork *Ciconia ciconia*. *J Anim Ecol* 82(5): 1072-1086.
- Goriup P D, Schulz H (1991)** Conservation management of the White Stork: an international need and opportunity. ICBP Technical Publication 12: 97-127.
- Göth A, Evans C S (2004)** Social responses without early experience: Australian brush-turkey chicks use specific visual cues to aggregate with conspecifics. *J Exp Biol* 207(13): 2199-2208.
- Graumann G, Zöllick H (1977)** Brutbestandsuntersuchungen am Weißstorch (*Ciconiaciconia* L.) in den Kreisen Bad Doberan und Ribnitz-Damgarten, Bezirk Rostock. *Ornithologischer Rundbrief* 18: 4-19.
- Grieco F (2002)** Time constraint on food choice in provisioning blue tits *Parus caeruleus*: the relationship between feeding rate and prey size. *Anim Behav* 64(4): 517-526.
- Grishchenko, V N (1999)** Die Situation des Weißstorchs *Ciconia ciconia* in der Ukraine. 1999. *Weißstorch im Aufwind*: 289-303.
- Grishchenko V N (2004)** Number dynamics of the White Stork in Ukraine in 1994-2003. *Berkut* 13 (1):38-61.
- Guziak R, Jakubiec Z (1999)** Der Weißstorchs *Ciconia ciconia* in Polen im Jahr 1995-Verbreitung, Bestand und Schutzstatus. *Weißstorch im Aufwind*: 171-187.
- Hadji K (1999)** Approche de la bio-écologie de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* et du Héron garde-boeufs *Bubulcus ibis* dans la région de Sétif. Mém. D.E.S. Biol., Uni. Sétif, 69 p.
- Hafner H (1977)** Contribution à l'étude écologique de quatre espèces de hérons (*Egretta g. garzetta* L., *Ardeola r. ralloides* Scop., *Ardeola i. ibis* L., *Nycticorax n. nycticorax* L.) pendant leur nidification en Camargue. Thèse doctorat, Uni. Paul Sabatier Toulouse, 183 p.
- Hagemeyer W J, Blair M J (1997)** The EBCC atlas of European breeding birds. *Poyser, London, 479*.
- Hake M, Kjellén N, Alerstam T (2001)** Satellite tracking of Swedish Ospreys *Pandion haliaetus*: autumn migration routes and orientation. *J Avian Biol* 32(1):47-56.
- Hamdi N, Afdhal B, Charfi-Cheikhrouha F (2007)** La nidification de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* en Tunisie durant les années 2003- 2005. *Alauda* 75 (4) : 416-417.
- Hancock A, Kushlan JA, Kahl MP (1992)** Storks, Ibises and Spoonbills hatch first and dominate sex ratios. *J Ornithol* 152:213-218.
- Hegy Z (1996)** Laying date, egg volumes and chick survival in Lapwing (*Vanellus vanellus* L.), Redshank (*Tringa totanus* L.), and Black-tailed Godwit (*Limosa limosa* L.). *Ornis hungarica* 6: 1-7.
- Heim De Balsac H, Mayaud N (1962)** Oiseaux du Nord-Ouest de l'Afrique. Encyclopédie Ornithologique- X. Ed. Lechevalier, Paris VIe, 487 p.
- Hinsch T (2006)** The white stork in Hamburg: protection strategies and population development in a growing metropolis. *J Ornithol* 147(5; Suppl 1):182-182.
- Hiraldo F, Veiga JP, Manez M (1990)** Growth of nestling black kites *Milvus migrans*: effects of hatching order, weather and season. *J Zool* 222 (2):197-214.
- Hötker H (2002)** Arrival of Pied Avocets *Recurvirostra avosetta* at the breeding site: effects of winter quarters and consequences for reproductive success. *Ardea* 90 (3): 379-387.

- Howe H F (1976)** Egg size, hatching asynchrony, sex, and brood reduction in the Common Grackle. *Ecology* 57(6): 1195-1207.
- Infante O, Peris S (2003)** Bird nesting on electric power supports in northwestern Spain. *Ecol Engin* 20 (4), 321–326.
- Isemann P, Moali A (2000)** The birds of Algeria- Les oiseaux d'Algérie. *Soc. Etudes Ornithol.*, France, Muséum Nat. Hist. Nat., Paris, 336 p.
- Itonaga N, Koppen U, Plath M, Wallschläger D (1998)** Breeding dispersal directions in the white stork (*Ciconia ciconia*) are affected by spring migration routes. *J Ethol* 28 (2):393–397.
- Itonaga N, Köppen U, Plath M, Wallschläger D (2010)** Breeding dispersal directions in the white stork (*Ciconia ciconia*) are affected by spring migration routes. *J ethol* 28(2), 393-397.
- Jakubiec Z (1991)** Causes of breeding losses and adult mortality in White Stork *Ciconia ciconia* (L.) in Poland. *Studia Nat* 37: 107–124.
- Jakubiec Z, Guziak R (1998)** White Stork in Poland in 1995— distribution, numbers, conservation problems. *Notatki Ornitologiczne* 39: 195–209.
- Janaus M, Stipniece A (2004)** Preliminary results of the White Stork *Ciconia ciconia* census in Latvia, 1994. Bird Numbers 1995, Proceedings of the International Conference and 13th Meeting of the European Bird Census Council, Pärnu, Estonia. *Bird Census News* 13 (2000):67-72.
- Janss GFE (2000)** Avian mortality from power lines: a morphologic approach of a species-specific mortality. *Biol. Conserv* 95 (3): 353–359.
- Järvinen A (1996)** Correlation between egg size and clutch size in the Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca* in cold and warm summers. *Ibis*, 138(4), 620-623.
- Jespersen P (1949)** Sur les dates d'arrivée et de départ de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia* L.) en Algérie. *Bull. Soc. His. Nat. de l'Afr. du Nord* 40 (5-6) :138-159.
- Johst K, Brandl R, Pfeifer R (2001)** Foraging in a patchy and dynamic landscape: Human land use and the White Stork. *Ecol Appl* 11 (1):60-69.
- Jovani R, Tella JL (2004)** Age-related environmental sensitivity and weather mediated nestling mortality in white storks *Ciconia ciconia*. *Ecography* 27 (5):611–618.
- Jover L, Ruiz X, González-Martín M (1993)** Significance of intraclutch egg size variation in the Purple Heron. *Ornis Scand* 24(2), 127-134.
- Kaluga I, Sparks TH, Tryjanowski P (2011)** Reducing death by electrocution of the white stork *Ciconia ciconia*. *Conserv. Lett* 4 (6): 483-487.
- Kanai Y, Ueta M, Germogeno, N, Nagendran M, Mita N, Higuchi H (2002)** Migration routes and important resting areas of Siberian Cranes (*Grus leucogeranus*) between northeastern Siberia and China as revealed by satellite tracking. *Biol Conserv* 106(3): 339–346.
- Kanyamibwa S, Bairlein F, Schierer A (1993)** Comparison of survival rates between populations of the White stork *Ciconia ciconia* in Central Europe. *Ornis Scand* 24(4): 297–302.
- Kanyamibwa S, Schierer A, Pradel R, Lebreton JD (1990)** Changes in adult annual survival rates in a western European population of the white stork *Ciconia ciconia*. *Ibis* 132(1): 27–35.

- Kayser Y, Girard C, Massez G, Chérain Y, Cohez D, Hafner H, Johnson A, Sadoul N, Tamisier A, Isenmann P (2003)** Compte-rendu ornithologique camarguais pour les années 1995-2000. *Revue d'Ecologie (Terre Vie)* 58: 20-21.
- Kherfi S (2008)** Etude de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia* L. 1758). Espèce protégée en Algérie: Dénombrement national des effectifs nicheurs et approche écologique dans la Wilaya de Sétif. Mémoire Ing. Agr., I.N.A El Harrach ; 62 p.
- Kiraz S (2005)** Non-linear models for growth curves in large White Turkeys. *Turk J Vet Anim Sci* 29:331–337.
- Kosicki JZ, Profus P, Dolata PT, Tobólka M (2006)** Food composition and energy demand of the White Stork *Ciconia ciconia* breeding population. Literature survey and preliminary results from Poland. *The White Stork in Poland: studies in biology, ecology and conservation*. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań, 169-183.
- Kosicki JZ (2010)** Reproductive success of the white stork "*ciconia ciconia*" population in intensively cultivated farmlands in western Poland. *Ardeola* 57(2): 243-255.
- Kosicki JZ, Indykiewicz P (2011)** Effects of breeding date and weather on nestling development in White Storks *Ciconia ciconia*. *Bird Study* 58(2):178–185.
- Kosicki JZ (2012)** Effect of weather conditions on nestling survival in the White Stork *Ciconia ciconia* population. *Ethol Ecol Evol* 24(2):140–148.
- Kruszyk R, Ciach M (2010)** White Storks, *Ciconia ciconia*, forage on rubbish dumps in Poland-a novel behaviour in population. *Eur J Wildlife Res* 56 (1):83-87.
- Kvalnes T, Ringsby T H, Jensen H, Sæther BE (2013)** Correlates of egg size variation in a population of house sparrow *Passer domesticus*. *Oecologia* 171(2): 391-402.
- Lack D (1954)** The natural regulation of animal numbers. *Clarendon Press*. Oxford.
- Latus C, Kujawa K (2005)** The effect of land cover and fragmentation of agricultural landscape on the density of white stork (*ciconia ciconia* L.) in Brandenburg, Germany. *Pol J Ecol* 53 (4): 535-543.
- Lázaro E M (1982)** Contribution al estudio de la alimentación de la ciguena blanca *Ciconia c. ciconia* (L.) en Espana. Unpublished Ph.D. Thesis, Catedraticode Vertebrate, Facultad de Biología de la Universidad Complutense, Madrid.
- Lázaro E, Chozas P, Fernández-Cruz M (1986)** Demografía de la Cigüeña Blanca (*Ciconia ciconia*) en España. Censo Nacional de 1984. *Ardeola* (33): 131-169.
- Ldhmer R, Jaster P, Reck FG (1980)** Untersuchun gen zur Ernfihrung und Nahrungsraumgrásse des Weissstorches (*Ciconia ciconia*) . Beitr. zur Naturk Nieders 33: 117-129.
- Leblanc Y (1987)** Intraclutch variation in egg size of Canada Geese. *Canadian Journal of Zoology*, 65(12): 3044-3047.
- Ledant JP, Jacobs JP, Malher F, Ochando B, Roche J (1981)** Mise à jour de l'avifaune algérienne. *Le Gerfaut*, 71: 295-398.
- Lezzoni AF, Pritts PM (1991)** Application of principal component analysis to horticultural research. *Hort Sci* 26 (4):334–338.
- L'hote Y, Mahé G, Somé B, Triboulet J P (2002)** Analysis of a Sahelian annual rainfall index from 1896 to 2000; the drought continues. *Hydrolog Sci J* 47(4): 563-572.

- Lloyd P (1999)** Rainfall as a breeding stimulus and clutch size determinant in South African arid-zone birds. *Ibis* 141(4): 637-643.
- Lorentsen SH (1996)** Regulation of food provisioning in the Antarctic petrel *Thalassoica antarctica*. *J Anim Ecol* 65(3): 381-388.
- Lovász P (1999)** Conservation status of the White Stork in Hungary. pp. 203–211 In: Schulz, H.(ed.): Weißstorch im Aufwind? – White Storks on the up? Proceedings International Symposium on the White Stork, 26–29 September 1996, Hamburg. – NABU (Naturschutzbund Deutschland), Bonn
- Magrath R D (1990)** Hatching asynchrony in altricial birds. *Biol Rev* 65(4): 587-622.
- Martí R (1999)** Results of the 5th international White Stork Census (1994) in Spain. In : Schulz H. (ed.) Weissstorch im Aufwind? - White Storks on up? Proc. Int. Symp. on the White Stork, Hamburg 1996. Bonn: 61-68.
- Martí C, Salathe T (eds)**. Proc. Int. Symp. white stork (western population). Basel, pp. 159_162.
- Martin GR, Shaw JM (2010)** Bird collisions with power lines: failing to see the way ahead. *Biol Conserv* 143(11), 2695–2702.
- Martin T E (1993)** Evolutionary determinants of clutch size in cavity-nesting birds: nest predation or limited breeding opportunities?. *Am Nat* 142(6): 937-946.
- Martínez RE, Fernández R (1995)** Calidad del habitat de nidificación de la Cigüena blanca. In: Biber O., P. Enggist, C. Marti & T. Salathé (eds), Conservation of the White stork population. Proceedings of international Symposium on white storks, pp 4-12. 7-10 april 1994, Basle (Schweiz).
- Martínez, E. 1994.** The White Stork is using rubbish tips as a new resource of food. In Proceedings of the International Symposium on the White Stork (Western Population) (O. Biber, P. Enggist, C. Marti, and T. Salathé, eds.), pp. 159–162.
- Massemin-Challet S, Gendner J-P, Samtmann S, Pichegru L, Wulgué 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.
- Mata A, Massemin-Challet S, Caloin M, Michard-Picamelot D, Le Maho Y (2010)** Seasonal variation in energy expenditure and body composition in captive White Storks (*Ciconia ciconia*). *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*: 155(1), 19-24.
- Mead PS, Morton ML (1985)** Hatching asynchrony in the mountain white-crowned sparrow (*Zonotrichia leucophrys oriantha*): a selected or incidental trait?. *The Auk* 102(4), 781-792.
- Meanley B, Webb J S (1963)** Nesting ecology and reproductive rate of the Red-winged Blackbird in tidal marshes of the upper Chesapeake Bay region. *Chesapeake Science* 4(2): 90-100.
- Mebarki M (1984)** Ressources en eau et aménagement en Algérie: le bassin du Kébir Rhumel. O.P.U., Alger, 302 p.
- Mitrus C, Rogala B (2001)** Egg Size Variation in the Collared Flycatcher *Ficedula albicollis* in the Bialowieza Forest (NE Poland). *Acta Ornithol* 36(1): 7-12.
- Moali-Grine N (1994)** Ecologie et biologie des populations de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* en Algérie: Effectif, distribution et reproduction. Thèse de Magister, Uni. Tizi-Ouzou, 78 p.
- Moali-Grine N, Moali A, Isenmann P (2004)** L'essor démographique de la Cigogne Blanche *Ciconia ciconia* en Algérie entre 1995 et 2001. *Alauda* 72(1): 47-52.
- Moali-Grine N (2007)** Dynamique de la population de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* en Algérie depuis 1995. *Ostri. J. Afri. Ornithol.* 78(2) : 291-293.

- Moali-Grine N, Moali L, Moali A (2013)** Distribution et ecologie de la reproduction de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) en Algérie. *Rev Ecol* 68(1):59–69.
- Möller A, Sagasser S, Wiltshko W, Schierwater B (2004)** Retinal cryptochrome in a migratory passerine bird: a possible transducer for the avian magnetic compass. *Naturwissenschaften*, 91(12), 585-588.
- Moritzi 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.
- Mullié WC, Brouwer J, Scholte P (1995)** Numbers, distribution and habitat of wintering white storks in the east-central Sahel in relation to rainfall, food and anthropogenic influences. Proceedings of the International Symposium on the White Stork (Western Population), Basel 1994 (eds O.Biber, P.Enggist, C.Marti & T.Salathé), pp. 219–240. *Schweizerische Vogelwarte, Sempach, Switzerland*.
- Muzinic J, Cvitan I (2001)** Choice of nest platform material for the White Stork (*Ciconia ciconia*). *Israel J Zool* 47: 167–171.
- Nabu (2006)** Preliminary results of the 6th international White stork Census. International Ornithological Congress, Hamburg.
- Nager RG, Zandt H S (1994)** Variation in egg size in great tits. *Ardea Wageningen* 82, 315-315.
- Navazo V, Lazo A (1999)** La nidificación de aves en la red de transporte de electricidad en España: Evaluación, prevención y corrección de la problemática asociada. In: M. Ferrer and G. F. E. Janss (Eds.) *Aves y líneas eléctricas*, pp. 187-216. Quercus. Madrid.
- Nevoux M, Barbraud JC, Barbraud C (2008)** Breeding experience and demographic response to environmental variability in the white stork. *The Condor* 110 (1): 55-62.
- Newton I (2008)** The Migration Ecology of Birds. *Academic Press*, London.
- Newton I, Marquis M (1981)** Effect of additional food on laying dates and clutch sizes of sparrowhawks. *Ornis Scand* 12(3): 224-229.
- Nilsson J Å, Svensson M (1993)** Fledging in altricial birds: parental manipulation or sibling competition?. *Anim Behav*: 46(2), 379-386.
- Nisbet I C T, Cohen ME (1975)** Asynchronous hatching in Common and Roseate terns, *Sterna hirundo* and *S. dougallii*. *Ibis*: 117(3), 374-379.
- Nowakowski JJ (2003)** Habitat structure and breeding parameters of the White Stork *Ciconia ciconia* in the Kolno Upland (NE Poland). *Acta Ornithol* 38(1):39–46.
- Oatley TB, Rammesmayr MAM (1988)** Review of recoveries of ringed white storks *Ciconia ciconia* in Southern Africa. *Ostrich* 59(3): 97–104.
- O'Connor R J (1978)** Brood reduction in birds: selection for fratricide, infanticide and suicide?. *Animal Behaviour* 26(1): 79-96.
- Olsson O, Rogers DJ (2009)** Predicting the distribution of a suitable habitat for the white stork in Southern Sweden: identifying priority areas for reintroduction and habitat restoration. *Anim Conserv* 12 (1): 62-70.
- Onmuş O, Ağaoğlu Y, Gul O (2012)** Environmental factors affecting nest-site selection and breeding success of the White Stork (*Ciconia ciconia*) in western Turkey. *Wilson J Ornithol* 124(2):354–361.
- Ots M (2009)** The White Stork (*Ciconia ciconia*) in Estonia till year 2008. *Hirundo* 22: 32-42.

- Ożgo M, Bogucki Z (1999)** Home range and intersexual differences in the foraging habitat use of a White Stork (*Ciconia ciconia*) breeding pair. In: Schulz H. (ed.). Weißstorch im Aufwind? — White Storks on the up? Proc. Int. Symp. White Stork, Hamburg, 1996, NABU, (Naturschutzbund Deutschland e. V.), Bonn. pp. 481–492.
- Parsons J (1976)** Nesting density and breeding success in the Herring Gull *Larus argentatus*. *Ibis*, 118(4), 537–546.
- Pastro N, Lopez-Lazaro M, Tella JL, Baos R, Hiraldo F, Cortes F (2001)** Assessment of genotoxic damage by the comet assay in white storks (*Ciconia ciconia*) after the Donana ecological disaster. *Mutagenesis* 16(3): 219–223.
- Pennyquick C J (1972)** Soaring behaviour and performance of some East African birds observed from a motorglider. *Ibis* 114(2): 178–218.
- Peris SJ (2003)** Feeding in urban refuse dumps: ingestion of plastic objects by the white stork (*Ciconia ciconia*). *Ardeola* 50(1): 81–84.
- Petersen BS (1998)** The distribution of Danish farmland birds in relation to habitat characteristics. *Ornis Fenn* 75: 105–118.
- Pierotti R, Bellrose C A (1986)** Proximate and ultimate causation of egg size and the "third-chick disadvantage" in the Western Gull. *The Auk* 103(2): 401–407.
- Pierre JP, Higuchi H (2004)** Satellite tracking in avian conservation: applications and results from Asia. *Memoirs of National Institute of Polar Research. Special issue* 58: 101–109.
- Pinowski VJ, Pinowska B, De Graaf R, VISSER J (1986)** Der Einflub des Milieus auf die Nahrungs - Effektivität des Weibstorchs (*Ciconia ciconia* L.). Beih Veröff Naturshutz Landschaftspflege. *BadWürtt* 43: 243–252.
- Pinowska B, Pinowski J (1989)** Feeding ecology and diet of the White Stork *Ciconia ciconia* in Poland. In: Rheinwald G., J. Ogden & H. Schulz (Hrsg.), *Weißstorch. Proc. I. Int. Stork Conserv. Sympo. Schriftenreihe des DDA*, 10: 381–396.
- Pinowski VJ, Pinowska B, De Graaf R, Visser J, Dziurdzik B (1991)** Influence of feeding habitat on prey capture rate and diet composition of White Stork *Ciconia ciconia* (L.). *Studia naturae – Seria A*, 37: 59–58.
- Pinowska B, Barkowska M, Pinowski J, Bartha A, Hahm KH, Lebedeva N (2004)** The effect of egg size on growth and survival of the Tree Sparrow *Passer montanus* nestlings. *Acta Ornithol* 39(2), 121–135.
- Pogány Á, Székely T (2007)** Female choice in the penduline tit *Remiz pendulinus*: the effects of nest size and male mask size. *Behaviour* 144(4): 411–427.
- Polak M (2010)** Clutch and egg size variation in the Marsh Harrier *Circus aeruginosus* in eastern Poland. *Ornis Svec* 20: 63–66.
- Profus P (1991)** The breeding biology of white stork *Ciconia ciconia* (L.) in the selected area of southern Poland. In Jacubiek Z. (eds): Population of white stork *Ciconia ciconia* (L.) in Poland. Part II. *Studiae Nat. Ser. A* 37: 11–57.
- Profus P (2006)** Population changes and breeding ecology of the White Stork *Ciconia ciconia* (L.) against a background of the European population. Synthesis. *Studia Nat.* 50: 1–55.
- Profus P, Mielczarek P (1981)** Changes in the numbers of the White Stork *Ciconia ciconia* (Linnaeus 1758) in southern Poland. *Acta Zoologica Cracoviensa*, 25, 139–218.
- 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.

- Ptaszyk J, Kosicki J, Sparks TH, 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.
- Ptaszyk J, Kosicki J, Sparks TH, 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.
- Querner U (2001)** Detection of a new important staging and wintering area of the White Stork *Ciconia ciconia* by satellite tracking. *Ibis* 143(4): 450-455.
- R Development Core Team (2013)** R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Rachel M (2006)** Foraging sites of breeding White Storks *Ciconia ciconia* in the South Wielkopolska region. The White Stork in Poland: studies in biology, ecology and conservation, pp.161-167.
- Redondo T, Tortosa FS, Arias de la Reina L (1995)** Nest-switching and alloparental care in colonial white stork. *Anim. Behav* 49:1097–1110.
- Reid JM, Bignal EM, Bignal S, MacCrackens DI, Monaghan P (2003)** Age-specific reproductive performance in red-billed choughs *Pyrrhocorax pyrrhocorax*: patterns and processes in a natural population. *J. Anim. Ecol* 72(5): 765–776.
- Reid W V, Boersma PD (1990)** Parental quality and selection on egg size in the Magellanic Penguin. *Evolution* 44 (7):1780-1786.
- Rékási J (2000)** A study of the White Stork population of North Bacska in 1999. *Ornis Hung* 10: 225-229.
- Reynolds SJ, Schoech SJ, Bowman R (2003)** Diet quality during pre-laying and nestling periods influences growth and survival of Florida scrub-jay (*Aphelocoma coerulescens*) chicks. *J Zool* 261(3): 217-226.
- Rhymer JM (1992)** An experimental study of geographic variation in avian growth and development. *J Evol Biol* 5(2):289–306.
- Richards FJ (1959)** A flexible growth function for empirical use. *J Exp Bot* 10:290–300
- Richner H (1989)** Habitat specific growth and fitness in CarrionCrows (*Corvus coronecorone*). *J Anim Ecol* 58(2):427–440.
- Ricklefs RE (1968)** Patterns of growth in birds. *Ibis* 110(4):419–451.
- Ricklefs RE (1973)** Patterns of growth in birds: II. Growth rate and mode of development. *Ibis* 115(2):173–201.
- Ricklefs RE (1980)** Geographical variation in clutch size among passerine birds: ashmole's hypothesis. *Auk* 97(1):38–49.
- Ricklefs RE (1983)** Avian postnatal development. In: Farner DS, King JR, Parkes KC (eds) *Avian biol* 7. Academic, London.
- Riegel M, Winkel W (1971)** Ueber Todesursachen beim Weissstorch (*C. ciconia*) an Hand von Ringfundangaben. *Vogelwarte* 26:128–135.
- Rosin ZM, Kwiecinski Z (2011)** Digestibility of prey by the White Stork (*Ciconia ciconia*) under experimental conditions. *Ornis Fenn* 88:40–50.

- Rubacha S, Jerzak L (2006)** Changes in the white stork *Ciconia ciconia* population number, density and breeding places in Zielona Góra region 1926–2004. *The white stork in Poland: studies in biology, ecology and conservation*. Bogucki Wyd Nauk, Poznan, 47-54.
- Sackl P (1987)** Über saisonale und regionale Unterscheidein der Ernährung und Nahrungswahl des Weißstorches (*Ciconia c. ciconia*) im Verlauf der Brutperiode. *Egretta* 30: 49–79.
- Sæther BE, 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. Anim. Ecol* 75(1): 80-90.
- Sæther BE, Lorentsen S H, Tveraa T, Andersen R, Pedersen HC (1997)** Size-dependent variation in reproductive success of a long-lived seabird, the Antarctic petrel (*Thalassoica antarctica*). *The Auk* 114(3). 333-340.
- Saker H (2006)** Caractérisation du régime alimentaire de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) dans la région du Nord-est Algérien. *Mém. Ing. Bio., Uni. Badji Mokhtar, Annaba*, 43 p.
- Salewski V, Bruderer B (2007)** The evolution of bird migration—a synthesis. *Naturwissenschaften* 94 (4):268-279.
- Samraoui B (1998)** White Storks wintering in North East Algeria. *British Birds* 91: 377.
- Samraoui B (2002)** L'hivernage de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* en Algérie. *Alauda* 70(1): 221-223.
- Sasvari L, Hegyi Z, Peczely P (1999)** Brood reduction in white storks mediated through asymmetries in plasma testosterone concentrations in chicks. *Ethology* 105:569–582.
- SBIKI M (2008)** Contribution à l'étude comparative des niches trophiques de deux échassiers de la région de Tébessa : La Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) et le Héron garde-bœufs (*Ardea ibis*). *Mém. Magister, Uni. Tébessa*, 193 p.
- Schaub M, Pradel R, Lebreton JD (2004)** Is the reintroduced white stork (*Ciconia ciconia*) population in Switzerland self-sustainable? *Biol Conser* 119(1):105–114.
- Schaub M, W Kania, U Köppen (2005)** Variation of primary production during winter induces synchrony in survival rates in migratory white storks *Ciconia ciconia*. *J Anim Ecol* 74 (4): 656–666.
- Schierer A (1986)** Quarante années d'observations et derecherches sur la Cigogne Blanche (*Ciconia ciconia*) en Alsace. *Ciconia* 10: 1–12.
- Schierer A (1991)** Cigogne blanche *Ciconia ciconia*. Pages 533-534 in *Atlas des oiseaux de France en hiver*, D. Yeatman-Berthelot and G. Jarry (Eds.). Société Ornithologique de France, Paris.
- Schifferli L (1973)** The effect of egg weight on the subsequent growth of nestling Great Tits *Parus major*. *Ibis* 115(4): 549-558.
- Schulz GE, Schirmer R H (1979)** Principles of Protein Structure, pp. 1–314, Springer-Verlag, Berlin, New York .
- Schulz H (1991)** Weißstorch im Aufwind? - White Storks on the up? *Proc. Intern. Symp. On the White Stork, Hamburg 1996*. Bonn, Nabu: 289-303.
- Schulz H (1998)** BWP Update. In: *The Journal of Birds of the Western Palearctic: white stork* 2(2): 69–105. *Oxford University Press*.

- Schulz H (1999)** The word population of the White stork *Ciconia ciconia* – Results of the 5th International Census 1994/95. In H. Schulz (ed.). Weisstorch im Aufwind? White Stork on the up? Proceedings Intern. Symp. White stork, Hamburg. Nabu, Bonn: 351-365.
- Schüz E. 1979.** Results of the III international Census (1974) of the White stork . *Int. Council Bird Preserv. Bull.* 13: 173-179.
- Scott DA (2007)** A review of the status of the breeding waterbirds in Iran in the 1970s. *Podoces* 2(1): 1-21.
- Seltzer P (1946)** Le climat de l'Algérie, Recueil de données météo. Institut de Technologie Agricole, Mostaganem (Algérie), 142 p.
- Şengül T, Kiraz S (2005)** Non-linear models for growth curves in large white turkeys. *Turk J Vet Anim Scie* 29(2): 331-337.
- Senra A, Alés EE (1992)** The decline of the white stork *Ciconia ciconia* population of western Andalusia between 1976 and 1988: causes and proposals for conservation. *Biol conserv* 61(1): 51-57.
- Seriot J (1991)** Migration des deux espèces de cigognes *C. ciconia* et *C. nigra* en Languedoc-Roussillon. Institut Européen d'Ecologie/Association Multidisciplinaire des Biologistes de l'Environnement, Metz (France): 207-216.
- 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. *J Avian Biol* 34(1):97–104.
- Shamoun-Baranes J, Van Loon E, Alon D, Alpert P, Yom Tov Y, Leshem Y (2006)** Is there a connection between weather at departure sites, onset of migration and timing of soaring-bird autumn migration in Israel. *Global Ecol Biogeogr* 15 (6): 541–552.
- Shanawany MM (1987)** Hatching weight in relation to egg weight in domestic birds. *World's Poult Sci J* 43(02): 107-115.
- ShephardJM, RyckenS, AlmalikO, StruyfK, Van Erp-vanderKooijL (2015)** Migration strategies revealed by satellite tracking among descendants of a population of European white stork (*Ciconia ciconia*) reintroduced to Belgium. *J Ornithol* 156 (4): 943–953.
- Shimazaki H, Masayuki T, Higuchi H (2004)** Migration routes and important stopover sites of endangered oriental white storks (*Ciconia boyciana*) as revealed by satellite tracking. *Mem Natl Inst Polar Res Spec Issue* 58:162–178.
- Si Bachir A (2007)** Bio-écologie et facteurs d'expansion du Héron garde-boeufs, *Bubulcus ibis* (Linné, 1758), dans la région de la Kabylie de la Soummam et en Algérie. Thèse Doctorat d'Etat, Faculté des Sciences, Dépt. de Bio. Uni. Sétf, 243 p.
- 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, Barbraud C, Cereghino R, Santoul F (2012)** Cattle Egrets *Ardea ibis* use human-made habitat in a newly colonised area in northern Algeria. *Ostrich*, 83(1), 51-53.
- Si Bachir A, Chenchouni H, Djeddou N, Barbraud C, Céréghino R, Santoul F (2013)** Using self-organizing maps to investigate environmental factors regulating colony size and breeding success of the White Stork (*Ciconia ciconia*). *Journal Ornithol* 154(2): 481-489.
- Simmons RE (1994)** Supplemental food alters egg size hierarchies within harrier clutches. *Oikos* 71(2): 341-348.

- Sivakumar MVK (1992)** Climate change and implications for agriculture in Niger. *Climatic Change* 20(4):297-312.
- Skov H (1991)** Population studies on the White stork *Ciconia ciconia* in Denmark. In Mériaux J.L. & al. (eds), *Actes du colloque international, Les cigognes d'Europe*. Institut Européen d'écologie / Association Multidisciplinaires des biologistes de l'environnement, Metz (France): 119-124.
- Skov, H. (1999).** The White Stork (*Ciconia ciconia*) in Denmark. *Weißstorch im Aufwind*: 111-131.
- Slagsvold T (1986)** Asynchronous versus synchronous hatching in birds: experiments with the pied flycatcher. *J Anim Ecol* 55(3), 1115-1134.
- Slagsvold T, Lifjeld JT (1988)** Plumage colour and sexual selection in the pied flycatcher *Ficedula hypoleuca*. *Animal Behav* 36(2): 395-407.
- Slagsvold, T, Lifjeld JT (1989)** Constraints on hatching asynchrony and egg size in Pied Fly- catchers. *J. Anim. Ecol* 58(3): 837-849.
- Slagsvold T, Sandvik J, Rofstad G, Lorentsen Ö, Husby M (1984)** On the adaptive value of intraclutch egg-size variation in birds. *The Auk* 101(4), 685-697.
- 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 Pathology* 33: 441-448
- Sparks TH, Tryjanowski P (2005)** The detection of climate impacts: some methodological considerations. *Inter J Climat* 25(2): 271-277.
- StatSoft (2011)** STATISTICA, version 10. <http://www.statsoft.com/>
- Stearns S C (1992)** The Evolution of Life Histories. Oxford: Oxford University Press.
- Steidl RJ, Griffin CR (1990)** Growth and brood reduction of mid-Atlantic coast ospreys. *Auk* 108(2):363-370.
- Steiner LV, Spaari R (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.
- Stokland JN, Amundsen T (1988)** Initial size hierarchy in broods of the shag: relative significance of egg size and hatching asynchrony. *The Auk* 105(2), 308-315.
- Struwe B, Thomsen K-M (1991)** Untersuchungen zur Nahrungsoökologie des Weißstorches (*Ciconia ciconia*, L 1758) in Bergebusen 1989. *Corax* 14: 210-238.
- Surmacki A, Stepniewski J, Zduniak P (2003)** Repeatability of egg dimensions within the clutches of Bearded Tit *Panurus biarmicus*. *Acta Ornithol* 38(2): 123-127.
- Sutherland WJ, Brooks DJ (1981)** Autumn migration of raptors, storks, pelicans and spoonbills at Belen Pass, southern Turkey. *Sandgrouse* 2: 1-21.
- Sydeman WJ, Emslie SD (1992)** Effects of parental age on hatching asynchrony, egg size and third-chick disadvantage in Western Gulls. *The Auk* 109(2), 242-248.
- Thauront M, Duquet M (1991)** Distribution et conditions d'hivernage de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* au Mali. *Alauda*, 59(2): 101-110.
- Thomas JP, Heringa AC, Ledant JP, Mazerm W (1975)** Recensement National des Cigognes blanches en Algérie. Document polycopié. I.N.A. El Harrach, Alger.
- Thompson PS, Hale WG (1991)** Age-related reproductive variation in the Redshank *Tringa totanus*. *Ornis Scand* 22(4), 353-359.

- Thomsen K, Hötker H (2006)** The sixth International White Stork Census: 2004-2005. Waterbirds around the world. Eds. G.C. Boere, C.A. Galbraith & D.A. Stroud. The Stationery Office. Edinburgh, UK.
- Tobolka M (2011)** Roosting of tree sparrow (*Passer montanus*) and house sparrow (*Passer domesticus*) in white stork (*Ciconia ciconia*) nests during winter. *Turk J Zool* 35(6): 879-882.
- Tortosa FS, Máñez 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 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(2): 112-115.
- Tortosa FS, Caballero JM, Reyes-López J (2002)** Effect of rubbish dumps on breeding success in the White Stork in southern Spain. *Colon Waterbirds* 25 (1): 39-43.
- Tortosa FS, Castro F (2003)** Development of thermoregulatory ability during ontogeny in the white stork *Ciconia ciconia*. *Ardeola* 50(1): 39-46.
- Tortosa FS, Pulido R, Arias de Reyna L (1996)** Biología reproductiva y demografía de la Cigüeña blanca en la provincia de Cordoba. Ed. Diputation de Cordoba. Cordoba.
- Tortosa FS, Redondo T (1992)** Motives for parental infanticide in white Storks. *Ornis Scand* 23(2): 185-189.
- Tortosa FS, Villafuerte R (1999)** Effect of nest microclimate on effective endothermy in White Stork *Ciconia ciconia* nestlings. *Bird Study* 46(3): 336-341.
- Tortosa FS, 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.
- Tricot J (1973)** Dynamique de population de la cigogne blanche (*Ciconia C . Ciconia*) En Europe Occidentale Et Centrale. *Aves* (10): 122-151.
- Tryjanowski P, Hartel T, Báldi A, Szymański P, Tobolka M, Herzon I, Goławski A, Konvička M, Hromada M, Jerzak L, Kujawa K, Lenda M, Orłowski G, Panek M, Skórka P, Sparks TH, Tworek S, Wuczyński A, Żmihorski M (2011)** Conservation of Farmland Birds Faces Different Challenges in Western and Central-Eastern Europe. *Acta Ornithol* 46(1):1-12.
- Tryjanowski P, Jerzak L, Radkiewicz J (2005)** Effect of water level and livestock on the productivity and numbers of breeding White Storks. *Colon Waterbirds* 28(3): 378-382.
- Tryjanowski P, Kosicki J Z, Kuźniak Z E, Sparks T H (2009)** Long- term changes and breeding success in relation to nesting structures used by the white stork *Ciconia ciconia*. *Ann. Zool. Fenn.* 46(1): 34-38.
- Tryjanowski P, Kuzniak S (2002)** Population size and productivity of the White Stork (*Ciconia ciconia*) in relation to the common vole *Microtus arvalis* density. *Ardea* 90(2): 213-217.
- Tryjanowski P, Sparks TH (2008)** The relationship between phenological traits and brood size of the White Stork *Ciconia ciconia* in western Poland. *Acta Oecol* 33(2):203-206.
- Tryjanowski P, Sparks TH, Ptaszyk J, Kosicki J (2004)** Do White Storks *Ciconia ciconia* always profit from an early return to their breeding grounds? *Bird Study* 51(3): 222-227.
- Tsachalidis E, Papageorgiou N (1996)** Distribution status and breeding of the White Stork *Ciconia ciconia* in Greece. *Avocetta* 20: 101-106.
- Tsachalidis EP, Liordos V, Goutner V (2005)** Growth of White Stork *Ciconia ciconia* nestlings. *Ardea* 93(1):133-137.

- Tucakov M (2006)** Population development, nest site selection and conservation measures for White Stork *Ciconia ciconia* along the lower Tami {River (Vojvodina, N Serbia). *Acrocephalus* 27 (128-129): 225-232.
- Tucker GM, Heath MF (1994)** Birds in Europe: Their Conservation Status. BirdLife International, Bird Life Conservation Series no. 3, Cambridge.
- Vadineanu A (1998)** Sustainable Development. Vol. 1. Theoretical foundations of sustainable development [in Romanian], Bucharest University Press, Bucharest, Romania.
- Vaitkuvienė D, Dagys M (2014)** Possible effects of electromagnetic field on White Storks *Ciconia ciconia* breeding on low-voltage electricity line poles. *Zool Ecol* 24 (4):289-296.
- Vaitkuvienė D, Dagys M, Bartkeviciene, G, Romanovskaja D (2015)** The effect of weather variables on the White Stork (*Ciconia ciconia*) spring migration phenology. *Ornis Fennica* 92(1), 43.
- 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. *German Federal Agency for Nature Conservation*. 197p.
- Van Loon EE, Shamoun-Baranes J, Bouten W, Davis SL (2011)** Understanding soaring bird migration through interactions and decisions at the individual level. *J Theor Biol* 270(1):112–126.
- VanHeezik YM, Seddon PJ, Du Plessis CJ, Adams NJ (1993)** Differential growth of King penguin chicks in relation to date of hatching. *Colon Waterbirds* 16(1):71–76.
- Vergara P, Aguirre J I (2006)** Age and breeding success related to nest position in a white stork *Ciconia ciconia* colony. *Acta Oeco*, 30: 414-418.
- Vergara P, Aguirre JI, Fargallo JA (2007)** Economical versus ecological development: a case study of White Storks on a cattle farm. *Ardeola* 54(2):217–225.
- Vergara P, Aguirre JI, Fargallo JA, Davila JA (2006)** Nest-site fidelity and breeding success in White Stork *Ciconia ciconia*. *Ibis* 148 (4):672–677.
- Vergara P, Gordo O, Aguirre JI (2010)** Nest size, nest building behaviour and breeding success in a species with nest reuse: the White stork *Ciconia ciconia*. *Ann Zool Fenn* 47(3):184–194.
- Vgdineanu, A (1989)** Concepte gi interpretbi teoretice cheie. In : dEzvoltarea durabilii-teori I practicri, vol 1 p 11-120. Editura universitftii din bucureati.
- Vinuela J (1999)** Sibling aggression, hatching asynchrony and nestling mortality in the Black Kite (*Milvus migrans*). *Behav Ecol Sociobiol* 45(1):33–45.
- Vinuela J (2000)** Opposing selective pressures on hatching asynchrony:egg viability, brood reduction and nestling growth. *Behav Ecol Sociobio* 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): 25-29.
- Wegrzyn E (2012)** In the Blackcap *Sylvia atricapilla* last hatched nestlings can catch up with older siblings. *Ardea* 100(2):179–186.
- Weidinger K (1997)** Variations in growth of Cape petrel *Daption capense* chicks. *J Zool Lond* 242(1):193–207.
- Weimerskirch H (1992)** Reproductive effort in long-lived birds: age-specific patterns of condition, reproduction and survival in the wandering albatross. *Oikos* 64(3), 464-473.
- Whitfield PH Walker R (1999)** Le grand livre des animaux. Lavoisier, Paris

- Wiggins DA (1990)** Sources of variation in egg mass of tree swallows *Tachycineta bicolor*. *Ornis Scand* 21(2), 157-160.
- Williams GC (1966)** Adaptation and natural selection prinston univ. press, Princeton.
- Williams TD (1994)** Intraspecific variation in egg size and egg composition in birds: effects on offspring fitness. *Biological reviews* 69(1): 35-59.
- Williams TD, Lank DB, Cooke F, Rockwell RF (1993)** Fitness consequences of egg-size variation in the lesser snow goose. *Oecologia* 96 (3): 331-338.
- Wuczyński A (1997)** The history and breeding of the White Stork population in the Sudetic Foreland. *Chrońmy Przyrodę Ojczyznę* 53: 28-44.
- Yavuz KE, Yavuz N, Tavares J, Barış YS (2012)** Nesting habits and breeding success of the White Stork, *Ciconia ciconia*, in the Kızılırmak delta, Turkey. *Zoology in the Middle East* 57(1): 19-26.
- Yeatman L (1976)** Atlas Des Oiseaux Nicheurs De France De 1970 A 1975. Paris; Societe Francaise D'ornithologie. 281p.
- Yosef R, Zduniak P (2004)** Within-clutch variation in egg dimensions of Loggerhead Shrike (*Lanius ludovicianus*) in south-central Florida. *Biol Lett* 41(2), 155-162.
- Zach R, Liner Y, Rigby GL, Mayoh KR (1984)** Growth curve analysis of birds: the Richard's model and procedural problems. *Can J Zool* 62(12):2429–2435.
- Zduniak P, Antczak M (2003)** Repeatability and within-clutch variation in egg dimensions in a Hooded Crow *Corvus corone cornix* population. *Biol Lett* 40(1): 37-42.
- Zennouche O (2002)** Contribution à la bio-écologie de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* L. 1775 dans la région de Béjaia. Thèse Magister, Bio. Con.Eco developpement, Uni. A. Mira, (Béjaia), 100 p.
- Zielifski P (2002)** Brood reduction and parental infanticide – are the White Stork *Ciconia ciconia* and the Black stork *C. nigra* exceptional? – *Acta Ornithol.* 37(2): 113–119.
- Zuur AF, Ieno EN, Walker NJ, Saveliev AA, Smith GM (2009)** Mixed effects models and extensions in ecology with R. Springer, New York.

Annexe photographique (Photos personnelles)



Photo 1. Nid de cigogne blanche sur le rocher de Terfana (Ben Badis, 23 - 5 - 2010).

Photo 2. Colonie de cigognes blanches (Massine, 28- 5 - 2013).



Photo 3. Nid de cigogne blanche (Ferme Ben Chicco, 06- 6 - 2011).



Photo 4. Utilisation d'une échelle métallique pour accéder au nid de cigogne blanche (Ferme Massine, 22- 03 – 2012).

Photo 5. Prise de poids des poussins de cigogne blanche agés de 20 jours (Ferme Massine, 20- 5- 2013)



Photo 6. Eclosion asynchrone des poussins de cigogne blanche (Ferme Massine, 10- 5 – 2013).



Photo 7. Nid de cigogne blanche sur poteaux électrique (Colonie d' El Guerrah, 10- 2 – 2012).

Photo 8. Cigogne blanche morte électrocutée (Route El Guettar, 25- 7 – 2011).

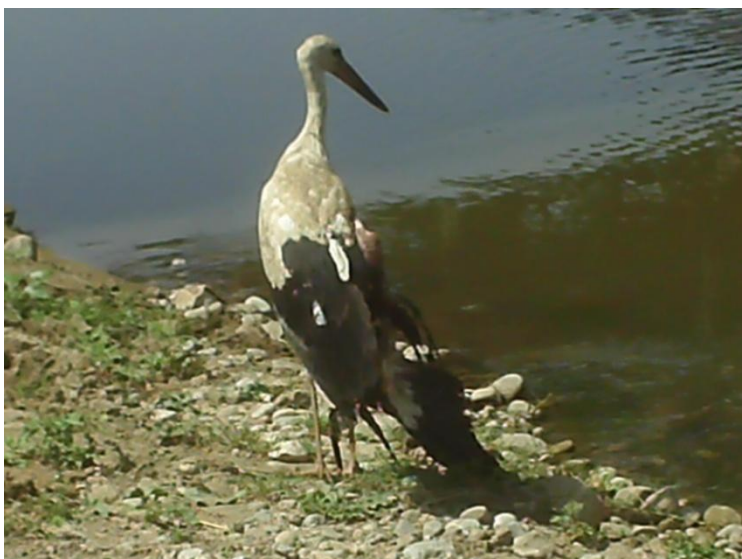
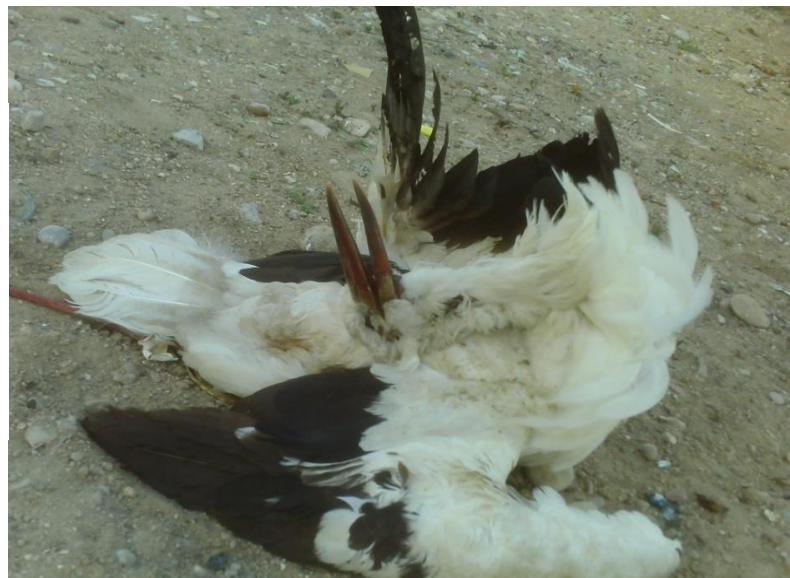


Photo 9. Aile pendante et pleine de sang d'une cigogne blanche suite à une tentative de chasse (Hamma Bouziane 30 -7-2011).

Résumé

Dans cette thèse, nous présentons des données collectées sur près de quatre années d'étude (2010 à 2013) sur la bio-écologie de la Cigogne blanche dans la région de Constantine. Le recensement de la population nicheuse a permis de dénombrer un total de 1149 nids répartis sur 76 colonies. Les plus denses colonies sont situées dans les régions suburbaines près des terrains agricoles bien irrigués. Durant la période d'étude, l'effectif de la population nicheuse a augmenté de 12%. La densité moyenne de la population est de 82,95 couples/100km². Cette valeur place la wilaya de Constantine en première position sur l'échelle nationale. Le nombre moyen de jeunes à l'envol est de $1,94 \pm 0,11$; Le succès reproducteur augmente d'une année à l'autre et il est positivement corrélé au nombre de couples nicheurs ayant réussi leur reproduction.

Afin de suivre la biologie de la reproduction, un total de 129 nids ont été inspectés du début janvier jusqu'à la mi-août et ceci pendant trois saisons de reproduction consécutives de 2011 à 2013. Le cycle biologique de la Cigogne blanche débute le 05 janvier pour les premiers arrivés. La ponte commence vers le 12 mars et se termine vers le 14 avril avec une taille moyenne de ponte de 4,68. Le volume des œufs est significativement affecté par l'ordre de ponte. Au sein de la même couvée, les derniers œufs pondus sont plus petits par rapport aux premiers. La taille moyenne des nichées varie entre 3,72 et 5, le nombre moyen de poussins émancipés varie entre 1,43 et 3,37 alors que la moyenne du succès reproducteur oscille entre 33.22 et 79.00%. La masse des poussins à l'éclosion est significativement et positivement lié au volume des œufs. Nous avons trouvé que les premiers couples arrivés vers les sites de nidification occupent les plus grand nids, commencent à se reproduire plus tôt et accomplissent des nichées de plus grandes tailles par rapport à ceux qui arrivent tardivement. Le succès reproducteur de la cigogne blanche est significativement affecté par la disponibilité alimentaire, la saison de reproduction et le site du nid.

Notre étude fournit les premiers paramètres de croissance des poussins de Cigogne blanche dans la partie sud de son aire de reproduction. Les taux de croissance sont inférieurs à ceux rapportés dans une population plus au nord, Ce qui supporte l'hypothèse de l'existence d'une variation géographique. Les résultats indiquent que les paramètres de croissance sont affectés par plusieurs facteurs tels que: la date d'occupation du nid, la date de ponte, la taille des nichées, l'éclosion asynchrone, la réduction de la nichée, le rang des poussins ainsi que l'identité du nid.

Summary

In this thesis, we present data collected on nearly four years of study (2010 to 2013) on White Storks bio-ecology in the Constantine region. The census of the breeding populations enumerated a total of 1149 nests distributed on 76 colonies. The larger colonies are located in suburban areas near well-irrigated farmlands. During the study period, the number of the breeding population has increased by 12%. The average breeding density of the studied population was 82.95 pairs /100km². This value places the Constantine department first on the national scale. Mean breeding success for successful breeding was 1.49 ± 0.11 . Breeding success increases from year to year and it is positively correlated with the number of successful breeding pairs. In order to follow reproductive biology, a total of 129 nests were inspected from early January to mid-August and this during three consecutive breeding seasons from 2011 to 2013.

The breeding cycle of the white stork begins on January 5 for the first arrivals. Egg laying begins March 12 and ends around 14 April with an average size of 4.68. Eggs volume is significantly affected by laying order. Within the same clutch, last laid eggs were smaller compared to the first ones. Mean brood size varies between 3.72 and 5, the average number of fledglings young ranged from 1.43 and 3.37 while the average reproductive success varies between 33.22 and 79.00%. The weight of chicks at hatching was significantly and positively related to eggs volume. We found that Adults that arrived earlier at the colony occupied larger nests, started breeding earlier, laid and hatched more eggs. The breeding success of the white stork is significantly affected by food availability, breeding season and nest site.

Our study provides the first growth parameters for the White Stork in the southern part of its breeding range. Growth rates were lower than those reported from a more northerly population, suggesting geographic variations. Results indicate that growth rates were influenced by several factors including nest occupation date, laying date, clutch size, hatching asynchrony, brood reduction, nestling rank and nest identity.

ملخص

في هذه الأطروحة، نقدم نتائج دراسة دامت أربع سنوات من الأبحاث في بيوايكولوجيا طائر اللقلق بمنطقة قسنطينة. تم إحصاء 1149 عشا موزعة على 76 مستعمرة. و تقع أكثر المستعمرات كثافة في مناطق الضواحي بالقرب من الأراضي الزراعية الخصبة المروية جيدا. أثناء فترة الدراسة، عرفت أعداد أسراب هذا الطائر ارتفاعا بحوالي 12 % متوسط الكثافة بلغ 82,95 زوج /100 كلم² من المساحة الزراعية المستغلة. هذه القيمة تضع ولاية قسنطينة في المرتبة الأولى علي المستوي الوطني. يقدر متوسط عدد الفراخ ب $0,11 \pm 1,94$. إن نجاح التكاثر في تزايد مستمر من سنة إلي أخرى و هو مرتبط بصفة ايجابية بعدد الأزواج القادرة علي إنجاح التكاثر.

بهدف دراسة بيولوجيا التكاثر، تم القيام بزيارات دورية منذ بداية جانفي إلي منتصف شهر سبتمبر و ذلك خلال ثلاث مواسم متتالية من 2011 إلى 2013. بدأت الدورة البيولوجية لطائر اللقلق في منطقة قسنطينة في 05 جانفي. بدأت عملية وضع البيض في 12 مارس و انتهت في 14 افريل و قد قدر متوسط عدد البيض ب 4,68. و قد وجدنا علاقة وطيدة بين حجم البيض و ترتيبه أثناء عملية الوضع. في نفس العش، البيض الموضوع في المرتبة الأخيرة يكون اقل حجما بالمقارنة مع البيض الموضوع أولا. يتراوح متوسط عدد الكتاكيت بين 3,72 و 5 و متوسط عدد الفراخ التي وصلت إلي مرحلة الطيران بين 1,43 و 3,37 في حين يتراوح متوسط نجاح التكاثر بين 33,22 و 79,00 و يرتبط وزن الكتاكيت عند الفقس ارتباطا ايجابيا بحجم البيض. تحتل أزواج طائر اللقلق التي تصل أولا إلي مواقع التعشيش اكبر الأعشاش حجما و تتمكن من التكاثر مبكرا و تضع اكبر عدد من البيض بالمقارنة مع الأزواج التي تصل متأخرة. يتأثر نجاح التكاثر عند طائر اللقلق بتوفر الغذاء و موسم التزاوج و أيضا بموقع العش.

تعتبر هذه أول دراسة وفرت نتائج حول معايير النمو عند طائر اللقلق في الجزء الجنوبي من مناطق تكاثره. تعتبر نسب النمو متدنية بالمقارنة مع المجموعات التي تعيش في المناطق الشمالية و هذا ما يؤكد فرضية التباين الجغرافي في نسب النمو. بينت نتائج هذه الدراسة أن معايير نمو الكتاكيت تتأثر بعدة عوامل منها: تاريخ استعمار العش، تاريخ وضع البيض، متوسط عدد البيض، عدم تزامن عملية الفقس، خفض عدد الكتاكيت، مراتب الفراخ و هوية العش.