

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université du 20 Août 1955-SKIKDA



جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة

Faculté des Sciences

Département Sciences de la Nature & de la Vie

Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat LMD

Filière : Sciences biologiques
Spécialité : Biologie et Environnement

Thème

Variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

Présentée par : Mr. BABOURI Saddam

Soutenue publiquement le 10 Juin 2021

Devant le jury composé de :

Président :

Dr. DJERROU Zouhir

Prof.

Univ. 20 Août 1955, Skikda

Rapporteuse :

Dr. METALLAOUI Sofia

Prof.

Univ. 20 Août 1955, Skikda

Co-directeur :

Dr. HEDDAM Salim

Prof.

Univ. 20 Août 1955, Skikda

Examineurs :

Dr. SI BACHIR Abdelkrim

Prof.

Univ. El Hadj Lakhdar, Batna

Dr. HOUHAMDI Moussa

Prof.

Univ. 8 Mai 1945, Guelma

Dr. FEKRACHE Fadila

M.C.A.

Univ. 20 Août 1955, Skikda

Année Universitaire : 2020 - 2021



REMERCIEMENTS

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude avant tout à **ALLAH** qui m'a aidé et donné le courage pour mener à bien ce modeste travail.*

*Mes chaleureux remerciements vont à ma directrice de thèse, madame **Sofia METALLAOUI**, professeur de l'université du 20 Août 1955, Skikda, qui a toujours porté un intérêt particulier à mon travail : elle a encadré et suivi de près et de loin, avec sa rigueur scientifique, toutes les étapes de cette étude. Ses conseils, ses remarques précises et ses fructueuses recommandations, ainsi que sa gentillesse m'ont encouragé pour poursuivre la réalisation de cette thèse. Je lui dis également à cette occasion : je vous exprime un grand merci pour votre patience, votre compréhension et vos qualités humaines.*

*Je dois également exprimer ma profonde reconnaissance au co-directeur de ma thèse, monsieur **Salim HEDDAM**, professeur de l'université du 20 Août 1955, Skikda pour l'aide particulière qu'il m'a présentée pour cette thèse et pour d'autres travaux scientifiques, pour ses recommandations, sa patience et sa gentillesse. J'ai l'honneur de vous reconnaître et de travailler avec vous.*

Je remercie tout particulièrement mesdames et messieurs les membres du jury :

Président :

- *Monsieur, **Zoufir DJERROU**, professeur de l'université du 20 Août 1955, Skikda d'avoir accepté d'être membre et président du jury. Je vous remercie infiniment de réagir avec nous et d'accepter d'abord cette responsabilité.*

Et examinateurs :

- *Messieurs **Abdelkrim SI BACHIR**, professeur de l'université **El Hadj Lakhdar, Batna** et **Moussa HOUHAMD**, professeur de l'université du 8 Mai 1945, Guelma pour leur contribution et leur acceptation d'être membres de ce jury, pour leur venue et leur déplacement à notre université et pour le temps qu'ils ont consacré à la lecture et la vérification de ce document. je veux vous dire tous les deux: soyez les bienvenus à notre université et je suis très honoré d'être parmi vous.*
- *Madame **Fadila FEKRACHE**, maitre de conférences (A) de l'université du 20 Août 1955, Skikda d'accepter d'être membre du jury et de consacrer son précieux temps pour corriger ce document. Je vous remercie également d'être patiente et pour votre gentillesse remarquable.*
- *Mesdames et messieurs les membres du jury : un grand merci à vous tous et je vous transmets l'expression de mon respect et de ma considération.*

*Un merci spécial pour messieurs **Hamdi DZIRI** et **Azzedine HADEF** pour leur soutien, pour leur contribution notable à la réalisation de cette étude. Merci pour votre*

disponibilité et votre aide que je ne vais jamais oublier ; notamment pour la réalisation du travail sur terrain qui n'était absolument pas facile. Sans votre aide - inappréciable - ce travail ne devrait pas être achevé. Merci également pour votre compréhension, votre tolérance et vos échanges...

Je voudrais profiter de cette occasion pour exprimer mes sincères remerciements à tout le staff de l'université de Skikda, à toutes les personnes qui ont permis les bonnes démarches administratives et l'organisation générale de la formation doctorale. Je remercie particulièrement mesdames et messieurs : **Salah BOUHAIEN** ; **Doria GVEDDAH** ; **Al Tahar CHBEL** ; **Souheila SLIMANI** ; **Khaled BOUDEFFA** ; **Amel Sahra BELAMBRI** et d'autres bien sûr que j'aurais pu oublier. Au précédent chef de département SNV : **Messaoud LAIB**, à tous les employés de la scolarité du département SNV, notamment pour **Mohamed** et **Imane** et d'autres que je n'arrive pas à me rappeler de leurs noms. Merci à vous tous pour votre accueil, votre disponibilité, votre patience et votre gentillesse.

Mes remerciements vont aussi à tous les enseignants du département de Sciences de la Nature et de la Vie, faculté des Sciences de l'université de Skikda qui ont asservi leurs efforts pour notre formation durant toutes les années scolaires. A mesdames et messieurs : **Sonia ROUIDI** ; **Ratiba BOUSSOUAK** ; **Nadjla CHAIEB** ; **Aicha BENLOUNISSI** ; **Mme SAKHRAOUI** ; **Mme MAACHIA** et **Mme ABBACI** ; **Fawzi BOULAKNAFET** ; **Abderrazak BOUSSEHABA** ; **Mr. LALOUCHE**...et beaucoup d'autres qui seront certainement inoubliables.

Je n'oublie jamais de remercier mes parents « **MOHAMED ET ZOÛRA** » pour leur soutien continu et irremplaçable et la providence qu'ils me donnent toujours. Un grand merci à mon grand frère : **Tarek BABOURI (Faïçal)** de m'avoir soutenu et encouragé depuis longtemps et pour toute **ma famille** à Zaouia – Ouldja Boulbalout et à Ramdan Djamel.

Le travail sur terrain n'a été nullement facile qu'avec la présence de certaines personnes exceptionnelles et de qualité, je dois donc remercier tous les gens qui m'ont aidé à Ben Azzouz, à Zaouia et à Guerbes ; vos contributions m'ont mobilisé et donné la cause de continuer le travail. Mes remerciements vont surtout à mon ami et mon collègue **Nour El Islam ALLEG** qui habite à Ben Azzouz ; je te dis merci pour ta contribution inoubliable.

Je voudrais finir par remercier mes chères collègues : **Faiza NOUNE** ; **Hadjer KADDECHE** ; **Hind KHELALF** et son mari « **Houssam** » ; **Halima GRINI** et **Meriem BENGUIBA**. A tous les amis et les collègues avec qui j'ai partagé de beaux moments et de beaux souvenirs, à ceux qui m'ont encouragé pour réaliser cette thèse, qui m'ont aidé de proche ou de loin, merci à vous tous.

DÉDICACES

Je voudrais bien et avec pleine volonté dédier ce modeste travail à ceux que j'aime pour toujours :

*A mes chères parents, mes sœurs et frères. Mes beaux frères : Souhail; Djamel et Mohamed et leurs enfants, notamment les petits **Mohamed, Moayed et Assil**. Et à toute la famille. A mes cousins et cousines ; oncles et tentes et tous les voisins.*

*A ma chérie et ma vie que j'ai trouvée toujours à coté de moi, l'aimable Mlle **CHAIB Rokiya** et toute sa famille à Messaad, wilaya de Djelfa.*

*A mes amis les plus chers que j'ai connu à jamais : Mr. « L'ordinateur » **Chamseddine MAZOUZI**; **Khelef BOUHALA**; **Abdelkader BABOURI** « Mourad »; **Fetteh SENGHOU**; **Moumen DJOUAMAA**; **Hichem et Djalal DERBAL**; **Djaber BOUDIBA**; **Mohamed et Amine DJEKRI**; **Fouad BAATICHE** & l'absent depuis longtemps qui reste encore plus cher : mon ami **Houssemeddine MAZOUZI**...*

Enfin, à tous les amis et collègues que j'ai connus et que j'ai rencontrés dans ma vie.

Table des matières

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des annexes	
Introduction générale.....	1

Chapitre I. Recueil bibliographique sur la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* (L. 1758)

Partie 1. Généralités sur les ciconiidés

I.1. Famille des <i>Ciconiidae</i>	6
I.2. Les Cigognes ou genre <i>Ciconia</i>	8

Partie 2. Représentation générale de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia*

I.1. Nomenclature et classification	12
I.1. 1. Nomenclature	12
I.1. 2. Classification et sous espèces	12
I.2. Description générale de l'espèce	13
I.3. Identification et similitudes avec d'autres espèces	14
I.4. Bio-écologie de l'espèce	15
I.4. 1. Habitats et milieux de gagnage	15
I.4. 2. Régime alimentaire	17
I.4. 3. Biologie de la reproduction.....	18
I.4. 3. 1. Maturité sexuelle.....	18
I.4. 3. 2. Formation des couples	19
I.4. 3. 3. Construction du nid.....	20
I.4. 3. 4. Accouplement, ponte et couvaie des œufs	20
I.4. 3. 5. Ecllosion des œufs, élevage et envol des jeunes	22
I.4. 3. 6. Productivité de la Cigogne blanche	24
I.4. 4. Ethologie générale et mœurs de vie	25
I.5. Répartition géographique et état des populations	26
I.5. 1. Dans le monde.....	26
I.5. 2. En Algérie	29
I.6. Statut de conservation et degré de protection	32
I.7. Menaces potentielles à travers le monde	33
I.7. 1. Historique.....	33

I.7. 2. Les cigognes et le changement climatique.....	34
I.7. 2. Electrocutation et collisions électriques	35
I.7. 3. Autres menaces	35

Chapitre II. Présentation de la zone d'étude : l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja

II.1. Présentation générale du complexe	37
II.2. Géologie, géomorphologie et topographie de la région	38
II.3. Pédologie.....	40
II.4. Hydrologie et hydrogéologie	42
II.5. Etude climatique	43
II.5. 1. Données de la station météorologique de Skikda.....	44
II.5. 2. Données des années 2018 et 2019	45
II.5. 3. Synthèse climatique	46
II.6. Cadre biotique.....	48
II.6. 1. Richesse floristique.....	48
II.6. 2. Richesse faunistique	49
II.7. Les principales zones humides du complexe.....	51
II.8. Aspect socio-économique.....	53
II.9. Menaces et pressions anthropiques.....	55

Chapitre III. Matériel et méthodes

III.1. Le modèle biologique.....	57
III.2. Répartition des colonies et choix des sites d'échantillonnage	57
III.3. Description des sites de reproduction de la Cigogne blanche.....	59
III.4. Calendrier de déroulement d'étude	70
III.5. Méthodes d'échantillonnage et collecte des données.....	71
III.5.1. Recensement des nids.....	72
III.5.2. Suivi des nids	73
III.5.3. Suivi des individus sur terrains	74
III.6. Matériel utilisé.....	75
III.7. Traitement des données	75
III.7.1. Exploitation des données et analyse des résultats	75
III.7.2. Analyse statistique.....	77
III.7.2. 1. Analyse en composantes principales (ACP)	77
III.7.2. 2. Analyse factorielle des correspondances (AFC)	78

Chapitre IV. Résultats

IV.1. Résultats du recensement des nids de la Cigogne blanche	80
IV.1.1. Abondance et distribution des nids	80
IV.1.2. Variations spatio-temporelles	85
IV.1.2.1. Les nids totaux	85
IV.1.2.2. Les nouveaux nids.....	86
IV.1.2.3. Les nids perdus et les nids restants	89
IV.1.2.4. Les nids occupés et les nids vides	91
IV.1.2.5. Bilan des nids recensés	92
IV.1.2.6. Tendance de la population	94
IV.2. Nature de supports des nids	95
IV.2. 1. Types de supports des nids.....	95
IV.2. 2. Répartition des nids selon les types de leurs supports	98
IV.2. 3. Les supports des nouveaux nids.....	99
IV.2. 4. Les supports des nids perdus.....	100
IV.2. 5. Répartition des nids en fonction de leurs hauteurs	101
IV.3. Phénologie de reproduction	102
IV.3.1. Chronologie d'installation de l'espèce.....	102
IV.3.2. Fréquence des accouplements	105
IV.3.3. Chronologie d'apparition des jeunes.....	105
IV.3.4. Fluctuations de l'abondance.....	106
IV.3.5. Succès de la reproduction	108
IV.4. Dispersion spatio-temporelle des individus	110
IV.4.1. Description de l'itinéraire	110
IV.4.2. Dispersion des individus sur les milieux trophiques.....	112
IV.5. Résultats de l'analyse statistique.....	116
IV.5.1. L'analyse descriptive univariée	116
IV.5.2. Résultats de l'ACP	117
IV.5.3. Résultats de l'AFC	121

Chapitre V. Discussion

V.1. Distribution des nids et caractéristiques des colonies	124
V.1.1. Abondance des nids.....	124
V.1.2. Dispersion dans l'espace : la question d'habitat	125
V.1.3. Fluctuations des nombres de nids.....	138
V.1.4. Tendance de la population.....	141

V.2. Dynamique liée à la phénologie de reproduction	143
V.2.1. Chronologie d'installation de l'espèce	143
V.2.2. Fréquence des accouplements	147
V.2.3. Phénologie des pulli et cycle de reproduction.....	147
V.2.4. Fluctuations temporelles des effectifs	148
V.2.5. Succès de la reproduction.....	149
V.3. Dispersion spatio-temporelle des individus	152
Conclusion générale	156
Perspectives	162
Références bibliographiques	163
Webographie	177
Annexes	
Résumé	
Abstract	
الملخص	
Article de la thèse	

Liste des abréviations

- **ACP** : Analyse en Composantes Principales.
- **AEWA** : Accord relatif aux oiseaux migrateurs d’Afrique et d’Eurasie.
- **AFC** : Analyse Factorielle des Correspondances.
- **Ant** : antenne de télécommunication.
- **Arb** : arbre.
- **C. D.P.N.E.** : Comité Départemental pour la Protection de la Nature et de l’Environnement.
- **C.S.M** : région du Constantinois- Seybouse- Méllègue.
- **CI** : cultures irriguées.
- **CV** : coefficient de variation (%).
- **D. G. F** : Direction Générale des Forêts.
- **E** : Est.
- **E.O.L.** : Encyclopedia of Life.
- **EEA** : l’Agence Européenne pour l’Environnement.
- **FR** : friche.
- **GAR** : garaet.
- **H.** : humidité relative de l’air.
- **H0** : hypothèse nulle.
- **Ha** : hypothèse alternative.
- **HPa** : nombre total de couples nicheurs (Horstpaare allgemein).
- **HPm** : nombre de couples avec succès de reproduction (Horstpaare mit erfolgreicher jungenaufzucht).
- **IACM** : interrupteur à commande manuelle.
- **IUCN** : L’Union Internationale de la Conservation de la Nature.
- **JZG** : nombre total de jeunes émancipés d’une colonie (Jungenzahl gesamt).
- **JZm** : succès d’élevage moyen (nombre moyen de jeunes émancipés par couple nicheur) (Jungenzahl mittleren).
- **LC** : une espèce avec préoccupation mineure (Least Concern).
- **LPO** : la Ligue de Protection des Oiseaux.
- **LR** : une espèce avec risque mineure.
- **M** : Températures des maxima du mois le plus chaud en Kelvins (°K).
- **m** : Températures des minima du mois le plus froid en Kelvins (°K).
- **M.H.N.G.** : Muséum d’Histoire Naturelle de la ville de Genève.
- **Max.** : maximum/maximal.
- **Min.** : minimum/minimal.
- **Moy.** : moyenne.
- **N** : Nord.
- **NABU** : Naturschutzbund Deutschland.

- **Nb** : nombre.
- **NO** : Nord-ouest.
- **NT** : une espèce quasi menacée.
- **O** : Ouest.
- **O.N.S.** : Office National des Statistiques.
- **OFEV** : Office Fédéral de l'Environnement.
- **P** : pluviométrie.
- **PBS** : poteaux électriques en bois.
- **PBT** : poteaux électriques en béton.
- **PH** : prairie humide.
- **PMT** : poteaux électriques métalliques.
- **PM** : prairie marécageuse.
- **PP.** : précipitations.
- **Q₂** : quotient pluviométrique modifié d'Emberger.
- **S** : sud.
- **SE** : Sud-est.
- **T/T°** : température.
- **TC** : toits des constructions humaines.
- **V.V.** : vitesse moyenne du vent.

Liste des figures

Figure I.1. Classification des <i>Ciconiidae</i> proposée par Kahl (1972).	6
Figure I.2. Différentes espèces du genre <i>Ciconia</i> (les Cigognes). A : Cigogne blanche <i>C. ciconia</i> ; B : Cigogne maguari <i>C. maguari</i> ; C : Cigogne noire <i>C. nigra</i> ; D : Cigogne de Storm <i>C. stormii</i> ; E : Cigogne d'Abdimi <i>C. abdimii</i> ; F : Cigogne orientale <i>C. boyciana</i> ; G : Cigogne épiscopale <i>C. episcopus</i>	11
Figure I.3. La Cigogne blanche <i>Ciconia ciconia</i> , A : adultes mâle et femelle installés sur leur nid ; B : oisillon avec le bec noir.	14
Figure I.4. Formation des couples	19
Figure I.5. Accouplement (A) et couvaison des œufs (B) chez la Cigogne blanche <i>Ciconia ciconia</i>	21
Figure I.6. Nourrissage de jeunes cigognes émancipées.	23
Figure I.7. Premiers essais de vol chez les jeunes cigognes.	23
Figure I.8. Distribution géographique de la Cigogne blanche.	28
Figure I.9. Densité des couples nicheurs de la Cigogne blanche (nombre de couples/100 km ²) à travers l'aire de sa nidification.	29
Figure I.10. Distribution de La densité de la Cigogne blanche en Algérie (nombre de couples nicheurs/100 Km ²).	31
Figure I.11. Évaluation IUCN (2016) de la Cigogne blanche.	32
Figure II.1. Localisation géographique de l'éco-complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja.	38
Figure II.2. Diagramme ombrothermique de Bagnlous et Gausson pour la station de Skikda (1997-2019).	46
Figure II.3. Climagramme d'Emberger pour la station météorologique de Skikda (1997-2019).	48
Figure II.4. Zone humide de de type « garaet » au niveau de Garaet Zaouia dans le complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja.	53
Figure II.5. Zone humide marécageuse annexe de Garaet Chichaya, Guerbes-Sanhadja.	53
Figure II.6. Culture des tomates dans la commune de Ben Azzouz au niveau de l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja.	54
Figure II.7. Elevage bovin au niveau de Guerbes-Sanhadja.	55
Figure III.1. Localisation géographique et répartition spatiale des colonies de la Cigogne blanche dans l'éco-complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja.	58
Figure III.2. Vue générale du village de Ben Azzouz	62
Figure III. 3. Vue générale du site Ben Azzouz Nord-Ouest.	63
Figure III.4. Images satellites du site Ben Azzouz Nord.	65
Figure III.5. Vue générale du site Zaouia 1	67
Figure III.6. Image satellite du site Zaouia 2.	68
Figure III.7. Vue aérienne du site Zaouia 3.	69
Figure III.8. Le village de Guerbes d'une vue aérienne.	70

Figure IV.1. Carte de répartition spatiale des nids de la Cigogne blanche au niveau de Guerbes-Sanhadja en 2019.....	81
Figure IV.2. Distribution des nids de la Cigogne blanche en fonction des sites au niveau de Guerbes-Sanhadja.....	81
Figure IV.3. Pourcentages des nids de la Cigogne blanche recensés en 2019 en fonction des sites au niveau de Guerbes-Sanhadja.	82
Figure IV.4. Distribution spatiale des nids de la Cigogne blanche dans les villages de Guerbes-Sanhadja en 2019.....	83
Figure IV.5. Distribution spatiale des nids de la Cigogne blanche dans les milieux ruraux de Guerbes-Sanhadja en 2019.....	84
Figure IV.6. Pourcentages des nids totaux de la Cigogne blanche comptés au niveau de Guerbes-Sanhadja (2017-2019).....	86
Figure IV.7. Distribution mensuelle des nouveaux nids de la Cigogne blanche dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja.....	87
Figure IV.8. Pourcentages des nouveaux nids de la Cigogne blanche en fonction des sites dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja.....	88
Figure IV.9. Pourcentages des nids perdus de la Cigogne blanche en fonction des sites dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja.	90
Figure IV.10. Principales Causes de la perte des nids de la Cigogne blanche au niveau de Guerbes-Sanhadja.....	91
Figure IV.11. Bilan des nids de la Cigogne blanche recensés au niveau de Guerbes-Sanhadja.	93
Figure IV.12. Développement annuel du nombre de nids de la Cigogne blanche recensés au niveau de Guerbes-Sanhadja.	93
Figure IV.13. Bilan des nids de la Cigogne blanche recensés en fonction des sites au niveau de Guerbes-Sanhadja.....	94
Figure IV.14. Types de supports des nids de la Cigogne blanche au niveau de Guerbes-Sanhadja.....	97
Figure IV.15. Répartition des nids de la Cigogne blanche selon les types de leurs supports au niveau de Guerbes-Sanhadja.	98
Figure IV.16. Répartition des nids de la Cigogne blanche en fonction des sites selon les types de leurs supports au niveau de Guerbes-Sanhadja.	99
Figure IV.17. Types de supports de nouveaux nids de la Cigogne blanche au niveau de Guerbes-Sanhadja.....	100
Figure IV.18. Types de supports des nids perdus de la Cigogne blanche au niveau de Guerbes-Sanhadja.....	101
Figure IV.19. Distribution des nids de la Cigogne blanche en fonction de leurs hauteurs au niveau de leurs supports dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja.....	102
Figure IV.20. Fluctuations spatio-temporelles du nombre de nids occupés de la Cigogne blanche (HPa) dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja (2017-2018).....	103
Figure IV.21. Fluctuations spatio-temporelles du nombre de nids occupés de la Cigogne blanche (HPa) dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja (2018-2019).....	104

Figure IV.22. Chronologie de déroulement des accouplements de la Cigogne blanche dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja.	105
Figure IV. 23. Fluctuations temporelles du nombre de nids de la Cigogne blanche avec jeunes dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja.	106
Figure IV.24. Fluctuations temporelles de l'abondance de la Cigogne blanche dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja (2017-2018).	107
Figure IV.25. Fluctuations temporelles de l'abondance de la Cigogne blanche dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja (2018-2019).	108
Figure IV.26. Distribution des individus de la Cigogne blanche par rapport à leurs sites de nidification au niveau de Guerbes-Sanhadja.	110
Figure IV.27. Fluctuations spatio-temporelles de la distribution des individus de la Cigogne blanche par rapport à leurs sites de nidification au niveau de Guerbes-Sanhadja.	112
Figure IV.28. Types principaux des milieux trophiques fréquentés par la Cigogne blanche au niveau de Guerbes-Sanhadja. PH = prairie humide ; GAR = garaet ; CI = cultures irriguées ; PM = prairie marécageuse et FR= friche.	113
Figure IV.29. Distribution des effectifs de la Cigogne blanche selon les types des milieux trophiques au niveau de Guerbes-Sanhadja.	114
Figure IV.30. Distribution mensuelle des effectifs de la Cigogne blanche en fonction des milieux trophiques au niveau de Guerbes-Sanhadja (2017-2018).	115
Figure IV.31. Distribution mensuelle des effectifs de la Cigogne blanche en fonction des milieux trophiques au niveau de Guerbes-Sanhadja (2018-2019).	116
Figure IV.32. Biplot (F1 x F2) de l'ACP des données des paramètres démographiques de la Cigogne blanche au niveau de Guerbes-Sanhadja (2017-2018).	118
Figure IV.33. Biplot (F1 x F2) de l'ACP des données des paramètres démographiques de la Cigogne blanche au niveau de Guerbes-Sanhadja (2018-2019).	120
Figure IV.34. Plan factoriel (1 x 2) de l'AFC de la dispersion spatio-temporelle des individus de la Cigogne blanche au niveau de Guerbes-Sanhadja. PH = prairie humide ; PM = prairie marécageuse ; FR= friche ; CI = cultures irriguées ; GAR = garaet.	123
Figure V.1. Carte d'occupation des sols de l'éco-complexe de zones humides de Guerbes- Senhadja en 2009.	127
Figure V.2. Poteau métallique à conducteurs suspendus.	135
Figure V.3. Petits nids de la Cigogne blanche nouvellement installés en 2018 au niveau de Guerbes-Sanhadja sur des poteaux électriques avec des sommets simples. A : sur poteau en béton ; B : sur poteau métallique.....	136
Figure V.4. Garaet Zaouia en été. A : en juillet 2018 (S. Babouri, le 25/07/2018) ; B : en aout 2019.....	146

Liste des tableaux

Tableau I.1. Les différentes espèces actuelles de la famille <i>Ciconiidae</i>	7
Tableau I.2. Diversité des habitats pour la Cigogne blanche <i>Ciconia ciconia</i> en Europe.....	16
Tableau I.3. Proportion des coléoptères et des orthoptères dans le régime alimentaire de la Cigogne blanche <i>Ciconia ciconia</i>	18
Tableau I.4. Succès d'élevage de la Cigogne blanche en Europe.....	24
Tableau I.5. Succès de reproduction de la Cigogne blanche en Algérie.....	24
Tableau I.6. Quelques paramètres démographiques de la Cigogne blanche en Algérie.....	31
Tableau II.1. Les principales zones humides de l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja.....	51
Tableau III.1. Distribution communale des colonies de la Cigogne blanche dans l'éco-complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja.....	58
Tableau III.2. Quelques informations sur les sites de reproduction de la Cigogne blanche (<i>Ciconia ciconia</i>) au niveau de l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja.....	60
Tableau IV.1. Répartition des colonies de la Cigogne blanche selon l'infrastructure de leurs habitats au niveau de Guerbes-Sanhadja.....	82
Tableau IV.2. Hauteurs approximatives des nids de la Cigogne blanche (<i>Ciconia ciconia</i>) au niveau de leurs supports dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja.....	102

Liste des annexes

Annexe I. Tableaux

Tableau A1. Données climatiques de la station météorologique de Skikda (1997-2019).

Tableau A2. Données climatiques de la station météorologique de Skikda pour les années 2018 et 2019.

Tableau A3. Fiche technique appliquée dans le recensement des nids de la Cigogne blanche au niveau de Guerbes-Sanhadja (réalisation personnelle).

Tableau A4. Nombre de nids totaux de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) recensés en fonction des saisons au niveau de Guerbes-Sanhadja.

Tableau A5. Résultats finaux des nombres de nids totaux de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) recensés au niveau de Guerbes-Sanhadja.

Tableau A6. Nombre de nids perdus de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) recensés au niveau de Guerbes-Sanhadja.

Tableau A7. Nombre de nids recensés restants de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) au niveau de Guerbes-Sanhadja.

Tableau A8. Nombre de couples nicheurs (HPa) de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) en fonction des sites au niveau de Guerbes-Sanhadja.

Tableau A9. Augmentation et perte de nids de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) en fonction des sites dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja (2017-2019).

Tableau A10. Augmentation et perte saisonnières des nids de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) en fonction des sites dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja.

Tableau A11. Paramètres démographiques de reproduction de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja (2017-2018).

Tableau A12. Paramètres démographiques de reproduction de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja (2018-2019).

Tableau A13. Statistiques élémentaires de la distribution spatiale des nids de la Cigogne blanche au niveau de Guerbes-Sanhadja.

Tableau A14. Données initiales et résultats préliminaires univariés de l'ACP₁ (saison 2017-2018).

Tableau A15. Matrice de corrélation de Pearson de l'ACP₁ (saison 2017-2018).

Tableau A16. Corrélations variables-facteurs (principaux) de l'ACP₁ (saison 2017-2018).

Tableau A17. Données initiales et résultats préliminaires univariés de l'ACP₂ (saison 2018-2019).

Tableau A18. Matrice de corrélation de Pearson de l'ACP₂ (saison 2018-2019).

Tableau A19. Corrélations variables-facteurs (principaux) de l'ACP₂ (saison 2018-2019).

Tableau A20. Tableau de contingence de la distribution mensuelle des individus sur les milieux trophiques (2017-2019).

Annexe II. Photographies

Photo A1. Une Cigogne blanche morte éventuellement électrocutée.

Photo A2. Un nid de la Cigogne blanche placé sur une plateforme artificielle métallique installée sur un poteau électrique en béton, localisé dans un champ de céréales.

Photo A3. Un nid de la Cigogne blanche placé sur un interrupteur à commande manuelle (IACM) d'un poteau électrique en béton.

Photo A4. Un nid de la Cigogne blanche à forme allongée, un cas particulier des nids placés sur les équipements d'éclairage.

Photo A5. Un nid de la Cigogne blanche placé sur un anti-nid.

Photo A6. Les dômes des mosquées représentent les structures dominantes qui portent les nids de la Cigogne blanche installés sur des toits.

Photo A7. Un nid de la Cigogne blanche porté et soutenu par les câbles d'un poteau électrique en bois.

Photo A8. Un nid de la Cigogne blanche placé sur un arbre élagué de Lilas de Perse (*Melia azedarach*).

Photo A9. Un nid de la Cigogne blanche placé sur un poteau électrique métallique nain.

Photos A10 et A11. Une même plateforme artificielle métallique en deux saisons successives : vide en 2017-2018 et occupée par un nid de la Cigogne blanche en 2018-2019.

Photo A12. Regroupement mixte des cigognes blanches *Ciconia ciconia* et des hérons garde-bœufs *Bubulcus ibis* au niveau de Garaet Moussissi en été, Guerbes-Sanhadja.

Photos A13 et A14. Prairie humide à basse végétation en période humide (A) et à végétation dense et sèche en période estivale (B).

Introduction générale

Introduction générale

La dynamique des populations est l'étude des caractéristiques d'une population et leurs changements dans le temps et dans l'espace où les mathématiques et les statistiques sont les langues naturelles. Ces caractéristiques incluent l'abondance, la biomasse, l'âge, le sexe, la croissance, la reproduction, les mortalités et les facteurs induits par l'homme. La résolution des facteurs qui affectent une population donnée requiert la collection des données en utilisant les méthodes basées sur l'échantillonnage et les études impliquant un aspect expérimental (J. Quinn, 2014). En quelques dizaines d'années, certaines espèces d'oiseaux ont présenté une véritable explosion démographique mondiale, le plus souvent, il s'agit d'espèces qui ont réussi à modifier leur comportement ou leur régime alimentaire en devenant par exemple des Synanthropes (Franchimont, 1986). Ainsi, les études cherchant la relation entre les oiseaux et leur habitat sont d'une importance ; puisque elles permettent de comprendre l'impact des facteurs naturels et anthropiques sur leur diversité (Heikkinen *et al.*, 2004). Aujourd'hui, les changements globaux et particulièrement du climat représentent un problème majeur qui menace les écosystèmes naturels et les activités humaines à cause de leurs effets négatifs sur la structure d'habitat et les populations naturelles en modifiant certains paramètres environnementaux.

Pour les oiseaux, plusieurs caractères biologiques ont été significativement liés au changement climatique, citons par exemple : l'éthologie migratoire, le succès reproducteur, le fitness, la dynamique des populations et la distribution géographique (Gordo & Sanz, 2006). L'un de ces oiseaux est la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*), une espèce très connue et un modèle biologique très couramment utilisé pour des études impliquant un suivi à long terme et à grande échelle. Cet oiseau connu par sa grande taille remarquable est particulièrement adapté à plusieurs lignes de recherches. Ses effectifs varient considérablement et chaque pays a sa propre littérature de ses populations, par conséquent, une comparaison peut être effectuée à grande échelle. Il est également nécessaire de suivre par chiffres, la dépendance de cette espèce aux conditions environnementales notamment les ressources trophiques, tant que les tentatives de nidification sont aussi d'une grande signification, ceux qui sont largement dépendant de l'homme (Schüz, 1936).

Concernant la dynamique de sa population, la Cigogne blanche a connu une période de déclin au dernier siècle, surtout à l'ouest de l'Europe où un effondrement général des effectifs a été signalé avec sa disparition dans certaines régions (Tricot, 1973 ; Dallinga & Schoenmakers 1987; Senra & Alés, 1992). Le déclin était plus fort au nord-ouest où plusieurs

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

facteurs ont été pris en considération pour expliquer les causes éventuelles de ce déclin comme les altérations des habitats de reproduction, les changements du climat européen, l'extension des lignes électriques aériennes, l'utilisation des pesticides, augmentation des tirs autour de la Méditerranée et dans certaines parties de l'Afrique et la détérioration des ressources trophiques dans les quartiers d'hivernage (Dallinga & Schoenmakers, 1987). Dans les années soixante-dix et après cette période de déclin, plusieurs programmes de réintroduction de l'espèce ont été adoptés à plusieurs pays du nord-ouest (Archaux *et al.*, 2004) ce qui a contribué à l'augmentation des effectifs de certaines populations en Europe occidentale (Barbraud & Barbraud 1987 ; Gómez & Manzanque 1991 ; Schierer, 1991 *in* Barbraud *et al.*, 1999).

Au présent siècle et bien que les recensements internationaux révèlent des populations qui tendent à l'augmentation et que l'espèce reste loin d'être menacée (NABU, 2013 ; Birdlife International, 2016), il y a néanmoins des auteurs ayant signalé soit des populations en régression, soit d'autres stables avec un succès reproducteurs faible (Kósa & Papp, 2007 ; Denac, 2010 ; Grishchenko *et al.*, 2013; Kopij, 2013; Tobolka *et al.*, 2013; Tobolka *et al.*, 2015). Ces auteurs indiquent que ces fluctuations doivent être liées aux effets négatifs du changement climatique et en particulier ceux liés à la dégradation et les modifications de l'habitat de ces oiseaux, c'est-à-dire que l'impact des activités humaines est majeur. Ainsi, les études penchées sur la dynamique de l'espèce et sa relation avec la structure de l'habitat et autres facteurs environnementaux sont de plus en plus multipliées (Dallinga & Schoenmakers 1987; Carrascal *et al.*, 1993; Moritzi *et al.* 2001; Tsachalidis & Goutner , 2002; Nowakowski, 2003; Tryjanowski *et al.*, 2005; Sæther *et al.*, 2006; Gordo *et al.* 2007; Kopij, 2013; Radović *et al.*, 2014; Bialas *et al.*, 2020). A partir de cette mention, il devient compréhensible que l'étude de l'habitat est très utile pour protéger l'espèce, surtout que cette dernière est qualifiée par sa grande fidélité à leurs sites de nidification (Barbraud *et al.*, 1999; Vergara *et al.*, 2006).

En Algérie, la Cigogne blanche niche dans la partie méditerranéenne du pays, de la côte jusqu'aux Hauts-Plateaux. Le nombre total de couples nicheurs était 6601 en 2007 dont les effectifs les plus élevés ont été trouvés dans les régions de l'est (soit 70 %) et du centre (27,5 %), tandis que les plus faibles ont concerné les régions de l'ouest (5,6 %). Les couples qui nichent en dehors des agglomérations font souvent leurs nids en colonies sur des arbres. Dans les villes, certains couples ont adopté les nouveaux bâtiments pour nicher, donc les structures artificielles telles que les toits des maisons, les poteaux et pylônes électriques représentent toujours plus de la moitié des supports de nids (Moali-Grine *et al.*, 2012). Selon

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

ces derniers (Moali-Grine *et al.*, 2012) la population nicheuse en Algérie a considérablement augmenté sa taille pendant la période 1995-2007, mais comparativement à 1955 (Bouet, 1956), la population a diminuée sa taille de 8800 à 6601 couples nicheurs, soit une diminution égale à 24,98 %. Pour notre pays, la plupart des études concernant cette espèce a été surtout penchée sur le régime alimentaire, les ressources trophiques et les stratégies d'alimentation (Boukhamza *et al.*, 1995, 2004 ; Djerdali *et al.*, 2008, 2016a, b ; Sbiki, 2008, 2017 ; Boukhtache & Si Bachir, 2010 ; Cheriak *et al.*, 2014 ; Benharzallah *et al.*, 2015 ; Chenchouni *et al.*, 2015 ; Chenchouni, 2016 ; Bentréd & Chalabi-Belhadj, 2017) ainsi que la dynamique et la distribution spatiale de cet oiseau (Jespersen, 1949 ; Bouet, 1956 ; Samraoui, 1998 ; Moali-Grine *et al.*, 1995, 2004, 2012, 2013 ; Moali-Grine, 2007 ; Mammaeria *et al.*, 2012, 2018 ; Si Bachir *et al.*, 2013). Alors que d'autres ont concerné sa reproduction (Boukhamza *et al.*, 2007 ; Djerdali *et al.*, 2013 ; Bouriach *et al.*, 2015). Ainsi, la plupart de ces études a révélé l'impact majeur du changement climatique et des différents facteurs environnementaux sur les paramètres biologiques et écologiques de l'espèce. En tant qu'espèce synanthrope, ces derniers paramètres peuvent être grandement affectés par les activités humaines, notamment pour les changements de son habitat qui est le plus souvent représenté par les aires de nidification.

Notre étude appartient donc à ce contexte, menée à l'éco-complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja dans la région de Skikda (Nord-est de l'Algérie) où aucune étude similaire n'avait été réalisée auparavant, bien que plusieurs couples nicheurs de l'espèce restent nicher dans la région.

L'objectif de cette étude est de suivre spatio-temporellement, la dynamique de la population des cigognes blanches (*Ciconia ciconia*) nichant dans cet éco-complexe où plusieurs changements et pressions liés aux changements globaux du climat et aux activités humaines sont en train de se dérouler (Toubal *et al.*, 2014). De plus, nous cherchons les relations pouvant exister entre ces fluctuations dans l'espace et dans le temps, la phénologie de l'espèce et les variables spatiales qui caractérisent l'environnement des sites de reproduction comme : la structure paysagère et l'infrastructure de l'habitat, la nature de support des nids et les types des milieux de gagnage en analysant ces variables avec certains paramètres démographiques de l'espèce tels que le nombre de colonies, les effectifs reproducteurs, l'abondance et le succès reproducteur.

Certains auteurs suggèrent que la présence de ce modèle biologique « synanthrope » est essentiellement liée aux facteurs anthropogéniques (Si Bachir *et al.*, 2013), alors que

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

d'autres pensent que l'adoption des zones urbaines par les cigognes est déterminée par la présence des habitats favorables et que l'espèce est exclusivement associée aux milieux agricoles (Gotkiewicz & Wittbrodt, 2019). Selon Gadenne *et al.*, (2014) les milieux de moyenne à extrême vocation agricole sont extrêmement défavorables pour l'installation des cigognes et la colonisation des milieux urbains par ces dernières est positivement corrélée avec les milieux herbeux près des zones humides. Ainsi, il ya des auteurs qui ont mis en évidence le rôle du paysage et de la nature de support des nids sur la distribution et la reproduction de cet échassier (Bialas *et al.*, 2020) et d'autres qui ont impliqué plusieurs facteurs pouvant influencer cette distribution spatiale tels que les facteurs climatiques, la topographie et la présence de l'homme (Radović *et al.*, 2014).

Pour nous, en tout cas, nous considérons comme d'autres (Janss & Sanchez, 1997) que l'étude de l'habitat est d'une grande importance; c'est l'élément décisif qui peut expliquer l'origine de ces variations dynamiques et la relation entre l'environnement de cette espèce, son état de santé et encore son éthologie liée à elle-même.

Pour l'organisation générale de ce document, vous trouverez dans le même ordre les différentes parties qui constituent cette thèse qui sont :

- ❖ Le premier chapitre intitulé «Recueil bibliographique sur la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* (Linné, 1758) » qui décrit en général le modèle biologique étudié en terme de sa systématique, sa biologie et son écologie. Ce chapitre est composé de deux parties : la première porte sur la famille de cette espèce « Généralités sur les Ciconiidés » ; la deuxième représente un zoom sur la Cigogne blanche « présentation générale de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* ».
- ❖ Le deuxième chapitre concerne la description de la zone d'étude «Présentation de la zone d'étude : l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja ». il traite les différentes composantes qui caractérisent l'environnement de Guerbes-Sanhadja que ce soit biotiques, abiotiques ou liées aux facteurs anthropiques.
- ❖ Le troisième chapitre est doté pour la présentation des sites échantillonnés, les colonies étudiées, la méthodologie de travail et le déroulement de l'étude ainsi que pour le matériel utilisé. Il est figuré sous le titre « Matériel & méthodes ».
- ❖ Le quatrième chapitre « Résultats » expose en détail, l'essentiel des résultats obtenus sous forme de textes, chiffres, cartes et figures ainsi que les résultats des analyses statistiques effectuées.

- ❖ Le dernier chapitre (Chapitre V) est consacré pour la partie « Discussion » qui va présenter le plus possible d'une manière objective, la signification de nos résultats et leur comparaison avec d'autres travaux publiés à travers la bibliographie consultée.
- ❖ En fin, une conclusion générale et d'éventuelles perspectives sont présentées à la fin du document dans la partie « Conclusion & perspectives ».

Chapitre I.
Recueil bibliographique
sur la Cigogne blanche
Ciconia ciconia
(Linné, 1758)

Partie 1.

Généralités sur les Ciconiidés



I.1. Famille des *Ciconiidae*

Selon Ramade (2008), « c'est une famille d'Echassiers aux longues pattes et au bec droit, grands voiliers, capables d'importantes migrations, inféodée aux zones humides et présente sur tous les continents. Les cigognes en sont les représentants les plus connus du profane. Ils se nourrissent de poissons, d'amphibiens et de grands Invertébrés aquatiques. ».

La classification de cette famille proposée par Kahl (1972) est basée sur l'éthologie et la morphologie des oiseaux, laquelle regroupe 17 espèces et six genres attribués de trois tribus distincts : celui de *Mycteriini* dont deux genres, *Mycteria* et *Anastomus* ; *Ciconiini* dont le genre *Ciconia* (les cigognes proprement dites) et *Leptopteliini* dont les genres *Ephippiorhynchus*, *Jabiru* et *Leptoptilos* (Figure I.1, encadré). Tandis que Wood (1984), distribue les 17 espèces en cinq genres attribués selon trois tribus : *Mycteriini* dont les genres *Mycteria* et *Anastomus* ; *Ciconiini* dont *Ciconia* et *Ephippiorhynchus* et *Leptopteliini* avec le genre *Leptoptilos*.

TABLE II	
<i>Synopsis of the Ciconiidae</i>	
Family Ciconiidae	
Tribe Mycteriini	
	<i>Mycteria americana</i> Linnaeus
	<i>Mycteria cinerea</i> (Raffles)
	<i>Mycteria ibis</i> (Linnaeus)
	<i>Mycteria leucocephala</i> (Pennant)
	<i>Anastomus oscitans</i> (Boddaert)
	<i>Anastomus lamelligerus</i> Temminck
	<i>A. l. lamelligerus</i> Temminck
	<i>A. l. madagascariensis</i> Milne-Edwards
Tribe Ciconiini	
	<i>Ciconia nigra</i> (Linnaeus)
	<i>Ciconia abdimii</i> Lichtenstein
	<i>Ciconia episcopus</i> (Boddaert)
	<i>C. e. episcopus</i> (Boddaert)
	<i>C. e. microscelis</i> G. R. Gray
	<i>C. e. stormi</i> (Blasius)*
	<i>Ciconia maguari</i> (Gmelin)
	<i>Ciconia ciconia</i> (Linnaeus)
	<i>C. c. ciconia</i> (Linnaeus)
	<i>C. c. asiatica</i> Severtzov
	<i>C. c. boyciana</i> Swinhoe*
Tribe Leptoptilini	
	<i>Ephippiorhynchus asiaticus</i> (Latham)
	<i>E. a. asiaticus</i> (Latham)
	<i>E. a. australis</i> (Shaw)
	<i>Ephippiorhynchus senegalensis</i> (Shaw)
	<i>Jabiru mycteria</i> (Lichtenstein)
	<i>Leptoptilos javanicus</i> (Horsfield)
	<i>Leptoptilos dubius</i> (Gmelin)
	<i>Leptoptilos crumeniferus</i> (Lesson)

Figure I.1. Classification des *Ciconiidae* proposée par Kahl (1972).

Aujourd'hui, il existe en total 19 espèces présentes dans la famille des *Ciconiidae* (Tableau I.1) ; il ya deux autres espèces en plus de celles figurées dans la classification de Kahl (1972) il s'agit de la Cigogne orientale *Ciconia boyciana* et la Cigogne de Storm *Ciconia stormi* (Gill & Donsker, 2013 ; Lepage, 2013).

Tableau I.1. Les différentes espèces actuelles de la famille *Ciconiidae*. (Oiseaux.net, 2017).

Nom scientifique	Nom commun	Nom anglais
<i>Anastomus lamelligerus</i>	Bec-ouvert africain	African Openbill
<i>Anastomus oscitans</i>	Bec-ouvert indien	Asian Openbill
<i>Ciconia abdimi</i>	Cigogne d'Abdim	Abdim's Stork
<i>Ciconia boyciana</i>	Cigogne orientale	Oriental Stork
<i>Ciconia ciconia</i>	Cigogne blanche	White Stork
<i>Ciconia episcopus</i>	Cigogne épiscopale	Woolly-necked Stork
<i>Ciconia maguari</i>	Cigogne maguari	Maguari Stork
<i>Ciconia nigra</i>	Cigogne noire	Black Stork
<i>Ciconia stormi</i>	Cigogne de Storm	Storm's Stork
<i>Ephippiorhynchus asiaticus</i>	Jabiru d'Asie	Black-necked Stork
<i>Ephippiorhynchus senegalensis</i>	Jabiru d'Afrique	Saddle-billed Stork
<i>Jabiru mycteria</i>	Jabiru d'Amérique	Jabiru
<i>Leptoptilos crumenifer</i>	Marabout d'Afrique	Marabou Stork
<i>Leptoptilos dubius</i>	Marabout argala	Greater Adjutant
<i>Leptoptilos javanicus</i>	Marabout chevelu	Lesser Adjutant
<i>Mycteria americana</i>	Tantale d'Amérique	Wood Stork
<i>Mycteria cinerea</i>	Tantale blanc	Milky Stork
<i>Mycteria ibis</i>	Tantale ibis	Yellow-billed Stork
<i>Mycteria leucocephala</i>	Tantale indien	Painted Stork

Les Ciconiidés préfèrent généralement les milieux de basses altitudes et les zones humides. Toutefois, des scientifiques ont découvert l'existence d'une espèce fossile (*Ciconia sp* ou *Mycteria sp*) aurait eu lieu vers le Pléistocène, dans une région de Mexique à environ 2250 m d'altitude (Steadman *et al.*, 1994). La plupart des espèces est répartie en Asie tropicale et en Afrique subsaharienne avec respectivement, 8 et 6 espèces nicheuses.

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

Seulement 3 espèces sont présentes en Amérique : la Tantale d'Amérique, la Cigogne maguari et le Jabiru d'Amérique qui est l'oiseau le plus grand des Amériques. Les deux espèces *Ciconia ciconia* et *Ciconia nigra* fréquentent l'Europe et l'Asie tempérée, tandis que la cigogne orientale fréquente les régions tempérées de l'est asiatique et une seule espèce est rencontrée en Australie, c'est le Jabiru d'Asie (del Hoyo *et al.*, 1992).

Les Ciconiidés forment un groupe bien défini caractérisé par plusieurs caractéristiques éthologiques et morphologiques parmi lesquelles : des pattes longues avec des tibiotarses semi nues, des orteils courts avec de petits tissus, des portions nues sur la tête, une glande huileuse à plumes, un bec robuste, un plumage généralement noir et blanc et, les jeunes avec deux manteaux en bas, sacs à air sous la peau du cou et des comportements sociologiques stéréo typiques similaires (Kahl, 1963 ; Van den Berge, 1970 ; Sibley & Ahlquist, 1990 ; Hancock *et al.*, 1992 in Slikas, 1997).

Delacour (1931) décrit aussi cette famille en détail :

« Ces oiseaux (Ciconiidés) constituent une famille bien caractérisée, aux ailes amples, à la queue courte, aux pattes longues, dont les doigts sont moyens, ceux de devant unis par une membrane à leur base ; le pouce est court et inséré plus haut que les autres doigts ; le bec est long et fort. Leurs œufs sont blancs, au nombre de trois à cinq par ponte. Ils n'ont en général pas de voix, y suppléant par des claquements de bec. Les Cigognes se divisent en plusieurs groupes d'aspect nettement différent. On les trouve dans la plupart des régions tempérées et chaudes du globe ; certaines espèces étant migratrices. Toutes se nourrissent d'animaux: poissons, batraciens, reptiles, gros insectes, petits mammifères et jeunes oiseaux, auxquels quelques-unes ajoutent des charognes. En général, elles se rendent fort utiles en détruisant les serpents et les rongeurs, en particulier, ou en nettoyant le terrain. ».

I.2. Les Cigognes ou genre *Ciconia*

Le genre *Ciconia* regroupe 7 espèces de Ciconiidés : la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* ; la Cigogne noire *Ciconia nigra* ; la Cigogne maguari *Ciconia maguari* ; la Cigogne d'Abdim *Ciconia abdimii* ; la Cigogne de Storm *Ciconia stormii* ; la Cigogne épiscopale *Ciconia épiscopus* et ; la Cigogne orientale *Ciconia boyciana*. Ce sont les cigognes proprement dites, elles ont des caractères morphologiques et éthologiques similaires les différencient des autres espèces de ciconiidés : oiseaux de grande taille qui ont le bec plus long que la tête et mince, droit et très robuste ; la tête et le cou sont emplumés au moins sur leur plus grande partie avec des portions peuvent être dénudées sur les joues et autour des

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

yeux, un autre petit espace nu se montre au dessous du bec. Les ailes sont longues et amples ; la queue est courte et arrondie à l'extrémité et les pattes sont à la fois très hautes et très robustes, avec le pouce court et ne posant qu'en partie sur le sol. Enfin la livrée est tantôt noire et blanche, tantôt de couleur foncée, avec des plumes allongées et pendantes sur le jabot.

Tremblant la tête et être accroupi par le mâle lors de la formation des couples est un caractère unique pour ce genre de Ciconiidés ; les claquettements du bec et les mouvements de la tête varient selon l'espèce mais elles n'ont ni cri ni chant remarquables (Delacour, 1931 ; Kahl, 1972).

« Les Cigognes se rencontrent généralement dans les contrées marécageuses et dans les plaines sillonnées par des rivières et des canaux. Leur régime est exclusivement animal et consiste en vers, en mollusques, en insectes, en poissons, en reptiles et en batraciens et parfois, pour atteindre leur proie, elles entrent dans l'eau jusqu'à mi-jambes, à la manière des Hérons. Elles se tiennent souvent posées sur une patte, comme la plupart des grands échassiers, dont elles ont les allures graves et compassées et elles ne courent que rarement, mais elles peuvent franchir à tire d'ailes de grandes distances, lors de leurs migrations annuelles. » (Jodra, 2012).

Parmi les sept espèces existant dans le monde, il y en a six dans l'ancien monde tandis que la Cigogne maguari se répartie dans l'Amérique du sud. Ainsi, les fossiles suggèrent que les cigognes étaient plus connues en Amérique tropicale aux périodes préhistoriques. Ces cigognes ont le caractère grégaire et nichent en colonies et les couples restent ensemble toute la vie. Elles construisent de larges nids sur les arbres et au moins trois espèces construisent leurs nids sur les constructions humaines sauf que pour *C. maguari* qui nidifie généralement sur terre (Encyclopedia of Life [E.O.L.], 2015).

La Cigogne blanche *Ciconia ciconia* (Linnaeus, 1758)

C'est la cigogne d'Eurasie, elle se répartie dans l'Europe, l'Afrique du nord et jusqu'à l'ouest de l'Asie, hivernant dans l'Inde, le centre et le sud-est de l'Afrique. Cette espèce se diffère des autres espèces du même genre en plusieurs aspects, mais elle ressemble un peu la Cigogne de maguari en ce qui concerne l'apparence et l'allure. Contrairement aux autres cigognes, elle a la queue blanche composée de 12 plumes de la même longueur ; le bec et les pattes sont rouges ou vermillon et les ailes en grande partie noires. La Cigogne blanche est un oiseau migrateur passant son hivernage essentiellement en Afrique sub-saharienne.

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

La Cigogne noire *Ciconia nigra* (Linnaeus, 1758)

Aussi une espèce d'Eurasie, elle niche en Europe et en Asie et passant l'hiver dans les mêmes régions que la blanche. Elle est plus grande que la précédente, sa morphologie est un peu primitive avec un corps d'un noir pourpré montrant des reflets brillants et le ventre blanc ; le bec, les pattes et la gorge dénudée ont la couleur rouge vif et la queue est composée de 12 plumes noires de la même longueur. La Cigogne noire est une espèce farouche qui a le caractère discret, donc elle est difficile à observer ; elle fréquente les grands marais et ne cherche pas les lieux habités. C'est une espèce strictement forestière, nichant au calme au fin fond des grandes forêts où installe son nid dans les sommets ou les premières grandes branches des arbres et dont l'effort de couvaison et élevage des jeunes est consacré plutôt à la femelle.

La Cigogne blanche orientale *Ciconia boyciana* (Swinhoe, 1873)

Anciennement considérée comme une sous-espèce de *C. ciconia* et elle ne lui diffère que par sa taille supérieure et son bec noir. C'est la cigogne du Japon et du nord-est de l'Asie où leurs nombres représentent environ 95 % de la population mondiale en Russie.

La Cigogne d'Abdimi *Ciconia abdimii* (Lichtenstein, 1823)

C'est la Cigogne d'Afrique, elle présente un certain degré de ressemblance avec *C. nigra* tant en éthologie qu'en morphologie. D'un noir bronzé, avec le dos, la poitrine et le ventre blancs ; face nue, gris bleutée ; peau nue en avant de l'œil et sous le bec, rouge ; bec vert, à extrémité rouge ; pattes gris verdâtre, à genoux rouges. La Cigogne d'Abdimi habite les régions sèches de l'Afrique tropicale, se déplaçant suivant les saisons ; familière, elle niche souvent sur les huttes des indigènes.

La Cigogne maguari *Ciconia maguari* (J. F. Gmelin, 1789)

Aussi dénommée *Euxenura maguari*, c'est la Cigogne de l'Amérique du Sud où elle est sédentaire et se rencontre au Chili et au Brésil. Elle ressemble morphologiquement et au mouvement à la Cigogne blanche, mais a la queue différemment conformée, le tour des yeux nu, le bec gris et l'iris jaune pâle. Elle fréquente les herbes et les marécages.

La Cigogne épiscopale *Ciconia episcopus* (Boddaert, 1783)

Qui ressemble un peu à la Cigogne noire par son manteau noir à reflets pourprés, à la Cigogne d'Abdimi par son plumage et à la Cigogne maguari par sa queue fourchue noire et élongée. La tête et le cou sont couverts de plumes blanches, laineuses et courtes. Elle est sédentaire en Asie méridionale et en Afrique tropicale et fréquente les marais et les rizières.

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

La Cigogne de Storm *Ciconia stormii* (Blasius, 1896)

Son aire de répartition s'étend sur le sud de la Thaïlande, la péninsule malaise, Sumatra, l'île de Bornéo, Brunei et Kalimantan (Indonésie). Probablement éteinte en Thaïlande, donc elle est désormais réduite à une petite population dispersée à travers la péninsule malaise. Oiseau de taille 75-91 cm, en noir et blanc avec le bec rouge, la peau du visage orange et une zone jaune dorée autour des yeux. Fourche inférieure noire. Le juvénile a des parties de plumage foncé un peu plus brunes que l'adulte, un bec foncé et des parties nues plus ternes. (Delacour, 1931 ; Kahl, 1972 ; Cano Alonso *et al.*, 2003 ; Darman, 2003 ; Comité Départemental pour la Protection de la Nature et de l'Environnement [C. D.P.N.E.], 2009 ; Jodra, 2012 ; BirdLife International, 2018).

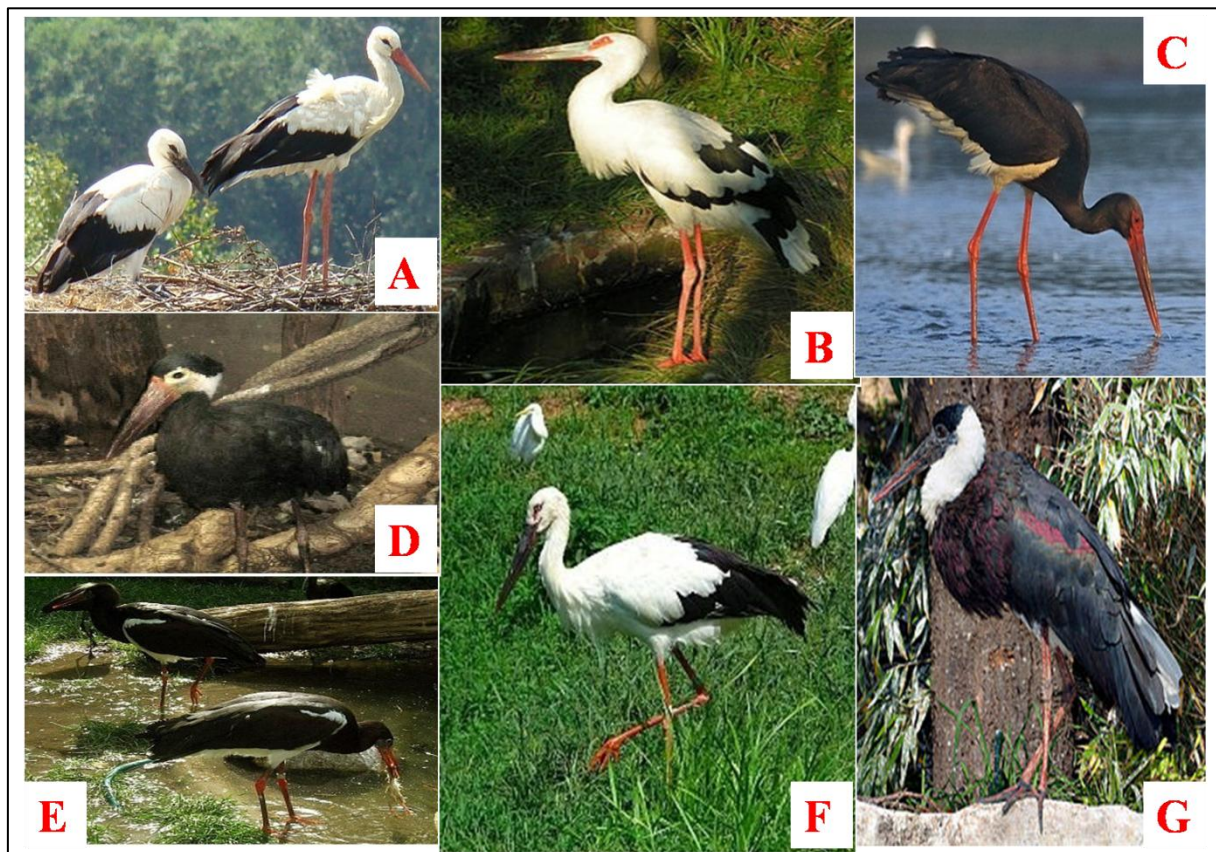


Figure I.2. Différentes espèces du genre *Ciconia* (les Cigognes). **A** : Cigogne blanche *C. ciconia* ; **B** : Cigogne maguari *C. maguari* ; **C** : Cigogne noire *C. nigra* ; **D** : Cigogne de Storm *C. stormii* ; **E** : Cigogne d'Abdimi *C. abdimii* ; **F** : Cigogne orientale *C. boyciana* ; **G** : Cigogne épiscopale *C. episcopus* (source des images : Wikipedia, 2017).

*Partie 2. Présentation générale de la
Cigogne blanche *Ciconia ciconia**



I.1. Nomenclature et classification

I.1. 1. Nomenclature

D'après Thomas *et al.* (1975), Bologna (1980) et Peterson *et al.* (1997- 2006) cités par Boukhtache (2010), la Cigogne blanche selon son aire de répartition peut être appelée : White stork (Anglais), Cigogne blanche (Français), Weißstorch ou Weiss-storch (Allemand), Cigüeña común (Espagnol), Hvit stork (Norvégien), Ooievar (Hollandais), Vit stork (Suédois), Hvid stark (Danois), Cápá bily (Tchécoslovaque), Roda bijela (Yougoslave), Barzã albã (Roumain), Cigogna bianca (Italien), Cegonha branca (Portugais), Leklek ou Bu-Laqlaq (Turc), Laglag ou Haji Lag-lag (Hindi), Fehér golya (Hongrois), Bocian bialy (Polonais), Pelargos (Grecque), Bely Aist (Russe), Homerkop (Africans) .

D'après Etchecopar et Hüe (1964), la Cigogne blanche est appelée encore dans les régions Nord de l'Afrique : Bellaredj, Berraredj et Hadj-Kacem (Arabe parlé dont Algérie, Maroc, Tunisie et régions septentrionales de la Mauritanie et du Sahara Occidental), Bellaredj (Berbère : Kabylie, Gourara et Aurès), Laklak et Hadj Laklak (Libye, Egypte et Soudan septentrional) (in Boukhtache, 2010).

Dans les pays arabes et au Moyen-Orient, l'espèce peut être dénommée : Laqlaq, Laklak, Leklek ou Legleg. Au Maghreb, le mot fondamental utilisé par les dialectes maghrébins est Bellaredj néanmoins, la Cigogne reçoit d'autres noms ou surnoms comme : Bou Loudja, Hagg Qacim, Bou Saqsaq en Tunisie et Bou Safsaf dans la région de Tlemcen en Algérie (Mayeur-Jaouen, 2013). En fin, dans la région de Skikda on entend à la fois le mot Bellaredj ou bien Bou Bellaredj.

I.1. 2. Classification et sous espèces

Selon Geroudet (1978), Schierer (1981), Darley (1985), Creutz (1988), Bock (1994), Mahler et Weick (1994) et Whitfield et Walker (1999) cités par Boukhtache (2010), la Cigogne blanche est classée dans les taxons suivants :

Règne : *Animalia* ; Sous règne : *Metazoa* ; Super embranchement : *Cordata* ; Embranchement : *Vertebrata* ; Sous embranchement : *Gnatostomata* ; Super classe : *Tetrapoda* ; Classe : *Aves* ; Sous classe : *Carinates* ; Ordre : *Ciconiiformes* ; Famille : *Ciconiidae* ; Genre : *Ciconia* ; Espèce : *Ciconia ciconia* L., 1758. Synonyme : *Ciconia alba* Bechstei.

Il existe actuellement dans le monde trois sous-espèces de la Cigogne blanche (Cramp et Simmons, 1977 ; Coulter *et al.*, 1991 in Fellag, 2006) :

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

- *Ciconia ciconia ciconia* (Linné, 1758) : niche dans une partie de l'Asie mineure, en Europe centrale (Autriche, Bulgarie, Portugal), en Afrique du Nord (du Maroc à la Tunisie), en Afrique du Sud (province du Cap). Rencontrée en Afrique de l'Ouest tous les mois de l'année sauf au mois de juin (Dekeyser et Derivot, 1966 in Fellag, 2006).

- *Ciconia ciconia asiatica* (Severtzov, 1872) : son aire de reproduction se situe en Asie centrale et niche donc en Turkestan, l'ancienne URSS, Ouzbékistan, Tadjikistan et à l'extrême ouest de Sin-Kiang en Chine : 59° et 79° E, 38° et 43° N (Creutz, 1988 in Fellag, 2006).

- *Ciconia ciconia boyciana* (Swinhowe, 1873) : considérée souvent comme une espèce propre, nidifie en Asie Orientale, de l'Ussuri à la Corée et au Japon (Coulter *et al.*, 1991 in Fellag, 2006).

I.2. Description générale de l'espèce

La Cigogne blanche est un échassier qui fait partie de la famille de *Ciconiidae*, ordre de *Ciconiiformes*. Grand oiseau bien connu de tous, atteignant les 2 m d'envergure avec un grand cou, de longues pattes et un long bec droit et robuste. Le corps est entièrement blanc, excepté l'arrière des ailes qui est largement bordé de noir grâce aux plumes primaires et secondaires qui sont noires. Le bec et les pattes sont rouges, Chez le juvénile, l'extrémité du bec est noirâtre.

La Cigogne blanche a une aile large de grand planeur. Elle prend de l'altitude en utilisant les courants d'air chauds (les ascendances), puis plane pendant des kilomètres jusqu'à la prochaine ascendance. Elle effectue ainsi sa migration entre le nord de l'Europe où elle niche et l'Afrique où elle hiverne. L'espèce n'a ni cri ni chant mais, un cérémonial de claquement de bec ; car les cigognes sont dotées d'une syrinx très peu performante, elles communiquent entre elles à l'aide de claquements de bec très rapides : elles peuvent ainsi claquer du bec jusqu'à 10 fois par seconde !

C'est un oiseau migrateur arrivant aux sites de nidification pour se reproduire dès la fin février (février à mai) et regagnant ses quartiers hivernaux d'Afrique subsaharienne le plus souvent dès le mois de septembre (parfois la fin août).

La Cigogne blanche utilise les milieux ouverts et dégagés et les zones humides. Elle fréquente les grèves du fleuve et les cultures proches, les eaux calmes et peu profondes, tout en évitant les eaux courantes, les rivages et les milieux boisés et ne s'éloigne pas de plus de cinq kilomètres de leur nid pour s'alimenter. Certaines populations résident à l'année à

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

condition que les ressources alimentaires soient suffisantes. Son régime alimentaire est varié, composé d'amphibiens, de reptiles (couleuvres), de micromammifères et de gros insectes (criquets, sauterelles, courtilières, larves d'odonates...). C'est une espèce anthropophile qui niche fréquemment près des habitations humaines. Son nid est toujours placé dans des lieux hauts et découverts, pouvant atteindre 2 m de diamètre et pesant jusqu'à 500 kilos ! On trouve ces nids sur des tours, des clochers, des pylônes, des arbres où plusieurs nids peuvent se côtoyer. Ces nids sont employés année après année. Les cigognes rajoutent de nouveaux matériaux, donnant parfois des volumes énormes (Ramade, 2008 ; C.D.P.N.E., 2009 ; Conseil Général des Alpes Maritimes, 2012 ; Muséum d'Histoire Naturelle de la ville de Genève [M.H.N.G.], 2013 ; Loury & Puissauve, 2016 ; Morin *et al.*, 2017).

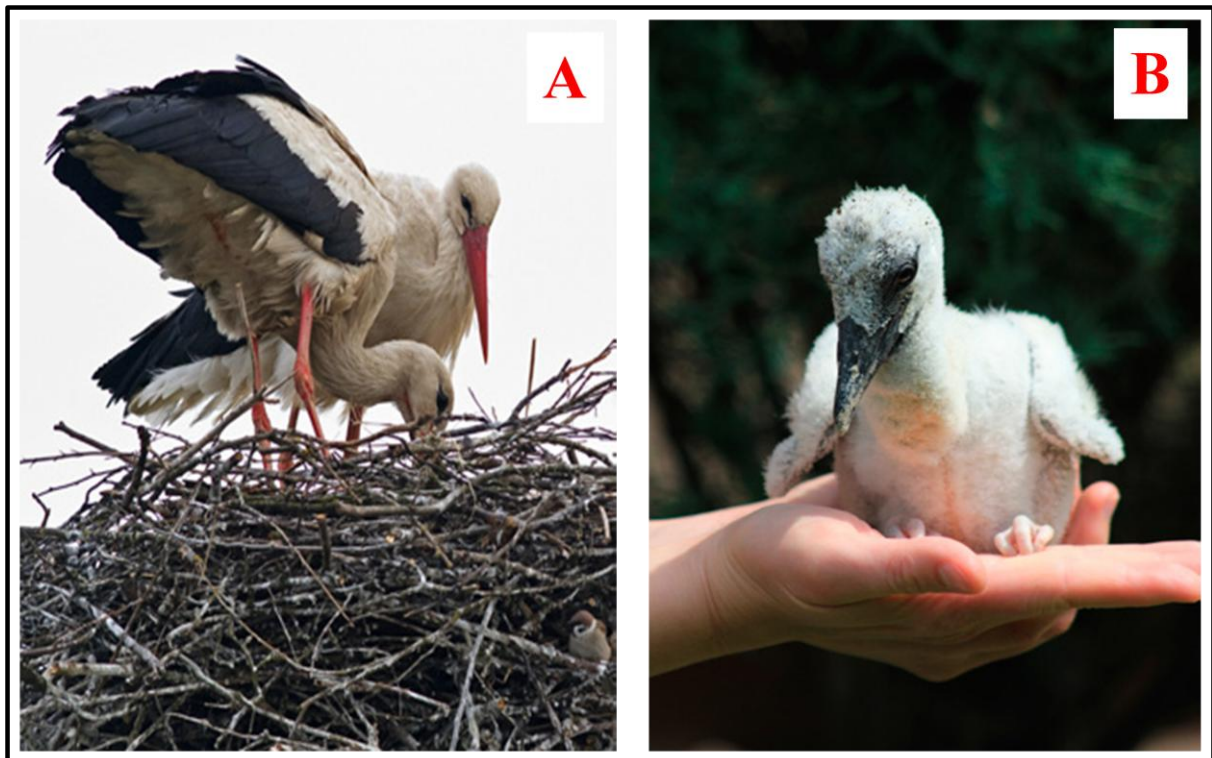


Figure I.3. La Cigogne blanche *Ciconia ciconia*, **A** : adultes mâle et femelle installés sur leur nid (Andrzej Łukijańczuk in Wierzbicka, 2017) ; **B** : oisillon avec le bec noir (Agnieszka Czujkowska in Wierzbicka, 2017).

I.3. Identification et similitudes avec d'autres espèces

La Cigogne blanche est facile à observer, elle se déplace en marchant lentement en terrain découvert ou dans l'eau peu profonde à la recherche de nourriture. Ses nids sont également placés dans des milieux à découvert, mais en hauteur. L'identification est évidente,

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

vu sa taille, son envergure alaire de 2 mètres et sa coloration blanche et noire et surtout son bec et ses pattes rouges. Il n'y a pas de dimorphisme sexuel. La coloration des jambes et du bec des jeunes est brune au lieu de rouge. Sa Taille est énorme, un plumage noir et blanc, très longues pattes et long bec. En vol, silhouette très rigide, cou tendu, vol à voile, peu de battement d'ailes. Un caractère unique pour cette espèce, qu'elle a la queue blanche composée de 12 plumes d'une longueur égale (Kahl, 1972 ; Mauhin, 2008 ; Lorgé *et al.*, 2016 ; Loury & Puissauve, 2016).

Puisque les cigognes ou les espèces du genre *Ciconia* présentent en général des caractères morphologiques et éthologiques similaires (Figure I.2), la Cigogne blanche *C. ciconia* peut être confondue sur terrain ou bien en vol avec d'autres espèces du même genre. La Cigogne noire *C. nigra* par exemple a l'aspect identique à la Cigogne blanche (long cou emmanché d'un long bec) et l'envergure qui est près de 2 m comme la blanche, mais son plumage est presque entièrement noir avec des reflets brillants, son ventre est blanc. Le bec et les pattes sont rouge vif. Chez les jeunes, le bec et les pattes sont beaucoup plus ternes et le plumage est plutôt brun. La Cigogne noire reste cependant très discrète et difficile à observer.

La Cigogne orientale (*C. boyciana*) du Japon et du nord-est de l'Asie, anciennement considérée comme une sous espèce de *C. ciconia*, elle ne lui diffère que par sa taille supérieure et son bec noir. La Cigogne maguari (*C. maguari*) habite l'Amérique du Sud, elle ressemble en plus grand à la Cigogne blanche en ce qui concerne l'aspect général et l'allure, mais a la queue différemment conformée, le tour des yeux nu, le bec gris et l'iris jaune pâle (Delacour, 1931 ; Kahl, 1972 ; C.D.P.N.E., 2009).

I.4. Bio-écologie de l'espèce

I. 4. 1. Habitats et milieux de gagnage

Pour se nourrir ou se reproduire, la Cigogne blanche utilise une gamme de types d'habitats. En général, elle utilise les milieux ouverts et les zones humides (C.D.P.N.E., 2009). Les sites de nidification sont le plus souvent représentés par les prairies humides, les prés et pâtures, les cultures irriguées et les milieux qui jouxtent les plans d'eau, mais elle évite les forêts et les zones boisées (Carrascal *et al.*, 1993 ; Barbraud *et al.*, 1999 ; Nowakowski, 2003).

Selon Araujo et Biber (1997) cités par Benharzallah (2017), la majorité des populations ouest européennes niche dans les fermes au dessous de 700 m d'altitude. Elle fréquente les steppes et les savanes et n'entre jamais dans les zones forestières. Mais l'espèce

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

peut supporter d'autres altitudes jusqu'à 3500 m en profitant de plusieurs types d'habitats, chacun son importance (Tableau I.2) (Birdlife International, 2015). En France, elle occupe des milieux ouverts de basse altitude où l'humidité du sol et la présence d'eau apparaissent indispensables. Elle fréquente avec prédilection les marais ouverts doux à saumâtres, les vallées fluviales et les zones bocagères humides caractérisées par une mosaïque d'habitats, tels que les prairies de fauche, les prairies pâturées et les cultures, dont le mode d'exploitation est extensif (Loury & Puissauve, 2016).

Tableau I.2. Diversité des habitats pour la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* en Europe (Birdlife International, 2015).

Type d'habitat	Importance	Utilisation par l'espèce
Terres artificielles ou naturelles arables	Convenable	Résidente
Terrains artificiels ou naturels pâturés	Important	Non nicheuse
Prairie tempérée	Important	Résidente
Zones humides intérieures : marais et marécages	Convenable	Nicheuse
Zones humides intérieures : lacs d'eau douce permanente (plus de 1 ha)	Convenable	Résidente
Zones humides intérieures : fleuves, cours d'eau et ruisseaux permanents dont les cascades	Convenable	Non nicheuse

En Algérie, les sites de nidification pour la Cigogne blanche sont essentiellement les terres agricoles cultivées et irriguées, où l'espèce trouve facilement sa nourriture et adopte les poteaux et pylônes électriques comme supports des nids. De tels habitats se retrouvent peu perturbés et sont même riches en proies potentielles ; du fait que l'agriculture pratiquée est marquée par une faible utilisation de pesticides en raison de leur coût élevé (Moali-Grine *et al.*, 2012).

Les différents sites et milieux de gagnage pour l'espèce peuvent être résumés comme suit :

Sites de nidification : La Cigogne blanche utilise pour nicher les grands arbres ensoleillés, vivants ou morts, ainsi que les installations humaines tels que les églises, les tours, les cheminées, les toits, les murs, les ruines, les piles de foin et de pailles et les pylônes électriques.

Sites d'alimentation : Elle se nourrit dans les zones humides, les steppes, les savanes aux arbres dispersées, les rizières irriguées, les prairies humides, les pâturages et les terres arables, qui lui permettent un facile accès aux ressources alimentaires.

Sites d'hivernage : Elle fréquente les milieux ouverts tels que les prés, les zones humides (Conseil Général des Alpes Maritimes, 2012).

Sites de repos : Au repos, elle se tient longtemps immobile à terre, mais plus souvent perchée sur un arbre, un poteau, un édifice ou sur son nid (Loury & Puissauve, 2016).

I.4. 2. Régime alimentaire

La Cigogne blanche est appelé opportuniste alimentaire, qui est une espèce qui chasse principalement pour la nourriture qui est plus facilement disponible et la plus présente dans l'environnement. La présence d'aires d'alimentation riche en aliments à proximité du nid est extrêmement importante ; ce sont principalement des prairies humides, les pâturages, les plans d'eau et les cours d'eau et périodiquement aussi les champs cultivés. Son alimentation se compose d'une grande variété de proies. Parmi les invertébrés, les insectes sont très recherchés, en particulier les coléoptères et les orthoptères. Les mollusques, limaces, escargots et lombrics représentent également une part importante de son régime alimentaire. Chez les vertébrés, les micromammifères (Taupes et Campagnols des champs) et les grenouilles sont consommés en priorité. La capture des lézards et des serpents est courante, celle des poissons occasionnelle. Contrairement à ce qui peut sembler, les Grenouilles et autres amphibiens ne sont pas toujours le régime de base de Cigognes ; par conséquent, il semble que les amphibiens sont une composante importante de la nourriture de la cigogne au début du printemps (Mangin & Gatefait, 2011 ; Loury & Puissauve, 2016 ; Wierzbicka, 2017). Selon Géroutet (1948) cité par Baudoin (1973), la Cigogne blanche peut absorber diverses substances végétales, dans l'intention de former une pelote de rejection, ou dans le but d'accompagner, lors de la déglutition, des proies peu consistantes ou trop petites. Actuellement et en raison de sa fréquentation assidue des milieux urbains, elle peut se rencontrer pour se nourrir dans les décharges publiques où s'alimente sur les débris des

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

animaux ce qui exprime le caractère carnivore pour cette espèce (Moali-Grine *et al.*, 2012 ; Chenchouni *et al.*, 2015).

Plusieurs études penchées sur le régime alimentaire de la Cigogne blanche : Baudoin (1973), Tsachalidis & Goutner (2002), Feallag (2006), Boukhtache & Si Bachir (2010), Chenchouni *et al.* (2015), ont montré la prédominance des insectes qui sont représentés essentiellement par les coléoptères puis les orthoptères (Tableau I.3). Alors que les travaux de Kwieciński *et al.* (2006), sur des individus de la Cigogne blanche en captivité ont montré que l'espèce préfère respectivement les micromammifères, les oiseaux et les poissons ; tandis que les insectes et les vers de terre étaient négligés. Aussi, Kwieciński *et al.* (2017), ont met en évidence la différence entre les deux sexes dans la préférence des proies consommées.

Tableau I.3. Proportion des coléoptères et des orthoptères dans le régime alimentaire de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia*.

Région / pays	Référence	Pourcentage des coléoptères (%)	Pourcentage des orthoptères (%)
Hachy (Lorraine, Belgique)	Baudoin, 1973	81,06	1,23
Grèce	Tsachalidis & Goutner , 2002	4 à 79	22 à 96
Kabylie (Algérie)	Fellag, 2006	92,6	2,8
Batna (Algérie)	Boukhtache & Si Bachir, 2010	40,84	50,75
Tébessa (Algérie)	Chenchouni <i>et al.</i> , 2015	80	3,4

I.4. 3. Biologie de la reproduction

I.4. 3. 1. Maturité sexuelle

Les cigognes avec l'âge d'un an ne reviennent jamais à leurs sites de reproduction natale, ils restent dans leurs quartiers d'hivernage. A l'âge de deux ans, le mécanisme de la reproduction est bien développé, les individus peuvent prétendre des nids mais ne se

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

reproduisent pas. Au bout de trois ans, souvent ils nidifient mais avec un succès de reproduction très faible et la maturité sexuelle réelle s'achève donc à la quatrième année (Schüz, 1936).

I.4. 3. 2. Formation des couples

L'installation des couples aux sites de reproduction commence en général dès la fin de l'hiver, au début d'avril (Schierer, 1967 in Collin, 1973 ; Burnel *et al.*, 2002) ou dans les huit jours qui suivent l'arrivée du premier membre du couple, qui est le mâle le plus souvent (Bouet, 1963 in Collin, 1973). Ce sont les individus les plus âgés qui arrivent tôt à leurs sites de nidification et les nids de plus grandes tailles sont occupés en première position. D'un autre côté, pour la formation des couples, les individus arrivés les premiers, ont des partenaires plus tôt que les individus arrivés plus tard (Vergara *et al.*, 2007, 2010 ; Djerdali *et al.*, 2013). Parfois les femelles qui occupent les premières les nids, refusent les premiers mâles qui tentent de s'établir dans leurs nids avec agressivité (Djerdali *et al.*, 2013).



Figure I.4. Formation des couples (Patrick Straub sur le site web Futura-Sciences, 2017).

Grand (2007), suppose que le stationnement prolongé d'oiseaux sur un secteur peut favoriser la formation de couples, surtout chez les jeunes oiseaux n'ayant encore jamais niché, ou renforcer des liens préexistants. L'existence à proximité de supports favorables à la construction d'un nid peut alors inciter le couple à tenter une nidification.

I.4. 3. 3. Construction du nid

Le nid joue un rôle très important dans la vie de la Cigogne blanche, c'est la première des choses à défendre puis, le partenaire. Les attaques contre les nids déjà occupés sont très remarquables, surtout quand d'excellents nids sont prêts à adopter. Le fait qu'un couple de cigognes blanches occupant un nid, présente une sommation pour les autres attaqués étrangers de l'espèce. Parfois, des cigognes immatures prennent possession sur des nids mais ne se reproduisent pas ; puisque dans le mécanisme de reproduction pour ces individus, l'instinct de posséder un nid est présent mais le reste du mécanisme est manquant (Schüz, 1936).

Anciennement, les nids étaient installés sur les arbres et les falaises. Actuellement, la plupart des nids est construite sur les constructions humaines telles que les toits des maisons et cheminées, les pylônes électriques et des plateformes spéciales érigées pour cette espèce (BeNatur, 2012). Pour un couple, le nid peut être changé d'une année à l'autre (Aebischer & Fasel, 2010). Et les cigognes peuvent recharger les restes des vieux nids des hérons (Grand, 2007).

Les nids peuvent être utilisés plusieurs années même des décades. Un grand nid a la taille de 2 à 5 m et une diamètre de 1,2 à 2 m. il est ridé de gazon, de fumier ou d'herbes sèches (rarement de papier, de plastique ou de tissu, etc.) mais essentiellement fait de branchages. Le nid a besoin d'un stable support puisqu'il atteint généralement des centaines de kilogrammes (BeNatur, 2012).

L'édification du nid est entreprise immédiatement et l'entretien et l'amélioration se font continuellement tout au long du séjour, le nettoyage ou le ménage est aussi présent (Collin, 1973 ; Grand, 2007). Durant la période de couvaison, l'amélioration se fait par apport de branchettes, de paille et par rejet des matériaux pourrissants, souillés ou gênants. La femelle est la plus active puisque c'est celle qui couve le plus souvent. Par contre, c'est le mâle qui se charge d'apporter les matériaux dans les trois quarts ($\frac{3}{4}$) des cas (Collin, 1973).

I. 4. 3. 4. Accouplement, ponte et couvaison des œufs

La Cigogne blanche est monogame et la bigamie est rarement observée (BeNatur, 2012). Les accouplements se font dès l'arrivée et l'installation du couple (Collin, 1973 ; Cordonnier, 1979 ; Burnel *et al.*, 2002 ; Grand, 2007). Mais peuvent continuer après la ponte en période de couvaison et même après l'envol des jeunes (Collin, 1973 ; Cordonnier, 1979 ; Burnel *et al.*, 2002). L'accouplement a lieu sur le nid et souvent accompagné par le

craquètement des deux partenaires, il dure 7 secondes et est suivi d'un lissage des plumes par les deux sexes. Pour une nidification tardive, les parades sont brèves ou même absentes, ce qui signifie la jeunesse du couple ou de l'un des partenaires (Collin, 1973).

La femelle pond généralement entre la mi-mars et fin avril, parfois jusqu'au début juin. La taille de la ponte varie dans la plupart des cas entre 3 et 5 œufs blancs et brillants et rarement de 1 à 7 œufs (C.D.P.N.E., 2009 ; BeNatur, 2012 ; Conseil Général Des Alpes Maritimes, 2012 ; Wierzbicka, 2017). Ces œufs sont pondus à 24 ou 48 heures d'intervalle (Righi, 1992 ; Boukhemza, 2000 in Boukhtache, 2010).

La couvaison est très courante durant le mois d'avril (Burnel *et al.*, 2002). Et les femelles débutent l'incubation des œufs dès la ponte, ce qui explique l'existence des jeunes d'un âge différent et d'une taille variable dans un nid (BeNatur, 2012). Le délai d'incubation varie entre 28 et 34 jours (Schüz, 1936 ; Collin, 1973 ; Grand, 2007 ; C.D.P.N.E., 2009 ; BeNatur, 2012 ; Wierzbicka, 2017). Et le couple relie régulièrement sur le nid (Collin, 1973 ; Grand, 2007 ; C.D.P.N.E., 2009) la femelle pendant la nuit et le couple pendant la journée (Conseil Général Des Alpes Maritimes, 2012). L'adulte qui couve se tient le plus souvent face au vent mais il tient compte également d'autres éléments. Lorsqu'il se relève, au bout d'un temps variable, il modifie la position des œufs et se recouche dans une orientation différente (Collin, 1973)

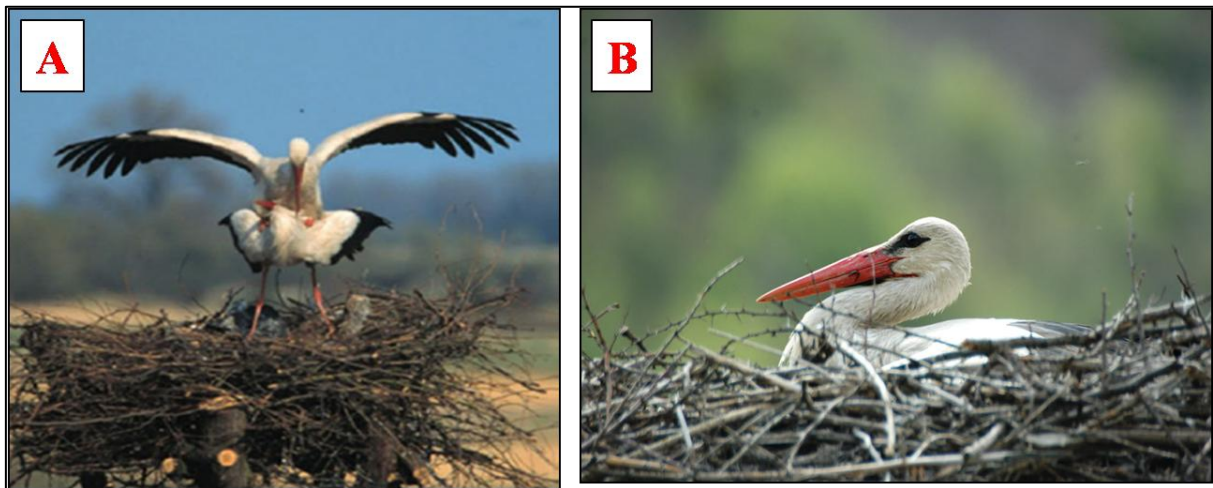


Figure I.5. Accouplement (A) et couvaison des œufs (B) chez la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* (Göcek, 2006).

I.4.3.5. Eclosion des œufs, élevage et envol des jeunes

Après la durée habituelle d'incubation qui est de 30 à 34 jours, on a l'éclosion du premier œuf couvé. La femelle se tient par moment debout sur le nid, avec les ailes légèrement écartées, comme pour protéger les jeunes du soleil. Le comportement des deux cigognes change : elles portent maintenant une attention soutenue à ce qui se passe au fond du nid, un surcroît d'activité dans le nettoyage et l'arrangement du nid, une accélération dans les départs et les relais et les premières régurgitations commencent (Collin, 1973 ; Burnel *et al.*, 2002).

Le délai entre deux éclosions successives peut être 1 ou 2 jours (Collin, 1973 ; Grand, 2007). Les deux adultes nourrissent les jeunes par régurgitation dans le nid où les poussins picorent. A l'âge de deux ou trois semaines, les jeunes sont nourris toutes les deux heures (Conseil Général Des Alpes Maritimes, 2012). Les pulli grossissent très vite, ils se manifestent peu au premier jour mais dès le lendemain, ils lèvent la tête et tiennent le cou droit en tendant le bec. Après 5 à 6 jours, ils adoptent quelquefois une attitude caractéristique : au repos, le bec appuyé contre la gorge. Après 17 à 18 jours, les rémiges noirs se développent complètement, les pulli se tiennent debout avec assurance, se déplacent et agitent leurs moignons d'ailes. Après deux mois, les doigts et la partie inférieure des tarso-métatarses deviennent rouges, le bec d'abord violacé-noirâtre, prend une teinte plus claire à la mandibule supérieure. Et quelques jours plus tard, les ailes se développent bien et les cigogneaux atteignent le corps de sub-adulte (Collin, 1973). Le pullus le plus petit et faible dans le nid est souvent oppressé par les autres qui sont plus grands et plus forts, ces derniers le gênent directement ou par compétition agressive à la nourriture et en cas du mauvais temps ou des carences alimentaires, ce pullus généralement meurt (BeNatur, 2012). Tortosa et Redondo (1992) ont montré également l'infanticide chez la Cigogne blanche, c'est le rejet du pullus le plus petit par les adultes, qui sont généralement les mâles qui tuent ce type de pulli dans 8 sur 9 des cas. Ce sont les pulli nés les derniers qui sont rejetés et cela, selon les mêmes auteurs, représente un avantage pour les parents en ce qui concerne le nourrissage des jeunes ; puisque le rejet de ces pulli supplémentaires réduit le temps et l'effort des parents durant l'élevage.

Les premiers essais de vol ont lieu après 58 à 65 jour dès l'éclosion, mais les jeunes cigognes restent quelques semaines dans le nid pendant la nuit (C.D.P.N.E., 2009 ; Conseil Général Des Alpes Maritimes, 2012 ; BeNatur, 2012 ; Wierzbicka, 2017). Le vol est circulaire autour du nid, à une distance de 20 mètres à environ. Durant la journée, les jeunes s'observent

sur les étangs ou sur les champs cultivés (cordonnier, 1979). Après l'envol des jeunes, les oiseaux adultes prennent soin des cigogneaux, en leur fournissant de la nourriture, les chauffer avec leur propre corps ou bloquant le soleil brûlant ou sous une pluie battante avec leurs ailes (Wierzbicka, 2017).



Figure I.6. Nourrissage de jeunes cigognes émancipées (Göcek, 2006).



Figure I.7. Premiers essais de vol chez les jeunes cigognes (Göcek, 2006).

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

I. 4. 3. 6. Productivité de la Cigogne blanche

La productivité de la Cigogne blanche peut être exprimée par plusieurs paramètres de reproduction : la taille de la ponte : correspond au nombre d'œufs pondus par la femelle lors de la période de reproduction ; le succès d'éclosion : c'est le rapport entre le nombre total d'œufs éclos et le nombre d'œufs incubés ; le succès de reproduction (fécondité) : c'est le rapport entre le nombre total de jeunes amenés à l'émancipation et le nombre d'œufs incubés ; le succès d'élevage : (nombre d'envols par nids) c'est le nombre de jeunes émancipés (capables d'aller en dehors des nids, 8 à 10 semaines) par nid ou par couple nicheur (Djeddou *et al.*, 2007). Les deux derniers paramètres sont les plus utilisés (Moritzi *et al.*, 2001 ; Denac, 2006 ; Djeddou *et al.*, 2007 ; Khelili, 2012 ; Moali-Grine *et al.*, 2012 ; Yavuz *et al.*, 2012).

Selon Wierzbicka (2017), un couple de cigognes offre 2 ou 3 jeunes, moins souvent 4. Dans les années qui sont riches en nourriture, des nids avec 4 jeunes sont plus fréquents. Et dans les saisons favorables, des nichées avec 5 jeunes ne sont pas rares et exceptionnellement même avec 6 jeunes. En Europe, le succès d'élevage varie entre 1,2 et 3,82 (Tableau I.4). En Algérie, le succès de reproduction est compris entre 52,4 et 79 % (Tableau I.5).

Tableau I.4. Succès d'élevage de la Cigogne blanche en Europe.

Pays	Référence	Succès d'élevage
Suisse	Moritzi <i>et al.</i> , 2001	1,2-1,7
Allemagne	Schaub, 2005	1,91
Pologne	Schaub, 2005	2,08
Turquie	Göcek, 2006	2,95
Turquie	Yavuz <i>et al.</i> , 2012	3,82

Tableau I.5. Succès de reproduction de la Cigogne blanche en Algérie.

Wilaya / région	Référence	Succès de reproduction (%)
Bejaïa	Zennouche, 2002 in Djeddou, 2007	62
Tizi-Ouzou	Fellag, 2006	76,5
Batna	Djeddou <i>et al.</i> , 2007	52,4
Tébessa	Khelili, 2012	66,66
Le Constantinois	Benharzallah, 2017	Jusqu'à 79

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

La mortalité des jeunes cigognes est souvent causée par le manque de la nourriture, qui est même influencée par les conditions météorologiques défavorables. Dans ce cas, les pulli les plus petits et négligés meurent généralement ou même avalés par leurs parents. Parfois tous les oisillons d'un nid meurent et cela peut être dû à une infestation grave par les trématodes intestinales qui sont transportés par leur hôte intermédiaire, il s'agit d'une espèce de grenouilles : *Rana esculenta* (Schüz, 1936).

I.4. 4. Ethologie générale et mœurs de vie

Selon Anonyme (2012), « La Cigogne blanche est facile à observer, elle se déplace en marchant lentement en terrain découvert ou dans l'eau peu profonde à la recherche de nourriture. Au repos, elle se tient longtemps immobile à terre, mais plus souvent perchée sur un arbre, un poteau, un édifice ou sur son nid. Excellent planeur, elle est souvent observée, tournoyant lentement haut dans le ciel, seule ou en groupe, profitant des ascendances thermiques à l'instar d'autres grands planeurs, tels que les rapaces. ».

Son comportement alimentaire est opportuniste, mais elle chasse souvent en marchant lentement vers la proie, quand cette dernière - qui doit être toujours bien visible - est localisée sur le milieu, la cigogne se prépare par le cou et avec une frappe de son bec la proie est capturée. Aussi, pas rarement de chasser en courant vers la proie avec les ailes ouvertes. En Afrique, plusieurs cigognes se concentrent près des incendies d'herbe ou parmi les essaims des criquets (principalement *Locusta sp*) (BeNatur, 2012).

L'espèce est familière. Selon Géroutet (1967) cité par Collin (1973) : « On la trouve peu farouche au voisinage des habitations, mais en rase campagne l'approche est difficile, tant elle devient méfiante et vigilante. Elle se rend vite compte des intentions bonnes ou mauvaises de l'homme à son égard et elle agit en conséquence, preuve de son intelligence qu'on lui accorde. ». Le phonocomportement consiste à des craquètements, cris et grincements émis à diverses occasions, dans le cadre des différentes relations qui viennent d'être examinées. Pour les adultes, ce sont des claquètements de bec soit isolés soit en succession rapide, avec ou sans renversement du cou, la tête venant s'appuyer sur le dos, le tout exécuté une ou plusieurs fois et cela avec une intensité variable. Quant aux pulli puis juvéniles, c'est par des cris, miaulements et grincements qu'ils se manifestent, ajoutant les craquètements par la suite (Collin, 1973).

La Cigogne blanche est parfois solitaire, mais la plupart du temps c'est une espèce grégaire. Les cigognes se reproduisent généralement isolément, par des paires séparées, mais

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

dans quelques parts de leur étendue, elles forment des colonies libres avec une douzaine ou même de centaines de paires. Dans les terrains d'alimentation, elles se rassemblent en grands troupeaux, soit en saison de reproduction ou bien en phase d'hivernage. Les couples nicheurs sont monogames et ils défendent violemment leurs nids et leurs territoires (Bocheński & Jerzak, 2006).

La migration postnuptiale a lieu à mi août et dans la plupart des cas, les jeunes cigognes partent quelques jours avant les parents qui, à cette période, restent encore renouveler leurs relations (Schütz, 1936). En automne et au printemps, la Cigogne blanche peut accomplir un long voyage, parfois atteignant les 8000 à 10000 km. Elle gagne par son émigration automnale des cieux moins froids où elle trouvera à nouveau sa nourriture. Au cours de leur migration, les cigognes volent dans une direction bien déterminée et empruntent deux voies distinctes :

1. La voie qu'empruntent en général les cigognes d'Alsace et de Hollande passe par la vallée du Rhône, l'Espagne, le détroit de Gibraltar, le Maroc. C'est également la même route qui est suivie par les cigognes de Tunisie et d'Algérie pour gagner le Sénégal.

2. Une autre voie choisie par celles qui nichent à l'est du fleuve Weser (Allemagne), passe par la Hongrie, la Turquie, l'Asie Mineure, la Syrie, l'Égypte, le Soudan et la Rhodésie vers l'Afrique du Sud (Tarrajat, 1957).

I.5. Répartition géographique et état des populations

I.5. 1. Dans le monde

D'après Schlegel (1864), la Cigogne blanche niche dans les lieux marécageuses de l'Europe, depuis la Grèce et l'Espagne jusqu'à la Suède méridionale ; mais ne se trouve pas ni en grande Bretagne ni en Russie proprement dite. Rare en Sicile et abondante en Pologne, comme elle était plus commune en Hollande. Il existe aussi une grande population en Algérie qui est sédentaire. Les deux populations passent l'hiver en grande partie dans l'Afrique dont les cigognes de l'Europe réunissent en Sénégal et au cours supérieur du Nil blanc. En Asie, elle se trouve sur les bords du lac Caspi jusqu'à Bokhara, passant l'hiver en grand nombre au Bengale. Quant à l'Afrique australe, il peut se rencontrer des individus isolés.

Aujourd'hui, la Cigogne blanche se rencontre dans les trois continents : l'Europe, l'Asie et l'Afrique (Figure I.8). Et elle devient nicheuse également en Afrique australe (Anonyme, 2012). La majorité de la population européenne se trouve dans les pays orientaux,

de la Baltique jusqu'à la Mer Noir et aux Balkans. Tandis qu'à l'ouest de l'Europe, elle est concentrée dans l'Espagne (Conseil Général des Alpes Maritimes, 2012).

Il existe dans le monde deux sous espèces de *Ciconia ciconia* : il s'agit de *C. ciconia ciconia* (Linné, 1758) et *C. ciconia asiatica* (Severtsov, 1873).

- La première niche à l'ouest de l'Asie, au nord-ouest et sud de l'Afrique et en grande partie au centre et à l'est d'Europe. Elle est absente dans les Britanniques jusqu'à la latitude 55° nord et peu abondante au Moyen Orient. Cette sous espèce hiverne en Afrique subsaharienne dont la population européenne occidentale en Afrique sahélienne, alors que celle du centre et de l'est d'Europe hiverne du Kenya jusqu'à l'Afrique du sud.
- La deuxième sous espèce niche en Turkestan et hiverne en Inde et Iran (Anonyme, 2012 ; BeNatur, 2012).

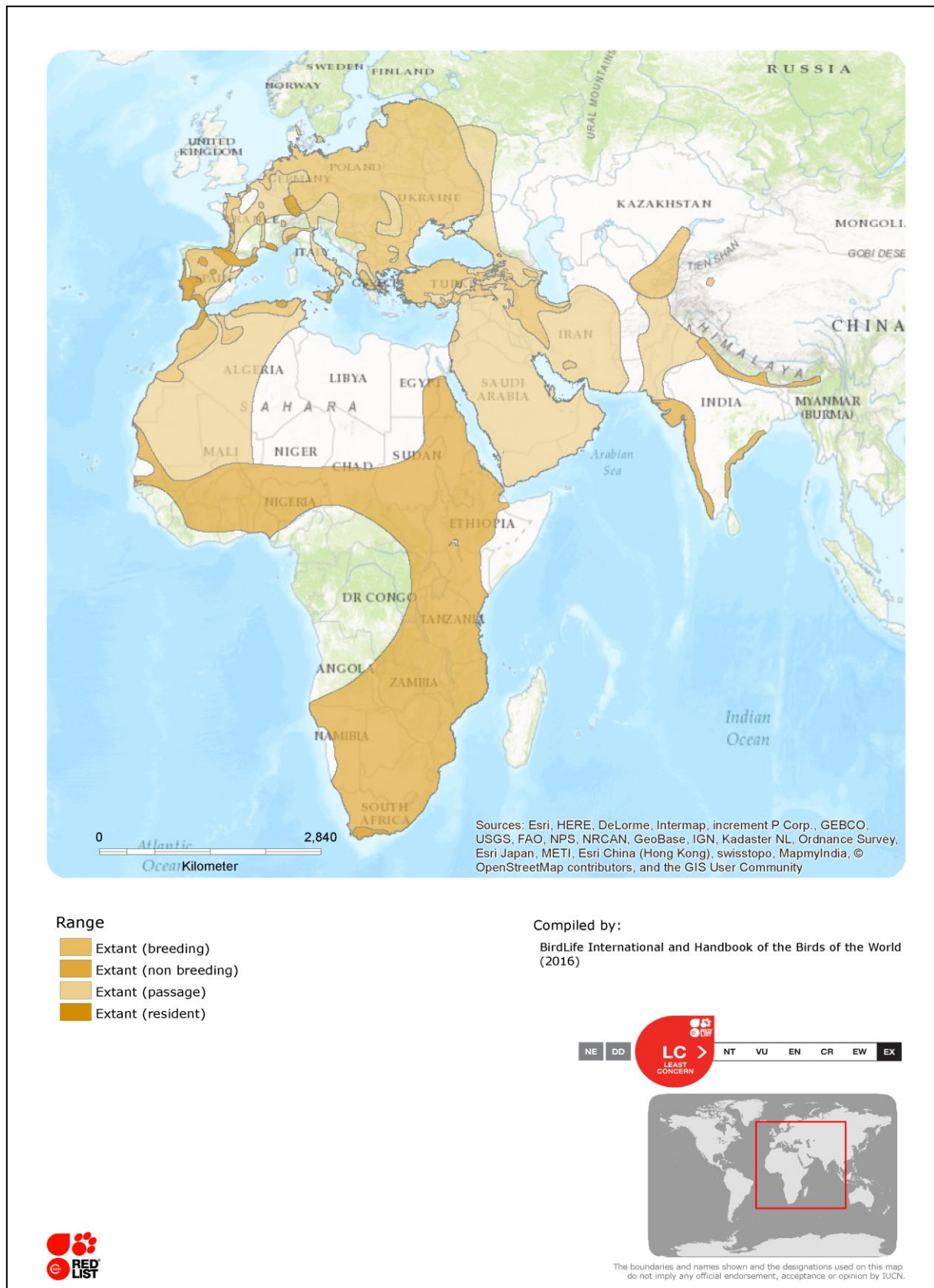


Figure I.8. Distribution géographique de la Cigogne blanche (Birdlife International, 2016).

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

La population mondiale de la Cigogne blanche est estimée de 700000 à 704000 individus dont la population européenne compte à environ de 224000 à 247000 paires, ce qui convient à de 447000 à 495000 individus. Les recensements effectués à l'échelle mondiale depuis 1934, montrent généralement, une tendance de l'espèce à augmenter dont la population européenne montre un accroissement modéré à partir de 1980 à 2013. Néanmoins, il reste des populations qui sont en régression ou stables ; mais ces chiffres expriment en général une espèce en bon état et n'est pas encore menacée (Birdlife International, 2016).

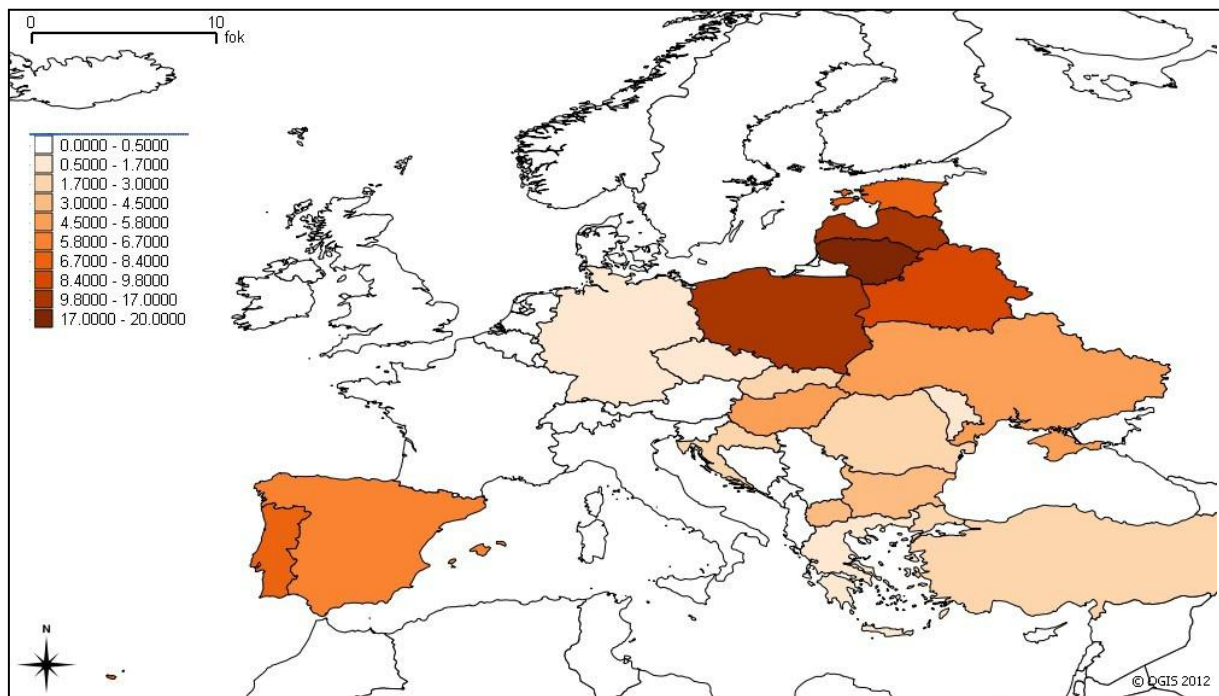


Figure I.9. Densité des couples nicheurs de la Cigogne blanche (nombre de couples/100 km²) à travers l'aire de sa nidification (BeNatur, 2012).

I.5. 2. En Algérie

La Cigogne blanche niche communément dans la partie méditerranéenne de l'Algérie, des plaines du littoral jusqu' aux hauts-plateaux steppiques. Son aire de nidification correspond à la partie tellienne du pays (Moali-Grine *et al.*, 2012). Au nord, elle est présente dans les régions de Béjaïa, Sétif, dans le nord du Hodna (M'sila) et sur les plateaux de Bouira jusqu'à Sour-El Ghozlane. Elle se trouve également dans la dépression de Lakhdaria. Elle peuple aussi toute la vallée du Sébaou jusqu'à la lisière du massif forestier d'Akfadou, à Azazga ; ainsi que sur les plaines entre Ouadhias et Draâ El Mizan. Un nombre réduit de

couples nichent près de Boufarik, de Rouiba, de Hadjout et de Mouzaia (Moali-Grine, 1994 in Boukhtache, 2010).

La tendance de la population maghrébine de la Cigogne blanche est à l'augmentation, selon NABU (2013), elle a augmenté de 125 %, ce qui la qualifie comme la population la plus augmentée au niveau du monde pendant les derniers dix ans. En Algérie seule, qui abrite la plupart des couples nicheurs, les effectifs ont augmenté de 176 %.

L'état actuel des populations à l'échelle nationale montre un développement positif des nombres des couples nicheurs ; des recensements nationaux ont été effectués dans le cadre d'un projet d'étude de la dynamique des populations d'oiseaux en Algérie. En 2007, 6601 couples nicheurs ont été recensés. Dans les régions de l'Est (d'El-Tarf à Oum-El-Bouaghi), de 1855 nids occupés en 1995, l'effectif est passé à 4411 en 2007 soit 70 % du total des effectifs nicheurs pour les deux recensements. Dans les régions du centre (de Béjaïa à Blida), respectivement 701 (26 %) et 1817 (27,5 %) des couples nicheurs ont été dénombrés en 1995 et 2007. Dans les régions de l'Ouest (de Tipasa à Ain-Temouchent), seulement 123 couples nicheurs (5 %) ont été observés en 1995 et 373 (5,6 %) en 2007. D'après les données des recensements effectués, la région du Constantinois- Seybouse- Méllègue (C.S.M) a hébergé plus de la moitié des effectifs des couples nicheurs. Les améliorations climatiques sur les lieux d'hivernage et de reproduction et l'adoption des terres cultivées irriguées et des décharges d'ordures ménagères pour se nourrir dans certaines régions ont largement contribué à l'augmentation récente de la population (Moali-Grine *et al.*, 2012). Selon les mêmes auteurs, les habitats exploités par la Cigogne blanche en Algérie se retrouvent peu perturbés et sont même riches en proies potentielles ; en raison des caractéristiques de l'agriculture pratiquée actuellement, qui est marquée par une faible utilisation de pesticides en raison de leur coût élevé. En tenant compte de ces paramètres, il est aisé de suggérer une continuité de la dynamique des populations de cette espèce dans toute son aire de nidification.

Tableau I.6. Quelques paramètres démographiques de la Cigogne blanche en Algérie (d'après Moali-Grine *et al.*, 2012).

Paramètre démographique	1995	2001	2007
Nombre de couples nicheurs	2679	5147	6601
Densité (couple nicheur/100 km ²)	1.91	3.67	4,70
Nombre de couples avec succès	2555	4481	6318
Proportion de couples avec succès	95 %	87 %	96 %
Nombre total de jeunes	5710	9581	14705
Succès de reproduction	2.23	2.14	2,32

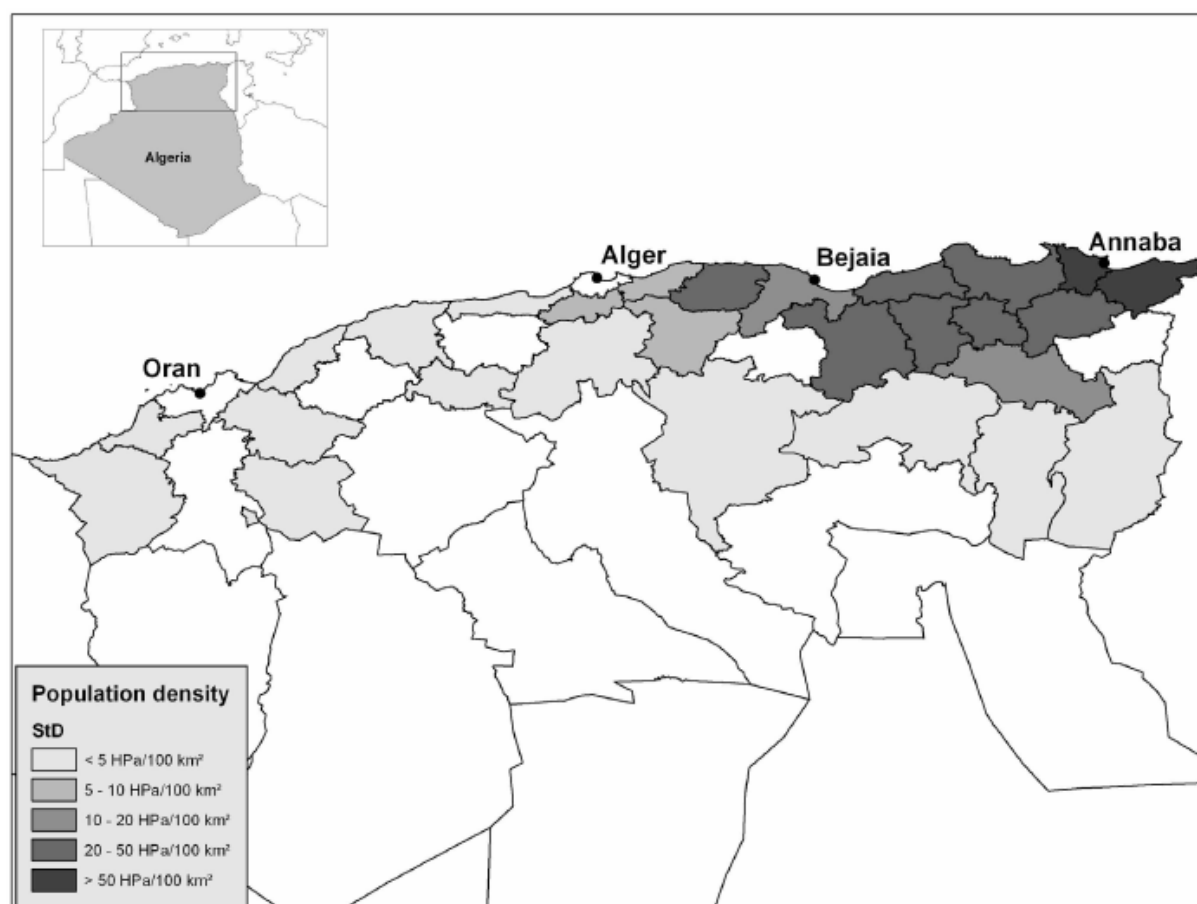


Figure I.10. Distribution de La densité de la Cigogne blanche en Algérie (nombre de couples nicheurs/100 Km²) (Moali-Grine *et al.*, 2013).

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

I.6. Statut de conservation et degré de protection

➤ Statut de conservation

Espèce protégée à l'échelle mondiale et nationale. Concernée par plusieurs articles de la réglementation internationale ; Elle est listée à la Convention de Washington, inscrite à l'Annexe I de la Directive Oiseaux (espèces nécessitent des mesures spéciales de conservation, concernant la protection de leurs habitats pour assurer leur survie et leur reproduction). Inscrite aussi à l'Annexe II de la Convention de Berne (convention sur la conservation de la vie faunistique européenne et des habitats naturels dont Annexe II : espèce strictement protégée), Annexe II de la Convention de Bonn et listée en catégorie C1 de l'AEWA (population du centre et de l'est Europe) (Anonyme, 2012 ; BeNatur, 2012).

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 (Benharzallah, 2017).

➤ Degré de protection

La Cigogne blanche n'est pas menacée, en 2016, elle est évaluée dans la liste rouge mondiale de l'IUCN en catégorie LC (Least Concern) : c'est-à-dire une espèce avec préoccupation mineure. Ce qui convient à une espèce avec une grande population mondiale en augmentation et avec une répartition géographique extrême. En effet, en 1988, la cigogne était évaluée quasi menacée (NT) puis, une oscillation entre LR (avec risque mineure) et LC en 1994 et 2000 ; mais depuis 2004, elle reste encore évaluée LC (Birdlife International, 2016). De même, elle est également évalué LC en Europe et en France excepté certaines régions où elle a été considérée comme menacée au centre de la France (2013) et Auvergne (2016), ou quasi menacée en Bourgogne (2015) (Muséum National d'Histoire Naturelle, 2017).

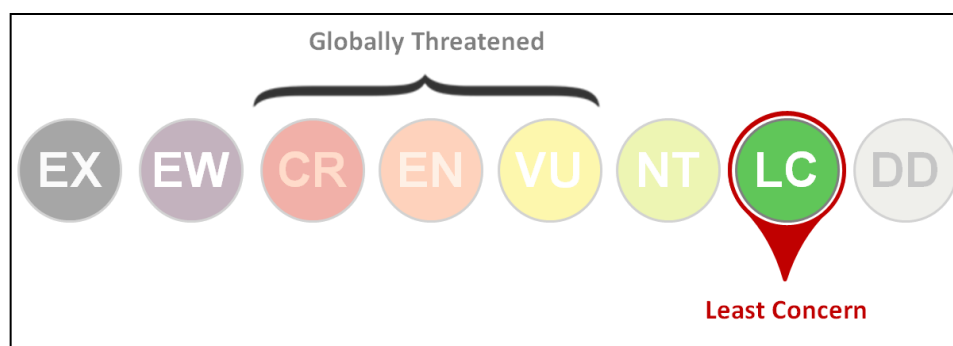


Figure I.11. Évaluation IUCN (2016) de la Cigogne blanche (Birdlife International, 2017).

I.7. Menaces potentielles à travers le monde

I.7. 1. Historique

Pendant le dernier siècle, la Cigogne blanche a subi un fort déclin de sa population en Europe centrale et occidentale et entré dans un processus évolutif de régression, surtout à la période qui s'étale du début du siècle à 1930 et à partir de 1940. Il s'agissait d'une disparition continue des effectifs des cigognes nidificatrices qui semblait irréversible dans certaines régions comme l'Alsace et les Pays-Bas et jusqu'à l'extinction en Suède (1958) et en Suisse (1950). A partir de 1960, l'extinction des effectifs s'amorce dans la frange occidentale de son aire de nidification. Cette diminution aurait due à certaines conditions concernant la sécurité lors de son hivernage en Afrique et le déplacement des populations vers l'est du continent qui était causé par ses fluctuations (Tricot, 1973).

Jusque en 1990, la Cigogne blanche est encore considérée comme vulnérable en Europe (Anonyme, 2012). En Andalousie, dans le sud-ouest de l'Espagne, les effectifs des couples nicheurs ont diminué de 11 % entre 1976 et 1988 et cela était causé par l'intensification des activités humaines dont l'urbanisation et l'agriculture ; tandis que les marais protégés étaient les seuls habitats qui ont connu un accroissement des effectifs (Senra & Alés, 1992). En France, « la population alsacienne, qui compte 177 couples en 1947, subit un déclin rapide à partir de 1961 (118 couples) atteignant le seuil d'extinction en 1974 (9 couples). A cette époque, la France ne compte plus que 11 couples nicheurs : un en Ile-et-Vilaine, un dans la Manche et 9 en Alsace. Le déclin de la population française, plus généralement de l'ouest européenne, serait principalement dû à une chute du taux de survie annuelle des adultes, consécutive aux fortes sécheresses sahéliennes. D'autres causes sont évoquées comme les électrocutions sur les lignes électriques aériennes et surtout une importante mortalité due à la chasse, en particulier sur les lieux d'hivernage africains et notamment au Mali. Dans ce pays, des ornithologues de la LPO constatent des prélèvements qui peuvent atteindre plus de 700 oiseaux par an. » (LPO, 2011). Un autre type de destruction directe, affecte l'espèce en période de reproduction. Il s'agit de la destruction volontaire des plates-formes artificielles occupées par des couples nicheurs, souvent au stade de la couvaison. Ces actes sont connus en particulier en Charente-Maritime et plus rarement en Normandie (Anonyme, 2012). Selon Dallinga et Schoenmakers (1987), les principales causes de cette régression étaient représentées par la diminution de la population des sauterelles et la

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

sécheresse qu'ont subie les aires de son hivernage et localement, par la destruction des habitats de reproduction de l'espèce.

I.7. 2. Les cigognes et le changement climatique

Les changements globaux du climat actuel ont un impact direct ou indirect sur la dynamique des oiseaux. Il y a une relation négative entre les fluctuations du climat et les contributions de différents paramètres démographiques au taux de croissance des populations (Nevoux, 2008).

En effet, le réchauffement climatique a augmenté la température de certaines régions du monde, ce qui a conduit à un phénomène de sédentarisation de quelques espèces d'oiseaux migrateurs dont la Cigogne blanche. Selon Bougrain-Dubourg (2001), l'élévation des températures et la fonte des neiges en France est à l'origine des départs tardifs en migration automnale des oiseaux et la liste des migrateurs qui y commencent à hiverner s'allonge ; les Cigognes blanches s'attardent de plus en plus et non seulement dans des régions au climat doux, mais également jusqu'au nord. Au contraire, les baisses températures et les froids rigoureux font bouger les cigognes qui sont devenu hivernants en France et émigrer vers d'autres lieux et causent généralement des mortalités, donc une diminution des effectifs (LPO, 2013). Ainsi, l'abaissement des températures dans les lieux d'hivernage suspend le départ en migration printanière et par conséquent, l'arrivée tardive des nicheurs ce qui diminue le succès d'éclosion, surtout quand des conditions climatiques extrêmes résident dans les aires de reproduction qui peuvent causer la mortalité des jeunes même à l'âge de 30 jours (Tobolka *et al.*, 2015).

Les précipitations et les basses températures durant la saison de reproduction de l'espèce agissent négativement sur la densité et le succès de reproduction, en raison de la mortalité des nouveaux nés en avril à mai (Carascal *et al.*, 1993). En plus, l'abaissement des précipitations et la sécheresse dans les quartiers d'hivernage peuvent conduire à des résultats catastrophiques en ce qui concerne les effectifs des reproducteurs ; du fait du manque des ressources alimentaires, comme le cas de la population de l'Europe occidentale qui a subi un déclin pendant le 20^{ème} siècle. Les inondations sont aussi un facteur néfaste pour les Cigognes blanches, en 1997, le centre et l'est d'Europe ont été infestés par de grandes inondations en entraînant une perte en masses des pulli (Tryjanovski *et al.*, 2009b).

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

I.7. 2. Electrocutation et collisions électriques

Les lignes électriques de moyenne et haute tension représentent un risque majeur pour les oiseaux migrateurs et sont responsables de la mortalité de ces derniers, surtout dans la région Afrique-Eurasie. L'électrocutation se produit lorsque l'oiseau touche simultanément deux composants sous tension ou un composant sous tension et un autre composant du poteau électrique relié à la terre. Ce qui provoque un court-circuit, le courant traverse alors le corps de l'oiseau électrocuté. Elle touche principalement les espèces de grande taille dont les Cigognes blanches qui se perchent ou nichent sur les fils ou les poteaux et pylônes, en particulier dans les habitats où les perchoirs et les sites de nidification sont rares. Les lignes à basse ou moyenne tension présentent le plus fort risque car l'espace entre leurs composants est très resserré. L'électrocutation se produit en général pendant la période de reproduction et au cours des mois qui suivent, les jeunes oiseaux étant alors les plus affectés.

Les collisions surviennent lorsqu'un oiseau en vol heurte un câble aérien, surtout les lignes à haute tension qui disposent un grand nombre de câbles agencés en nappes superposées. Le plus souvent l'oiseau meurt au moment du choc avec le câble ou de l'impact avec le sol, ou encore des suites de ses blessures. De plus, le risque de collision augmente lorsque la visibilité est limitée, comme au crépuscule ou pendant la nuit.

En tenant compte de la gravité des deux problèmes mentionnés, les électrocutions représentent une menace sérieuse pour la Cigogne blanche, notamment dans les zones signalées comme des « zones critiques » ; citant par exemple le cas de la Pologne (510 victimes annuelles) ; Suisse (plus de 40 % de la mortalité connue) ; Bulgarie (25 % de la mortalité) ; Portugal (137 victimes en trois ans). Par contre, les cigognes sont moins concernées par les collisions que par les électrocutions dans une grande partie de la région Afrique-Eurasie (Prinsen *et al.*, 2011).

I.7. 3. Autres menaces

Plusieurs facteurs affectant la population et l'habitat de la Cigogne blanche ont été développés par l'Agence Européenne pour l'Environnement (EEA). Ces facteurs représentent des menaces et des pressions pour l'espèce et sont distribués en plusieurs catégories selon des critères de risque et d'alarme (BeNatur, 2012). Ils sont nombreux, mais on cite quelques exemples :

- Modification de l'agriculture traditionnelle comme l'élimination des herbes dans les terres arables.
- Intensification de l'agriculture.
- Utilisation des biocides, des hormones et des produits chimiques qui peuvent être ingérés avec les proies de la Cigogne blanche.
- Urbanisation.
- La chasse illégale en Afrique, au Moyen-Orient et en Europe orientale.
- Vandalisme et destruction des nids à la saison de reproduction.
- Pollution des eaux continentales et marines.
- Modification des structures des cours d'eau intérieurs.
- Sécheresse et abaissement des précipitations.
- Evènements géologiques et catastrophes naturelles (tempêtes, cyclones, etc.).

Chapitre II.

*présentation de la zone d'étude :
l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja*

II.1. Présentation générale du complexe

Le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja ($7^{\circ}8' - 7^{\circ}25' E / 36^{\circ}46' - 37^{\circ}1' N$), d'une superficie de 42100 hectares, est situé sur la plaine littorale algérienne, s'étend sur la partie est de la wilaya de Skikda (Figure II.1). Bordé à l'ouest par les collines côtières de Skikda et à l'est par le massif côtier de Chetaïbi, anciennement couverts de forêts de chêne liège, le complexe est formé de dépôts éoliens et alluviaux. Des trois bassins versants qui départagent la zone ('Côtier Kebir Magroun' 03-12, 'Oued Kebir Hammam' 03-11, 'Côtier Filfila' 03-10), celui de 'Côtier Kebir Magroun' communément appelé sous bassin de l'Oued El Kebir, en couvre la plus grande partie (23000 ha). Le massif dunaire continental de la plaine de Guerbes, réservoir hydrique d'environ 40 millions de m^3 , comporte une multitude de dépressions et de vallées formant des lacs et garâts (marais). A l'est et au sud de ce massif, l'Oued El Kebir, colonne vertébrale du complexe et ses affluents alimentent une série de réservoirs d'eau naturels. Les zones de contact dunes – plaines alluviales sont formées de forêts humides de type aulnaies.

Ces écosystèmes d'eau douce intérieurs, rares dans le bassin méditerranéen, sont extrêmement riches en biodiversité et abritent un grand nombre de plantes, de poissons, d'oiseaux, de mammifères, de reptiles et d'insectes. Couplés aux écosystèmes marins dont les eaux côtières ont, elles aussi, une grande diversité biologique, ces étangs, plans d'eau dunaires et de plaines alluviales, mares, marais, aulnaies et ripisylve, confèrent au complexe de Guerbes-Sanhadja une valeur particulière lui ayant permis classé comme site Ramsar en 2001. Les 14 zones humides qui le composent sont le lieu de nidification des espèces figurant sur la liste rouge de l'UICN comme espèces en danger, menacées ou vulnérables. Le complexe recèle simultanément des espèces végétales d'origine biogéographique tropicale (5 % des 300 espèces de la flore) ou septentrionale (28 %). L'Afrique subsaharienne et l'Europe sont donc largement représentées dans cette zone, avec la région méditerranéenne (34 %). Sur les 234 taxa typiquement liées aux zones humides continentales, environ 55 espèces végétales du complexe appartiennent au groupe des espèces en voie de raréfaction. De plus, ces hydro-systèmes de Numidie algérienne sont le lieu de passage de plusieurs espèces migratrices. Alors que les milieux d'eau douce sont les lieux privilégiés de migration automnale de certains amphibiens, le delta de l'Oued El Kebir, subissant l'effet du reflux marin est considéré critique pour l'avifaune hivernante.

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

Ces caractéristiques exceptionnelles en font – avec le parc national d'El Kala et les zones humides adjacentes de la côte est algérienne avec lesquelles il constitue le complexe d'El Kala – une des zones humides les plus importantes du Maghreb et du bassin méditerranéen pour son avifaune d'eau nicheuse et comme un site fournissant des exemples représentatifs de zone humide naturelle (D. G. F., 2007).

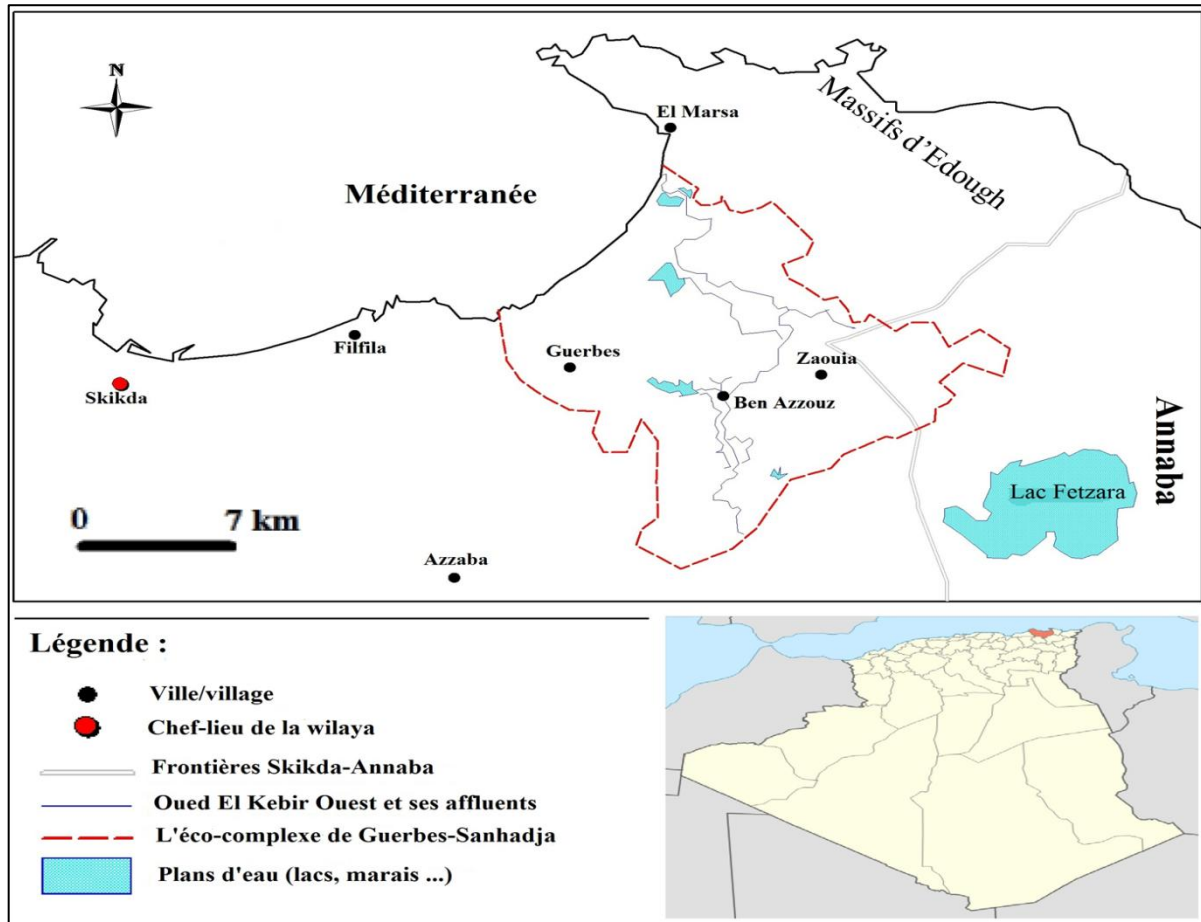


Figure II.1. Localisation géographique de l'éco-complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja (Babouri *et al.*, 2020, modifiée).

II.2. Géologie, géomorphologie et topographie de la région

La région de Guerbes-Sanhadja fait partie d'un segment de la chaîne alpine de l'Algérie orientale qui est née de la collision de deux plaques : la plaque africaine et la plaque européenne. Cette orogénèse s'est produite au cours de l'Éocène et du Miocène en plusieurs phases dites alpines (Vila, 1980). Elle correspond à un bassin subsidant néogène. Il s'agit d'un graben limité par deux accidents majeurs NO-SE, qui ont provoqué des coulissages kilométriques lors de la dernière phase alpine au Miocène supérieur. Cet événement a mis à la

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

même latitude la plaque africaine représentée par le massif métamorphique de l'Edough à l'est et la plaque européenne représentée par le socle de Skikda à l'ouest (Toubal *et al.*, 2014).

L'invasion de cette région par la mer au Pliocène a transformé le massif de l'Edough en île (Hilly, 1962 in Toubal *et al.*, 2014). Mais les apports sédimentaires en provenance de l'arrière-pays ont provoqué le comblement progressif des secteurs au sud et à l'est de l'Edough, lequel s'est ainsi retrouvé rattaché au continent dès le Quaternaire inférieur. Depuis, la ligne de rivage a continué de migrer du sud vers le nord.

Le bassin de Guerbes est constitué de sédiments plio-quaternaires dont les faciès indiquent un dépôt dans un environnement marin lagunaire à continental fluviatile, en fonction des variations climatiques et eustatiques. Sur la bordure occidentale du bassin, affleure le flysch numidien, substrat siliceux formé par une alternance de grès et de marnes (Toubal *et al.*, 2014).

Parmi les formations géologiques dominantes, on distingue les formations dunaires du quaternaire marin et les formations quaternaires continentales où dominent les plaines et les vallées dressées par l'oued El Kebir est, l'oued El Kebir ouest et l'oued Seybouse. A l'ouest du bassin de Guerbes, la série stratigraphique du Djebel Safia présente des séries telliennes Jurassiques et Crétacés avec des calcaires massifs. Plus au nord, la région de Dem El Bagrat est composée de flyschs massyliens peu métamorphosés, qui avaient primitivement été assimilés à la série de Djebel Safia. Le centre est constitué par des dépôts quaternaires. Au Sud, le massif de Boumaiza-Berrahal est le prolongement du socle de l'Edough. Du sud-est au nord-ouest, On retrouve successivement le massif cristallin de l'Edough, les grès numidiens et les flyschs mauritaniens (Vila, 1980).

D'après les travaux de Benderradji (1988 et 2000), les composantes topographiques du cordon dunaire de Guerbes, la plaine de Ben Azzouz et la plage d'El Marsa montrent un relief très compartimenté qui ne dépend pas uniquement de la géologie de la région, mais aussi des agents atmosphériques qui peuvent lui changer son paysage.

Dans le secteur sud-ouest, les altitudes sont les plus accentuées, la pente ne dépasse pas 25% sur les crêtes sommitales. Ce retombé jusqu'à la plaine de Guerbes présente des pentes moyennes et faibles qui s'annulent au niveau des vallées. Dans le secteur sud-est (région de Tréat et Tobeïga), les altitudes ne dépassent pas les 130 m en Moyenne Au Nord-est, les pentes demeurent toujours faibles (8% en moyenne), le relief garde la même topographie avec des altitudes relativement modérées ne dépassant pas les 280 m. Les

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

altitudes diminuent au fur et à mesure que l'on s'approche de la plaine de Guerbes et deviennent nulles au niveau des vallées d'Oued El Kebir Ouest, Oued Magroun et les dépressions hydromorphes.

Les monts de Sanhadja forment la terminaison orientale de Djebel Filfila et la limite Sud-ouest du cordon dunaire. L'orientation de la ligne de crête est Nord-Ouest et Sud-est. L'allure des courbes de niveaux sur les sommets est tantôt arrondie tantôt allongé (cas du Djebel Laharata 561 m et Koudiat Bourbis 312 m). Cette même ligne de partage des eaux entre le sous bassin de l'Oued El Kebir embouchure et le sous bassin de l'Oued Bou El Hadjar qui font partie du bassin versant de l'Oued El Kebir Ouest. Bien que ces montagnes ne soient pas trop élevées, le réseau hydrographique prend naissance au niveau des lignes de crêtes et profite des terrains tendres pour creuser des petits ravins et par conséquent, constitue des drains qui vont alimenter en aval les oueds et les dépressions. Les versants nord et sud des monts de Sanhadja font leur jonction avec la plaine de Ben Azzouz en pente faible allant de 1 à 15% où s'établit graduellement un maquis relativement clair.

Le cordon dunaire de Guerbes couvre la partie ouest et constitue le siège d'une érosion éolienne intense du fait de sa situation entre les monts de Sanhadja au Sud-ouest et les monts de Ras Lahdid au Nord-est ; cet ensemble prend une direction Nord-est Sud-est (Benderradji, 1988, 2000).

II.3. Pédologie

Les différents types de sol montrent une diversité apparente en ce qui concerne la couleur, la texture et la nature physico-chimique de chaque type de sol. La pédogenèse qui conduit à la formation d'un type de sol donné dépend de trois facteurs essentiels : ses relations avec le substrat ; l'influence de la couverture végétale et ; l'effet du climat.

Dans le complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja, les conditions pédologiques sont surtout dépendantes des rapports avec l'eau, on trouve donc généralement des sols hydromorphes dans les dépressions à submersion temporaire ou permanente (1869 ha), alluvions actuelles dans les marécages et sols peu évolués d'apport alluvial en bordure des oueds. Les sols alluviaux à hydro mull portent des frênaies-aulnaies tandis que des groupements forestiers se développent sur les sols bruns plus ou moins lessivés, parfois à tendance podzolique, de la partie occidentale du terrain d'étude (Toubal *et al.*, 2014).

Selon l'étude de Haif (2009) (in Belouahem-Abed, 2012), l'inventaire des sols des dépressions humides de Guerbes-Sanhadja a permis de mettre en évidence trois types de sols

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

qui diffèrent par la couleur et par le degré de saturation en eau et surtout par la texture. Selon Haif, il existe des sols à texture sableuse dans les dépressions dunaires, alors que dans les dépressions alluvionnaires la texture est limoneuse tandis que dans les zones de contact avec la plaine argileuse la texture est beaucoup plus influencée par la présence d'un pourcentage relativement élevé en argile.

L'analyse des résultats de cette étude (Haif, 2009) traduit la distribution des sols en fonction des facteurs du milieu, notamment l'analyse granulométrique. Ce résultat définit une nette liaison des sols avec leur substrat, car dans les dépressions dunaires, des textures sableuses avec absence presque totale d'argiles ont été obtenues. La caractérisation physico-chimique de ces sols montre que l'influence du milieu reste déterminante et l'ensemble des paramètres mesuré traduit cette situation. Ainsi la teneur en matière organique varie d'un profil à l'autre. Les résultats obtenus sur l'ensemble dunaire indiquent qu'elle est un peu faible et se concentre dans les horizons de surface des profils puis diminue brutalement avec la profondeur. Cette disparition rapide de la matière organique dans les sols à texture sableuse est lié à la vitesse de minéralisation de cette dernière, car les conditions sont favorables (bonne aération et bonne activité biologique). Dans les sols des dépressions à texture limoneuse, la matière organique marque une légère accumulation et une bonne distribution dans les horizons du même profil. Dans les sols argileux, la matière organique semble s'accumuler en faveur des mauvaises conditions qui règnent dans ces sols (texture argileuse, saturation en eau presque permanente).

La réaction des sols suit également la zonation des sites et par conséquent, on peut constater trois situations : des sols à pH acide qui se développent sur un substrat sableux et qui sont également pauvre en carbonates de calcium. Des sols à pH neutre qui se forment dans les dépressions à texture limoneuse relativement riches en matière organique. Des sols à pH basique qui se développent dans les dépressions argileuses, où une fixation de bases semble être réalisée.

La mesure de la conductivité électrique enregistre de faibles valeurs dans les sols développés sur sable et augmente progressivement avec la texture fine (dans les sols argileux), mais dans l'ensemble, les sols ne présentent aucun risque de salinité.

La porosité du sol exprime les vides qui peuvent être occupé par l'eau et où la présence de l'air signifie l'existence d'un habitat favorable pour la faune et la flore du sol. Ce paramètre évolue en parfaite relation avec la texture du sol et du milieu. L'évolution de

l'humidité hygroscopique dans des sols saturés en eau reflète le rôle que jouent les éléments de la texture dans la capacité de rétention (Belouahem-Abed, 2012).

II.4. Hydrologie et hydrogéologie

La présence de l'Oued El Kebir dans la région et ses affluents, forme un système hydrographique très important permettant l'alimentation d'une série de réservoirs d'eau naturels (D. G. F., 2007). L'abondance des marécages et la nature géologique des formations litho stratigraphiques qui se caractérisent par une forte perméabilité due au sable, font que la région de Guerbes-Sanhadja recèle un important gisement d'eau souterraine (Boumezbeur, 2002).

Le système aquifère

Le système aquifère du complexe regroupe les nappes alluvionnaires de la plaine de l'oued Kebir Ouest et les nappes du massif dunaire de Guerbes. Dans le bassin du Kebir Ouest, on distingue deux aquifères superposés : la première nappe alluviale est formée d'un mélange de sable, graviers et galets, se localise sous un toit imperméable à semi perméable, son épaisseur varie de 5 m au Nord et peut aller jusqu'à 20 mètres au Sud. La deuxième nappe est captive, elle possède un toit imperméable formé d'argiles limoneuses dont l'épaisseur varie de 10 à 20 mètres légèrement incliné vers le Sud. Le substratum est formé en général par des marnes d'âge pliocène d'épaisseur variable, les zones les plus perméables de la nappe alluvionnaire se trouvent au débouché de l'oued Kebir Ouest et ses affluents en raison de la granulométrie du sol.

Les formations sableuses du massif dunaire de Guerbes révèlent l'existence de deux nappes superposées distinctes : l'une superficielle et l'autre profonde, séparées par une couche semi-perméable à certains endroits. La première nappe est libre formée par un matériel sableux, son épaisseur est variable de 5 à 10 m. A quelques endroits, on remarque l'absence de la couche semi-perméable (qui forme le substratum) ou la nappe superficielle et la nappe profonde se confondent. La seconde est une nappe semi captive à matériel alluvionnaire grossier constitué de sable, graviers et galets. Son épaisseur moyenne est de 15 mètres. L'ensemble du système repose sur un substratum imperméable formé d'argiles grises d'âge pliocène (Ben Rabah, 2006).

Les oueds

Le réseau hydrographique de la région de Guerbes–Sanhadja est constitué essentiellement par les oueds Fendek et El-Hadjar, contourne les massifs du djebel Oust (254 m) et de la forêt de Tsmara (282 m) avant de créer l'oued el Kebir, coulant au pied de grands versants rectilignes et abrupts qui sort du bassin d'Azzaba par une étroite vallée qui isole le djebel Safia (341m) du massif de la forêt de Zaitria. Il pénètre alors dans le bassin d'Ain Charchar où se fait la confluence avec l'oued Hamimine (Belouahem-Abed, 2012).

L'oued Kebir Ouest débute au versant Nord de djebel Boutellis (Nord de Guelma), de direction Nord-Sud sa longueur approximative est de 48 Km avec principaux affluents oued Aneb et oued Fendek. Le tracé des profils au long des principaux affluents de cet oued, montre qu'à l'amont les pentes sont très fortes, généralement supérieures à 50 m/Km, qui sont dues à la résistance des formations consolidées au creusement. A l'aval, les pentes sont moins faibles à cause des formations meubles, les pentes très faibles s'étendent dans la zone entre Souk Essebt et Mechtet Mra Sfala (l'oued Mchekel où la pente diminue jusqu'à 3,5 m/Km). Il traverse les bassins d'Azzaba et d'Essebt pour se déverser dans la mer tout en passant par le massif dunaire de Guerbes, il draine une superficie de 1135 Km², son apport hydraulique est estimé à 282 Mm³ en 2000 à la station de Ain Charchar (Ben Rabah, 2006).

Parmi les affluents de l'oued Kebir Ouest, on distingue les oueds 'Hamime' ou 'Hamimine' et oued 'Maboun'. Le premier délaisse une petite vallée drainée par l'oued Graier pour aller traverser en gorge le djebel Ragouat Lessaoud : à la sortie de cet étroit passage il fait un nouveau coude brusque vers l'Est, pour aller rejoindre l'oued El Kebir dans le bassin d'Ain Charchar. Ce cours d'eau traverse en fait deux grands bassins, celui d'Azzaba et celui du Guerbes où se posent les problèmes des raccords entre les niveaux marins et les niveaux continentaux. Quant à oued El Maboun, il traverse la plaine de Ben Azzouz où se trouve un bras mort de cet oued au niveau de la région de Dem El Begrat près du Bordj du Caid Lakhdar, ce bras mort devient partiellement occupé par une marre avec une végétation très dense (Belouahem-Abed, 2012).

II.5. Etude climatique

Le climat est un facteur écologique très important qui caractérise l'environnement physique des biocénoses naturelles. Sur le plan géographique, la distribution de la diversité biologique intègre à la fois les conditions climatiques actuelles qui structurent l'existence de grands biomes et contrôlent le fonctionnement des écosystèmes et les fluctuations passées du

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

climat qui ont permis ou non la survie et l'évolution des espèces. Ainsi, l'étendue des habitats aquatiques fluctue en général en fonction des conditions climatiques. La stabilité de ces conditions sur le plan saisonnier et à long terme, aurait laissé le temps à de nombreuses espèces de se spécialiser et d'occuper les différentes niches écologiques disponibles (Lévêque & Mounolou, 2008).

Le complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja a un climat méditerranéen typique (Samraoui & de Belair, 1997). En raison de l'absence d'une station météorologique dans la zone de notre étude, nos données climatiques ont été récoltées auprès de la station météorologique de la ville de Skikda qui est située au littoral, à l'ouest de cet éco-complexe (Station 60355, DABP ; Coordonnées : 36,93° N, 6,95° E ; Altitude : 7 mètres).

II. 5. 1. Données de la station météorologique de Skikda

Pour l'étude climatique concernant notre zone d'étude (Guerbes-Sanhadja), nous avons eu besoin des données climatiques pour déterminer les caractéristiques du climat de la région. Nos données ont été récoltées au niveau de la station météorologique de Skikda, étalées sur une période de 23 ans (de 1997 à 2019). Elles concernent les moyennes mensuelles de certains paramètres pour cette période : les températures (minimales, maximales et moyennes), les précipitations, la vitesse du vent et l'humidité relative de l'air. Les données sont figurées dans (Tableau A1, Annexe I).

La température

D'après le tableau (Tableau A1, Annexe I), la température moyenne annuelle est égale à 19,21°C. Les données enregistrées au niveau de la station de Skikda montrent que le mois le plus chaud est celui d'Aout, avec une température maximale équivalente à 29,34°C. Alors que le mois de Janvier étant le mois le plus froid, avec une température minimale de 9,06°C.

La pluviométrie

D'après la littérature, les précipitations annuelles dans la région de Skikda excèdent en général les 700 mm. Selon les données du tableau, la région reçoit une précipitation annuelle de l'ordre de 735,9 mm. Le mois le plus pluvieux est le mois de Janvier avec un maximum de 120,76 mm, tandis que le mois le plus sec est celui de Juillet avec un minimum de 1,15 mm.

Les vents

Nos observations sur terrain pendant la période d'étude montrent que la région de Guerbes-Sanhadja est très exposée aux vents qui y soufflent surtout en hiver. A partir des données récoltées, on remarque que la vitesse du vent à la période qui s'étale de Novembre à Mars est élevée par rapport à la période qui la suit (d'Avril en Octobre). La vitesse moyenne annuelle du vent est de l'ordre de 12,12 km/h (3,36 m/s). La vitesse maximale est enregistrée durant le mois de Décembre (14,31 km/h ou 3,97 m/s) et la minimale durant le mois de Septembre (10,73 km/h ou 2,98 m/s).

L'humidité

L'humidité est élevée avec une moyenne annuelle de 68,60 %. Les moyennes mensuelles sont proches et dépassent 67 %. L'humidité relative atteint son maximum pendant le mois de Janvier et son minimum au cours du mois suivant (Février) avec respectivement 70,78 et 67,17 %.

II.5. 2. Données des années 2018 et 2019

Ces données sont récoltées de la même station météorologique (la station de Skikda). Elles concernent deux années successives : 2018 et 2019 qui représentent les années où la plupart des évènements étudiés concernant la phénologie de l'espèce a eu lieu respectivement, pendant la saison 2017-2018 et la saison 2018-2019. Elles seront donc utilisées ultérieurement pour discuter les résultats. Les données du tableau (A2, Annexe I) révèlent certaines différences entre ces deux années pour certains paramètres étudiés (ici, nous avons excepté l'humidité relative de l'air). L'année 2019 était plus chaude que la précédente (2018) en terme des températures minimale, maximale et moyenne qui sont légèrement plus élevées (les moyennes annuelles sont respectivement : 15,7 °C, 22,45 °C et 20,04 °C contre 15,67 °C, 22,38 °C et 19,94 °C). De plus, la température maximale pour la première année (29,7 °C) est enregistrée en Juillet au lieu d'Août (31,7 °C) pour la deuxième année. De même pour la pluviométrie, l'année 2019 a clairement reçu plus de précipitations qu'en 2018, avec un cumul annuel d'ordre de 964,35 mm contre 615,92 mm. Le mois le plus pluvieux pour l'année 2018 est exceptionnellement celui d'Octobre (186,69 mm) et celui de Janvier (204,2 mm) pour l'année 2019 alors que le mois le plus sec reste celui de Juillet. La pluviométrie printanière est également élevée en 2019 par rapport à 2018 (183,62 contre 149,59 mm). En revanche, les vents étaient relativement plus fréquents en 2018 qu'en 2019 en terme de la vitesse moyenne (13,83 contre 13,43 km/h) bien que la vitesse maximale du vent pour la

deuxième année qui est enregistré en Février soit plus forte que celle enregistrée en Juin pour la première année (16,9 contre 15,1 km/h).

II.5. 3. Synthèse climatique

- **Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен**

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен (Figure II.2) est utilisé pour mettre en évidence la période sèche d'une station donnée en impliquant les valeurs de deux paramètres : la température (T) et la pluviométrie (P) qui ont été enregistrées pendant une période déterminée pour cette station. Ce diagramme est tracé avec deux axes d'ordonnées où les valeurs de la pluviométrie sont portées à une échelle double de celle des températures ($P = 2T$). Ces valeurs fluctuent en fonction des mois qui sont représentés sur l'axe des abscisses (Bagnouls et Gausсен, 1957). D'après la figure, la période sèche dans la région de Skikda est étalée en fait, sur quatre mois : de mi-mai à mi-septembre.

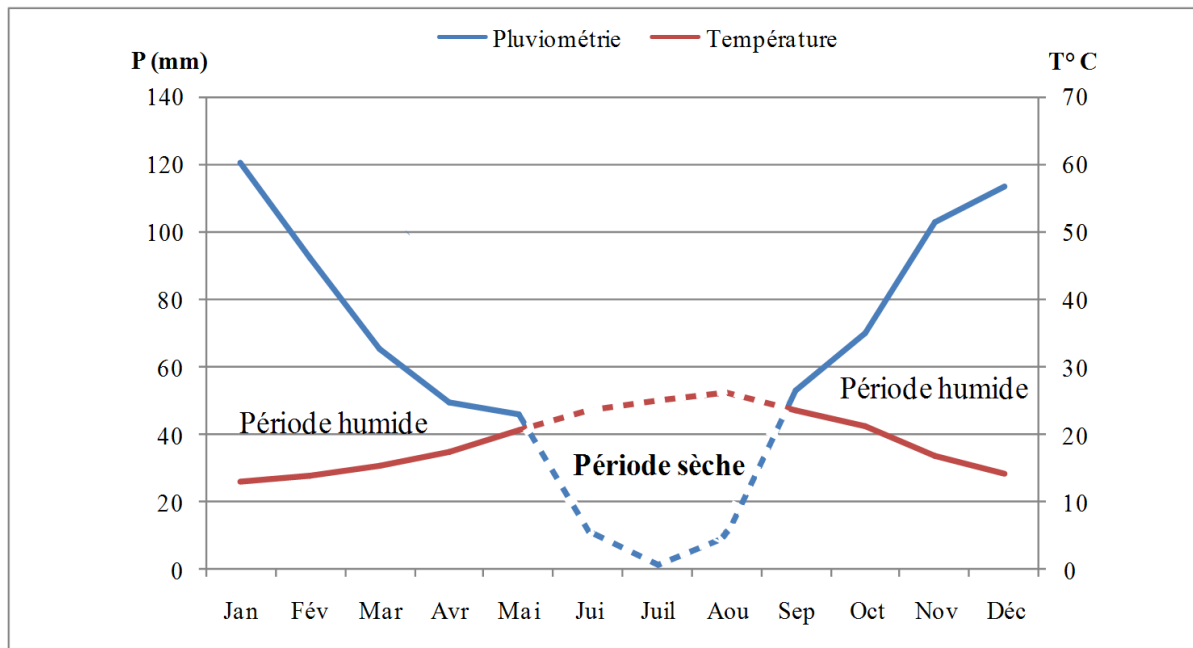


Figure II.2. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен pour la station de Skikda (1997-2019).

- **Quotient pluviothermique d'Emberger**

C'est un indice utilisé pour définir les cinq (5) types de climat méditerranéen du plus aride jusqu'à celui de haute montagne, en se basant sur le régime des précipitations et des températures (Emberger, 1955). Il est déterminé à partir de la formule suivante :

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

$$Q_2 = \frac{2000 P}{M^2 - m^2}$$

- ❖ **Q₂** : quotient pluviométrique modifié d'Emberger.
- ❖ **P** : Pluviométrie annuelle moyenne exprimée en millimètres (mm).
- ❖ **M** : Températures des maxima du mois le plus chaud en Kelvins (°K).
- ❖ **m** : Températures des minima du mois le plus froid en Kelvins (°K).
- ❖ T°K = T°C + 273,2.

En fait, le climagramme d'Emberger permet une comparaison aisée et rapide entre plusieurs stations étudiées et est facile à interpréter : plus les valeurs du Q₂ sont grandes, plus les régions étudiées sont humides. Après le calcul du quotient pluviométrique d'Emberger en appliquant les valeurs de la formule donnée ci-dessus, nous avons obtenu la valeur suivante : Q₂ = 124,1. Cette valeur signifie que le complexe de Guerbes-Sanhadja est projeté dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver chaud (Figure II.3).

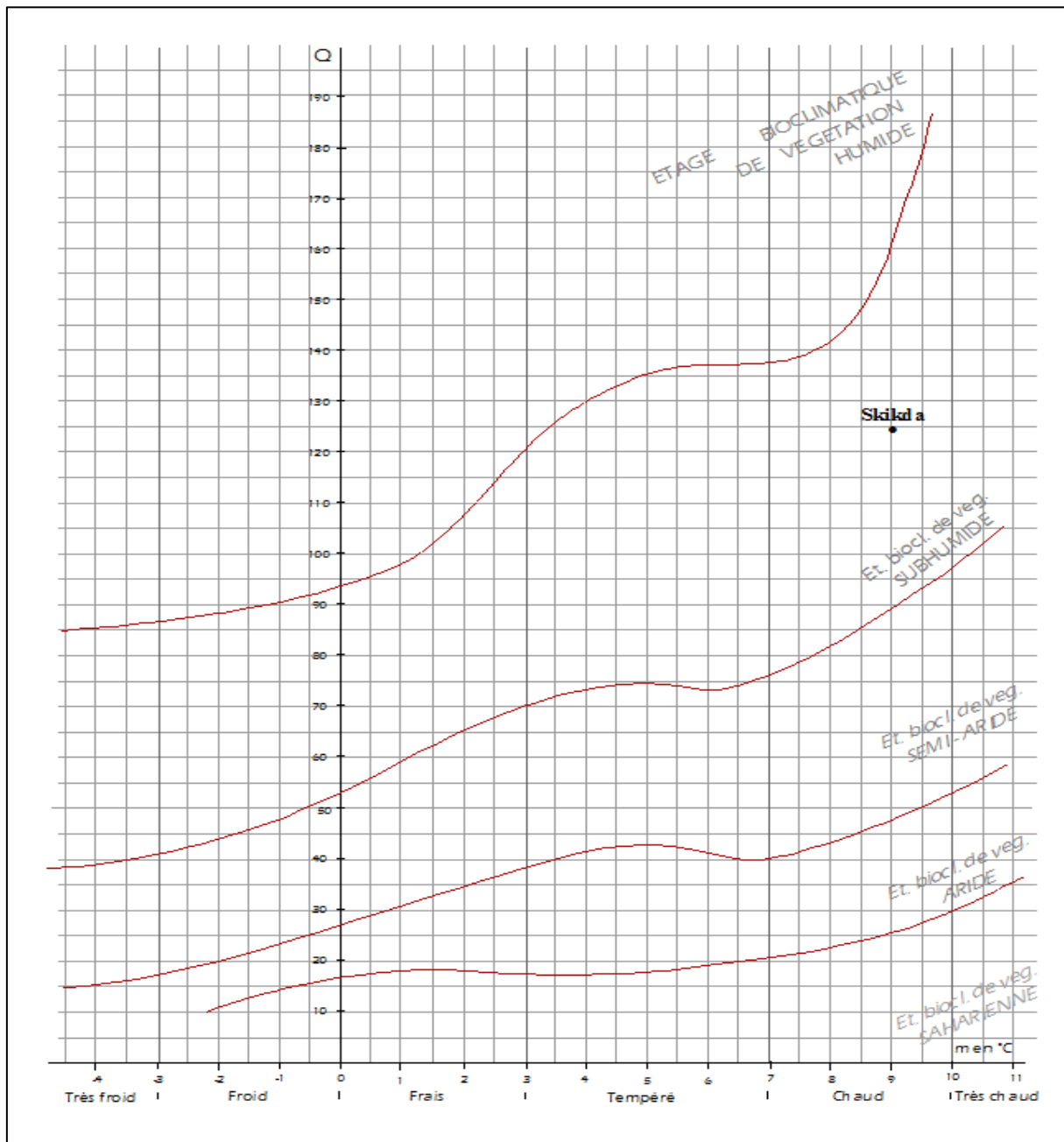


Figure II.3. Climagramme d'Emberger pour la station météorologique de Skikda (1997-2019).

II.6. Cadre biotique

II.6. 1. Richesse floristique

Selon Samraoui & De Belair (1997), la diversité biologique du complexe de Guerbes –Sanhadja est caractérisée par une très grande richesse floristique, estimée à 89 espèces appartenant à 43 familles dont les familles les plus représentées sont : les Poacées, les Syperacées, les Apiacées et les Renonculacées. Trois espèces sont considérées comme rares :

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

Salvinia natans, *Alternanthera sessilis* et *Lippia nodiflora*. Ainsi, Metallaoui (2010) a inventorié à Garaet Hadj Tahar seule un total de 194 espèces végétales appartenant à 62 familles dont pratiquement la moitié est considérée comme espèce rare et très rare et d'autres dont la présence n'est pas signalée en Algérie.

Le complexe renferme également, avec les zones humides d'El Kala et d'Annaba, des aulnaies marécageuses et ripicoles importantes, avec une richesse spécifique atteignant les 372 espèces végétales appartenant à divers types biologiques (hélrophytes, amphiphytes, hydrophytes, thérophytes, phanérophytes, etc.) et composée de nombreuses espèces assez rares, rares, très rares et rarissimes. Ainsi, ces aulnaies renferment toutes les strates (arborescente, arbustive et herbacée) qui forment avec les autres compartiments du milieu une mosaïque d'habitats et représentent ensemble un mélange d'espèces végétales d'origines biogéographiques variées (Belouahem-Abed *et al.*, 2009).

La flore appartient au domaine mauritanien méditerranéen, secteur numidien. Elle regroupe des espèces d'origines biogéographiques diverses : tropicales (*Scirpus inclinatus* Asch. et Schweinf.), méditerranéennes (*Isoetes velata* L.), européennes (*Veronica scutellata* L.), endémiques nord-africaines (*Linum numidicum* L.), eurasiennes (*Elatine alsinastrum* L.), paléo-tempérées (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Trapa natans* L.), subtropicales (*Cyperus esculentus* L.) et afrotropicales (*Polygonum senegalense* Meisn.). Parmi ces espèces végétales, il existe des espèces à degré de rareté élevé ; les espèces très rares (RR) sont plutôt d'origines tropicale et eurasienne ; espèces rarissimes (*Odondites lutea* (L.) Clairv., *Veronica scutellata* L.), très rares (*Elatine hydropiper* L., *Naja graminea* L., *Bidens tripartita* L.), rare (*Carex gracilis* R. Br.) et endémique (*Genista ulicina* Spach.) (Toubal *et al.*, 2014).

II.6. 2. Richesse faunistique

Le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja fait partie de la Numidie algérienne. Selon Khelifi (1999) (in Belouahem-Abed, 2012), la présence des aulnaies dans la Numidie algérienne marque le caractère humide de la région. Les zones humides demeurent des milieux très favorables à de nombreuses espèces animales vertébrées mais surtout des invertébrés : des insectes (diptères, éphéméroptères, coléoptères, hémiptères, lépidoptères, odonates "libellules" et des collamboles), ainsi que plusieurs arachnides, des mollusques et des plathelminthes... Tous ces êtres vivants sont abondants en raison de la grande diversité de la nourriture (plancton, algues et végétaux supérieures).

Certains amphibiens (06) espèces de crapauds y pendent en masse, exemples : le crapaud vert (*Bufo verdis*), le crapaud mauritanien (*Bufo mauritanicus*) ainsi que la grenouille appelée (*Rana saharica*). En plus de ces espèces, les zones humides de Guerbes-Sanhadja abritent les espèces : *Pleurodeles poiretii*, *Discoglossus pictus*, *Pseudepidalea boulengeri*, *Hyla meridionalis* et *Pelophylax saharicus*. Le complexe est l'un des derniers sanctuaires du triton de Poiret *Pleurodeles poireti*, qui est une espèce endémique algérienne limitée au djebel Edough et à ses environs immédiats (espèce avec un déclin marqué). Il est à noter la présence de *Gambusia holbrooki*, espèce introduite, largement répandue à travers le complexe et l'empoisonnement des retenues collinaires avec de la carpe commune *Cyprinus carpio*. On y trouve également un grand nombre de reptiles, exemple : la couleuvre à collier (*Natrix natrix*) et de nombreuses tortues d'eau comme (*Moremis leprosa*) très abondante dans le Maghreb ainsi que la cistude : tortue aquatique qui vit surtout dans la vase et les marais (Belouahem-Abed, 2012 ; Toubal *et al.*, 2014).

Concernant les mammifères et malgré l'absence d'une étude systématique menée à ce domaine, il est à noter la présence de quelques exemples : le sanglier *Sus scrofa*, le chacal *Canis aureus*, la mangouste *Herpestes ichneumon*, la genette (*Genetta genetta*), la belette *Mustela nivalis*, le hérisson d'Algérie *Atelerix algirus* et le musaraigne *Crocidura sp* (Toubal *et al.*, 2014).

La région de Guerbes-Sanhadja représente un véritable sanctuaire faunistique (Samraoui & de Belair, 1997 ; Metallaoui, 2010, Metallaoui *et al.*, 2013). Plusieurs espèces d'oiseaux y nichent ou passent l'hiver. L'avifaune aquatique est représentée par 54 espèces appartenant à 17 familles et avec des effectifs importants des individus. Les Anatidés (15 espèces et plus de 8500 individus) dont les plus importants sont le canard siffleur *Anas penelope* (2320 individus), le Canard chipeau *Anas strepera* (1710 individus) et le Canard souchet *Anas clypeata* (1350 individus). Parmi ces espèces, il ya deux espèces figurant sur la liste rouge des espèces menacées de l'UICN : l'Érismature à tête blanche *Oxyura leucocephala* et le Fuligule nyroca *Aythya nyroca* et dont les effectifs hivernants atteignent respectivement 67 et 850 individus et comptent parmi les nicheurs sédentaires dans les plans d'eau du complexe. Les Rallidés sont représentés principalement par la Foulque macroule *Fulica atra*, dont l'effectif dépasse 10 000 individus (Metallaoui et Houhamdi, 2008).

Enfin, en plus de ces animaux, Il est à noter également qu'il y a d'autres animaux dont la présence est liée à l'existence de connections entre les marais et les autres

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

compartiments de l'hydrosystème de cette région. Ainsi, les forêts alluviales et les plans d'eau constituent le territoire de chasse de groupes d'animaux fréquentant d'autres biotopes comme les chauves-souris (Rolandez, 1990 *in* Belouahem-Abed, 2012).

II.7. Les principales zones humides du complexe

Selon Samraoui & De Belair (1997) et Metallaoui (2010), Le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja renferme 31 sites humides distribués entre les divers plans d'eau (lacs, mares et marais, marécages, étangs, lagunes), les aulnaies humides, les canaux et les différentes parties des cours d'eau. Les principales zones humides sont résumées dans le tableau ci-dessous (Tableau II.1).

Tableau II.1. Les principales zones humides de l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja.

Nom du site	Coordonnées géographiques	Type de zone humide
Garaet Aïn-Magroun	36°50'225 N, 7°16'943 E	Marais d'eau douce d'environ 9 ha
Garaet Boumaïza	36°49'155 N, 7°18'975 E	Marais temporaire d'environ 70 ha
Garaet Sidi Lakhdar	36°54'780 N, 7°12'055 E	Marais d'eau douce d'environ 25 ha
Garaet Haouas	36°58' N, 7°18' E	Marais d'environ 260 ha
Garaet Beni M'Hamed	36°57' N, 7°16' E	Marais d'eau salée d'environ 380 ha
Nehaa Khellaba	36°5'516 N, 7°17'576 E	Aulnaie d'environ 75 ha, avec une largeur de 200 à 300 m et longueur de 3 à 4 km
Nehaa Demnat Attaoua	36°56' N, 7°14'780 E	Aulnaie + marais avec une surface d'environ 280 ha
Lac Sidi Fritis	36°53'975 N, 7°17'437 E	Lac + broussaille marécageuse avec une surface d'environ 40 ha
Garaet Chichaya	36°53'791 N, 7°18'230 E	Marais d'eau douce d'environ 50 ha
Garaet Sidi Makhlof	36°53'094 N, 7°18'248 E	Marais d'eau douce d'environ 50 ha
Garaet Dissia	36°55'349N, 7°15'284E	Marais d'eau douce de 1,5 ha
Oued Maboun	36°50'345N, 7°17'313E	Cours d'eau
Garaet la Marsadelle	37°00'815N, 7°15'637E	Lac inter-dunaire s'ouvrant vers la mer d'environ 10 ha

Garaet Bordj du Cantonnier	36°52'168N, 7°22'760 E	Marais d'eau douce ne dépassant pas les 2 ha
Garaet Tacha	36°51'979N, 7°23'587E	Un marais étroit d'eau douce de 0,5 ha
Garaet El Loughat	36°50'N, 7°17'E	Marais de 38 ha d'eau douce
Garaet Bechna	36°53'082N, 7°17'802 E	Marais d'eau douce de 2 ha
Garaet aux Linaires	36°52'N, 7°18'E	Marais d'eau douce de 0,5 ha
Garaet Bouina	36°53'490N, 7°17'574E	Marais d'eau douce de 25 ha
Garaet Nouar Ezzouaoua	36°54'188N, 7°12'463 E	Marais réduit en mares avec une surface de 13 ha
Garaet Ain Nechma	36°48'837N, 7°16'728 E	Ensemble de mares et marais avec une surface de 18 ha
Garaet aux Oliviers	36°50'N, 7°18'E	Marais d'eau douce de 2 ha
Lagune d'Oued El Kébir	36°59'N, 7°16 E	Lagune de 1 ha occupant l'ancien méandre d'Oued El Kébir
Les rives d'Oued El Kébir	/	Un système méandreux avec des forêts riveraines humides
Garaet El Guelb	36°53' 206 N, 7°18'538 E	C'est une dépression de 15 ha marécageuse dans la vallée d'Oued Esseghir.
Garaet Ouajaa	36° 53' 192 N, 7° 18' 963 E	Une autre dépression marécageuse située dans le Nord Ouest de Oued Esseghir.
Le canal de Sidi Makhoulf	36° 53' 295 N, 7° 18' 478 E	un canal construit par les agriculteurs.
Garaet El Azla	36° 59' 477 N, 7° 19'541 E	C'est une mare temporaire de 0,5 ha située dans le lac de la Marsadelle,
Garaet Hadj Tahar	36° 51' 50 N, 7° 15'57 E	Marais d'eau douce permanent d'environ 112 ha.



Figure II.4. Zone humide de type « garaet » au niveau de Garaet Zaouia dans le complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja (photo prise par S. Babouri, le 10/04/2018).



Figure II.5. Zone humide marécageuse annexe de Garaet Chichaya, Guerbes-Sanhadja (photo prise par S. Babouri, le 08/05/2019).

II.8. Aspect socio-économique

Le secteur de Guerbes-Sanhadja est à caractère rural dont la population qui est estimée 270000 habitants en 2008, se répartit entre cinq agglomérations : Boumaiza, Ain-Nemcha, Zaouia, Hama et Ben Azouz. Parmi ces habitants, il y a 49,6 % des habitants sont en âge de travailler (19 à 59 ans).

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

D'une manière générale, l'agriculture représente le secteur le plus vif et dominant, qui représente 67,77 % des emplois, suivie par l'industrie (12,01 %) et (26,20 %) pour les autres secteurs. C'est à cause du nombre relativement faible d'emplois que l'extension anarchique de l'agriculture a été générée, avec des défrichements à grande échelle donnant une place importante à des cultures saisonnières rentables (pastèque, tomate, poivron). Sur la période (2003-2007), les cultures industrielles restent cependant dominantes (3700 ha), devant les cultures maraîchères (1400 ha) et celles des céréales (900 ha). Ainsi, Une mutation et une spécialisation de l'agriculture sont perceptibles surtout depuis 1992, avec l'installation d'unités de transformation agro-alimentaires (conserveries de tomate), l'orientation se faisant vers la production la plus lucrative. Il est à remarquer que dans les cultures maraîchères d'été, la quasi-monoculture de la pastèque sollicite l'eau de Guerbes, mettant ainsi en péril son équilibre naturel (Toubal *et al.*, 2014).

En plus des activités agricoles, la région est qualifiée d'être un lieu de pâturage des forêts non contrôlé en été et en automne et dans les zones humides en hiver et au printemps (plus de 49000 bovins et ovins en pâturage extensif en 2004) (D. G. F., 2007).

Enfin, il est à noter que le secteur connaît un développement continu de l'urbanisation et des infrastructures routières, avec un degré d'artificialisation des milieux relativement important, surtout que les défrichements se poursuivent (Toubal *et al.*, 2014).



Figure II.6. Culture des tomates dans la commune de Ben Azzouz au niveau de l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja (photo prise par S. Babouri, le 10/04/2018).

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.



Figure II.7. Elevage bovin au niveau de Guerbes-Sanhadja (photo prise par S. Babouri, le 10/04/2018).

II.9. Menaces et pressions anthropiques

La croissance démographique avec l'expansion des habitations et la stratégie nationale de développement agricole reposant sur l'intensification de l'agriculture et la promotion des investissements à ce domaine, font peser des menaces importantes sur ce complexe et contribuent à la dégradation des caractéristiques écologique de ces milieux naturels.

La pollution au niveau des bassins versants de l'hydrosystème local menace directement les zones humides de ce complexe. De 23 agglomérations de plus de 10000 habitants y déversent environ 10500 m³ de rejets d'eaux usées en grande partie dans les oueds et les rivières (D. G. F., 2007).

Les terres forestières qui sont majoritairement représentées par les maquis couvrant à environ 38 % de la surface totale du territoire, subissent en grande partie les défrichements pour installer les cultures estivales de tomate et de poivron. Le système dunaire continental subit également le défrichement au profit des cultures estivales de pastèque, ce défrichement combiné à l'abandon de l'agriculture traditionnelle, au développement des constructions routières favorisant l'accès aux dunes et leur exploitation sablière dans la partie sud, provoquent la fragilisation de ces dunes et pourraient entraîner l'ensablement des agglomérations et de terres cultivées. En effet, la daïra de Ben Azzouz en subit déjà les

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

conséquences. La nature sableuse des sols, les cultures inappropriées dans le sens de la pente, les incendies, l'exploitation des espèces ligneuses et le déboisement des berges des cours d'eau et le pâturage non contrôlé dans la forêt et les zones humides, tous ces problèmes favorisent l'érosion éolienne qui affecterait déjà 42 % de la zone.

La réserve hydrique importante du système dunaire est appauvrie progressivement à cause des pompes intensifs exercés pour l'irrigation des cultures estivales et les méthodes d'irrigation par aspersion pratiquée en plein jour qui favorisent de fortes pertes par évaporation. Cette perte excessive d'eau pourrait affecter la disponibilité d'eau douce pour la population.

En plus de ces problèmes et pressions anthropiques, l'utilisation excessive des produits sanitaires et l'absence d'une politique claire en matière d'application de la législation (régime foncier agricole, exploitation des ressources en eau, gestion forestière, etc.) constituent d'autres menaces qui pèsent sur le site (D. G. F., 2007).

Selon Toubal *et al.* (2014), L'action individuelle ou conjuguée de ces facteurs perturbe l'équilibre biologique. Le résultat en est la réduction de la superficie des zones humides, la dégradation des formations végétales, leur appauvrissement floristique et faunistique et par voie de conséquence, la pauvreté de la population et son exode vers les grandes villes.

Chapitre III.
Matériel & méthodes

III.1. Le modèle biologique

Notre étude menée au niveau de l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja ne concerne qu'un seul modèle biologique : la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia* Linné, 1758), famille : *Ciconiidae*, ordre : *Ciconiiformes*. Plus précisément, c'est la sous espèce *Ciconia ciconia ciconia* qui niche généralement en Afrique du Nord (du Maroc à la Tunisie) et dans la partie méditerranéenne de l'Algérie des plaines du littoral jusqu' aux hauts-plateaux steppiques.

III.2. Répartition des colonies et choix des sites d'échantillonnage

La Cigogne blanche est une espèce bien connue dans la wilaya de Skikda où un certain nombre de ses nids étant dispersé dans l'espace sous forme de colonies. Dans le complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja, il existe une importante population nicheuse, son écologie et surtout sa dynamique reste néanmoins mal connue. Dans le but de suivre la dynamique de cette espèce et après avoir effectué un recensement préliminaire des nids en 2017, nous avons sélectionné certaines colonies (échantillons) à étudier systématiquement. Le recensement des nids au niveau de ces colonies est effectué à partir de la saison 2017-2018 en les cherchant continuellement dans tous les endroits possibles et fréquemment utilisés par la Cigogne blanche pour la nidification, comme par exemple : les villages, les milieux ouverts, les prairies humides, les poteaux et pylônes électriques près des cultures, les arbres qui jouxtent les zones humides, etc. Ces colonies sont localisées dans des sites de reproduction de l'espèce où elle nidifie, en construisant des nids volumineux sur les différents supports disponibles et passe la phase de reproduction dès l'arrivée des couples nicheurs en hiver jusqu'à l'envol des jeunes et le départ en migration postnuptiale vers la fin d'été. La distinction de ces colonies est basée sur le fait qu'un nombre de couples de cigognes blanches se partagent le même site qui est caractérisé par un certain type d'habitat, par exemple : une population de cigognes blanches concentrée dans un milieu suburbain, dans un village, dans un milieu agricole, etc. donc il existe un certain éloignement entre les colonies qui sont dispersées dans la zone d'étude.

Nous avons choisi sept (7) (colonies) (Figure III.1) pour un échantillonnage systématique où plusieurs paramètres ont été étudiés tels que : les fluctuations temporelles des effectifs et du nombre des couples nicheurs, chronologie d'installation de l'espèce, exploitation des milieux trophiques et dispersion des individus dans l'espace, fécondité et plus de détail sur les nids recensés (nature de support du nid, hauteur du nid par rapport au sol...). Les sept colonies sont réparties sur trois (3) communes dont deux (2) appartiennent à la

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

wilaya de Skikda (les communes de Ben Azzouz et de Djendel Saadi Mohamed) et l'autre fait partie de la wilaya d'Annaba (la commune de Berrahal). La plupart des colonies est localisée dans la commune de Ben Azzouz (Tableau III.1).

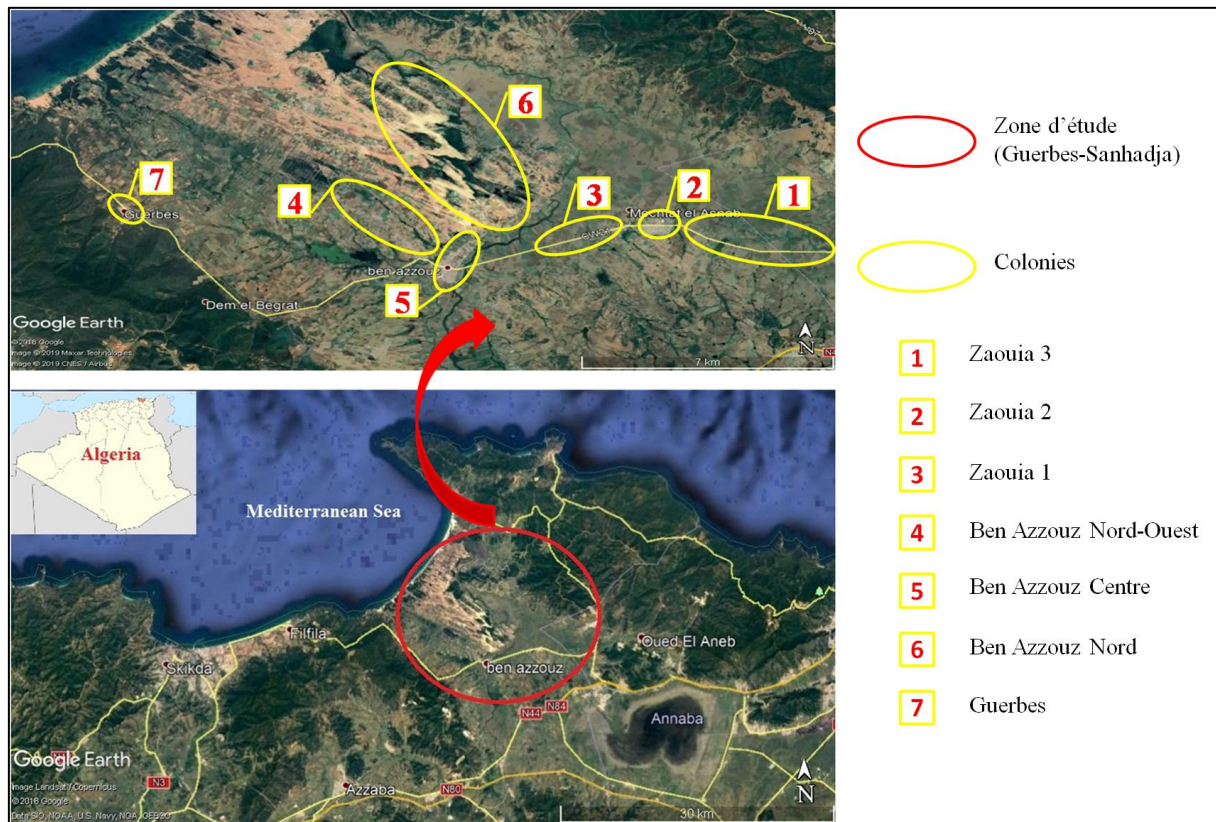


Figure III.1. Localisation géographique et répartition spatiale des colonies de la Cigogne blanche dans l'éco-complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja.

Tableau III.1. Distribution communale des colonies de la Cigogne blanche dans l'éco-complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja.

Commune (wilaya)	Nombre de colonies	Noms des colonies
Berrahal (Annaba)	1	Zaouia 3
Ben Azzouz (Skikda)	5	Zaouia 2 ; Zaouia 1 ; Ben Azzouz Centre ; Ben Azzouz Nord-Ouest ; Ben Azzouz Nord
Djendel Saadi Mohamed (Skikda)	1	Guerbes

Les sept (7) colonies échantillonnées sont localisés plutôt dans la partie centrale de l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja, c'est-à-dire aux environs de la commune de Ben Azzouz (36° 51' N, 7° 17' E) - chef-lieu de la daïra de Ben Azzouz - qui occupe la plupart de la surface de cet éco-complexe (239 km²). Cette zone comprend 3 colonies dans la région de Ben Azzouz (la région la plus centrale) : Ben Azzouz Centre, Ben Azzouz Nord-Ouest et Ben Azzouz Nord et 3 autres (Zaouia 1, Zaouia 2 et Zaouia 3) dans la région de Zaouia (Mechtat El Asnab ou Zaouia V.S.A.) qui se situe à environ 5 km dans la partie Est de Ben Azzouz. La dernière colonie (Guerbes) est localisée dans la région de Guerbes à environ 11 km dans la partie Ouest de Ben Azzouz, cette région fait partie de la commune de Djendel Saadi Mohamed (36° 48' N, 7° 11' E), daïra d'Azzaba. Les trois régions sont reliées par la route CW21 qui joint la ville de Filfila avec le village de Ben Azzouz.

Le choix des colonies est basé essentiellement sur un seul critère : l'accessibilité aux sites (routes et pistes, moyens de transport, possibilité de déplacement libre sur le site et visibilité des nids). Ce critère permet également une exploitation idéale du temps nécessaire pour compléter l'échantillonnage dans les limites de la durée souhaitée.

III.3. Description des sites de reproduction de la Cigogne blanche

La distribution des espèces à la surface du globe n'est pas aléatoire mais dépend des facteurs écologiques et des préférences ou des potentialités des organismes. Pour cela, les scientifiques ont essayé d'identifier des facteurs qui expliqueraient la répartition spatiale actuellement observée (Lévêque & Mounolou, 2008). Pour une espèce donnée, le terme (habitat) désigne le lieu où elle vit y compris ses dimensions biotiques. Un même biotope peut enfermer un nombre d'autant plus important de microhabitats qu'il est plus hétérogène (Ramade, 2008). Il est donc très utile, de faire une description et une caractérisation de l'environnement de chaque colonie de la Cigogne blanche, en y attribuant les données spatialisés et temporelles qui résultent en fait de l'impact des différents facteurs écologiques (biotiques et abiotiques) et anthropiques sur les milieux naturels. Cela nous permettrait de comprendre la préférence et/ou l'adaptation de cette espèce avec son environnement et de formuler d'éventuels modèles qui expliquent sa dynamique à travers l'analyse statistique de ces données environnementales et des autres paramètres démographiques.

La description concerne les sites de reproduction de la Cigogne blanche y sont dispersées les sept colonies déjà mentionnées, ils représentent des sites pour la nidification et l'alimentation des individus de cette espèce. Les sites sont localisés dans le même secteur

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

géographique qui est le complexe de Guerbes-Sanhadja. Cette zone, qui regroupe en général les mêmes caractéristiques, donc il est difficile de suivre le gradient de certains facteurs écologiques comme la température et les précipitations, contrairement aux autres études effectuées en grande échelle où ce gradient peut être mis en évidence et cela permet une bonne comparaison (exemple : comparaison entre wilayas ou écorégions algériennes). Ici, nous nous intéressons plutôt sur les descripteurs majeurs qui nous donnent une information globale sur la nature et la structure de l'habitat de chaque site (types des milieux, les formations végétales dominantes, nature des cultures, degré d'urbanisation, hydrographie et autres facteurs topographiques) et nous permettent de distinguer les différents facteurs ou paramètres qui pourraient agir sur la dynamique de cet oiseau.

Le tableau ci-dessous (Tableau III.2) illustre quelques informations sur les sites étudiés, les textes après expliquent les caractéristiques de chaque site. Les informations concernant la description des sites ont été collectées à l'aide du logiciel Google Earth Pro 2019 (Version 7.3.2.5776.), d'une carte d'occupation des sols de l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja réalisée par Toubal *et al.* (2014), des observations personnelles sur terrains et des enquêtes réalisées avec les habitants et les agriculteurs locaux qui sont très utiles.

Tableau III.2. Quelques informations sur les sites de reproduction de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) au niveau de l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja.

Site de reproduction	Chef-lieu du site et attitude	Situation administrative	Altitude (m)	Distance par rapport à la mer (km)
Ben Azzouz Centre	Ben Azzouz (36° 51' N, 7° 17' E)	Commune de Ben Azzouz, daïra de Ben Azzouz, wilaya de Skikda	17	12
Ben Azzouz Nord-Ouest	Bordj du Caïd Lakhdar (36° 51' N, 7° 17' E)	Commune de Ben Azzouz, daïra de Ben Azzouz, wilaya de Skikda	20-35	10
Ben Azzouz Nord	Mechtat Ouled Malek (36° 52' N, 7° 18' E)	Commune de Ben Azzouz, daïra de Ben Azzouz, wilaya de Skikda	8-30	6
Zaouia 1	Village El Dahrania (36° 52' N, 7° 20' E)	Commune de Ben Azzouz, daïra de Ben Azzouz, wilaya de Skikda	12	15

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

Zaouia 2	Zaouia (36° 53' N, 7° 20' E)	Commune de Ben Azzouz, daira de Ben Azzouz, wilaya de Skikda	12-17	15
Zaouia 3	Zaouia (36° 53' N, 7° 20' E)	Commune de Berrahal, daira de Berrahal, wilaya d'Annaba	6-12	16
Guerbes	Village de Guerbes (36° 51' N, 7° 12' E)	Commune de Djendel Saadi Mohamed, daira d'Azzaba, wilaya de Skikda	40-100	5

Site de Ben Azzouz Centre

C'est un milieu semi rural situé au milieu de l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja. Le village de Ben Azzouz représente le siège de la mairie de Ben Azzouz chef-lieu de la daïra de Ben Azzouz. Il est la deuxième plus grande localité (après Boumaïza) en terme de population que compte la daïra (recensement 2008). La surface du milieu bâti est d'environ 1 km², les types des constructions humaines sont représentés par les bâtiments et maisons, établissements, boutiques et magasins et un réseau de routes et pistes. Le milieu est peuplé et vif le jour ce qui forme un certain bruit causé par l'activité des gens et le passage des véhicules. La plupart des constructions renferme des toits modernes qui ne soutiennent pas la nidification de la Cigogne blanche, excepté ceux qui portent les antennes de télécommunication qui sont peu nombreux alors que les poteaux électriques dominants sont de type bétonnés. Le village de Ben Azzouz est situé dans une plaine drainée par Oued El Kebir Ouest - le cours d'eau principal du complexe - plus précisément dans sa rive gauche, cette région est caractérisée par la présence des cultures maraichères saisonnières qui entourent le village (surtout dans sa partie est) dont les plus observées durant la période de notre étude étaient : tomate, poivron, haricot et haricot vert (mange-tout), pastèque, melon et autres légumes d'été. Cet aspect agricole n'exclut pas de trouver des cultures abandonnées et des terres agricoles non cultivées. La région est caractérisée également par la présence de pelouses à quelques endroits, ripisylve à aulne, orme et frêne sur les berges d'Oued El Kebir et quelques parcelles de maquis à olivier et lentisque.



Figure III.2. Vue générale du village de Ben Azzouz (image satellite de Google Earth, 2019).

Site de Ben Azzouz Nord-Ouest

Un petit village situé au nord-ouest et proche de Ben Azzouz et à environ 1 km au nord-est de Garaet Hadj Tahar. C'est un milieu moins bâti par rapport à Ben Azzouz mais il reste quand même vif à cause des activités des agriculteurs et le passage continu de leurs véhicules. Il existe une seule route principale sur les bords de laquelle s'installent les maisons des habitants locaux. Il devient plus rural dans sa partie est et chaque fois on avance vers le nord où on peut trouver d'anciennes maisons et de biotopes bocagers. Le milieu montre un mélange entre les sols nus, les friches, les pâtures et quelques espaces cultivés. On note le manque des milieux humides et le sol devient progressivement sableux qu'on avance vers le nord. Le déplacement sur le site nous a permis de constater la présence remarquable de framboisiers surtout aux extrémités de la route.



Figure III.3. Vue générale du site Ben Azzouz Nord-Ouest (image satellite de Google Earth, 2019).

Site de Ben Azzouz Nord

Situé au nord de Ben Azzouz, à partir de Mechtat Ouled Malek (un petit village localisé à quelques centaines de mètres au nord de Ben Azzouz), jusqu'à proximité de la partie sud-est de Garaet Messaoussa en poursuivant une route secondaire qui vient de la route CW21 au centre de Ben Azzouz, cela fait un trajet d'environ 8 km sur le site. Cette route est la seule principale dans la région, autour de laquelle se dispersent les maisons et champs des habitants locaux ce qui révèle le caractère rural du site qui est en général calme et avec une infrastructure faible. Le site est situé dans la rive gauche d'Oued El Kebir, entre sa plaine alluviale et les dunes les plus internes du complexe, ce qui permet l'existence de deux substrats différents : l'un est plus ou moins sableux, l'autre est argileux. Il est le site le plus diversifié en terme de son écologie, il renferme plusieurs types de milieux et d'habitats avec un nombre important de zones humides. Parmi ces milieux on distingue : les ripisylve (à aulne, orme et frêne), les milieux ouverts de la plaine alluviale, les prairies et prairies humides, les forêts de chêne liège (une aire réduite), les dunes, les petits oueds et ruisselets, les milieux agricoles et la quasi-totalité des aulnaies à *Alnus glutinosa* présentes dans le

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

complexe. Parmi les zones humides on distingue : les lacs interdunaires (lac de Sidi Fritis), les biotopes marécageux (Garaet Chichaya, Garaet Sidi Makhlouf), les marais d'eau douce (Garaet El Guelb, Garaet Ouadja) et le canal de Sidi Makhlouf. Le paysage de ces zones humides et en particulier de ces plans d'eau change en général en été à cause du pompage excessif exercé par les agriculteurs, la plupart desquels perd donc ses eaux et se transforme en prairies temporaires et cela peut être accentué ou non selon les quantités annuelles des précipitations.

Le site est un excellent milieu pour l'agriculture où on peut trouver jusqu'à 2000 ha des terres agricoles cultivées, c'est le site de pomme de terre en hiver et la plupart des cultures maraîchères estivales, surtout des tomates et des haricots mange-tout. On peut trouver également la présence des vergers autour des maisons comme les vignes, les orangers et autres agrumes.



Figure III.4. Images satellites du site Ben Azzouz Nord (Google Earth, 2019).

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

Description de la région Zaouia

La région de Zaouia (appelée encore Zaouia V. S. A. ou Mechtat El Asnab) est un milieu semi rural et agricole localisé à l'est de Ben Azzouz, dans la plaine située entre Oued Magroun et Oued El Kebir. Au milieu de cette zone se trouve le village de Zaouia qui est traversé par la route CW21 qui vient de Ben Azzouz, cette agglomération abrite une population de 4102 habitants selon le recensement 2008. En fait, le village est composé de deux agglomérations circonvoisines : la première agglomération est plus proche de Ben Azzouz, c'est un petit village appelé localement (village El Dahrania) ou (Zaouia Laoula) ; la deuxième est plus grande, c'est le village de Zaouia proprement dit. Zaouia est la zone de plaine et des milieux ouverts et est très exposée aux vents, où l'agriculture et le pâturage représentent les principales activités économiques. Elle comprend en grande partie les cultures maraichères, les prairies et prairies humides. On peut trouver également des forêts riveraines constituées principalement du frêne et orme qui entourent les petits cours d'eau, quelques espaces du maquis à oléo-lentisque, petits ruisselets et quelques dépressions qui forment de petits plans d'eau entre lacs, marais et mares dont les principaux sont : Garaet Dissia, Garaet Greaat, Garaet Zaouia et Garaet Moussissi.

En période d'hiver qui s'étend de Décembre vers Mars, la majorité des terres agricoles n'est pas labourée (pas cultivées) à cause des crues, elles sont utilisées comme des prairies pour le pâturage. Néanmoins, on peut trouver en faible quantité des cultures locales comme : petits-poids, fève, oignon, cacahuète et des cultures céréalières de blé dur et d'orge. A la période de Mars vers l'automne, les activités agricoles s'intensifient et la majorité des cultures est représentée par des tomates qui peuvent dépasser les 500 ha. Les autres cultures sont : le poivron, haricot et haricot vert, melon, pastèque, courgettes et poids-chiches. Malgré le caractère agricole de cette région, nous avons remarqué durant la période de notre étude la présence d'un nombre important de terres arables non cultivées et des friches et la plupart des cultures s'intensifie près des cours d'eau.

La région Zaouia comprend trois (3) sites (colonies) de la Cigogne blanche : Zaouia 1, Zaouia 2 et Zaouia 3.

Site de Zaouia 1

Il regroupe la petite agglomération du village El Dahrania et la zone éparse située entre ce village et le village de Ben Azzouz. Il est avec une infrastructure faible, présent dans un milieu agricole dominé par les cultures maraichères en été et moyennement les cultures

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

céréalières en période humide. On peut trouver également de petits jardins autour des maisons, de petites surfaces occupées par le maquis à oléo-lentisque et quelques points humides dans sa partie Sud et dans la zone d'extension de la ripisylve d'Oued El Kebir. La plupart des terrains présents dans le site est relativement à sec en période estivale.



Figure III.5. Vue générale du site Zaouia 1 (Google Earth, 2019).

Site de Zaouia 2

C'est le village de Zaouia proprement dit et le village principal de la région, proche du village El Dahrana (Zaouia 1) mais plus vaste et dont la surface bâtie est d'environ 0,5 km². Il regroupe des maisons de campagne modernes et maisons en étain avec la dominance des premières et un petit réseau de pistes qui le traversent. Les autres caractéristiques du site ressemblent en général celles du site Zaouia 1.



Figure III.6. Image satellite du site Zaouia 2 (Google Earth, 2019).

Site de Zaouia 3

En fait, ce site inclut deux parties : l'une se trouve dans la région Zaouia (commune de Ben Azzouz) et l'autre (qui domine) dans le domaine géographique de la commune de Berrahal (wilaya d'Annaba). Il commence dès la sortie Est du village Zaouia jusqu'à l'intersection que fait la route CW21 avec celle qui relie le village de Tacha avec la commune de Treat (la route W107). Ici, l'altitude commence à se diminuer dès la sortie du village Zaouia pour atteindre une zone de plaine plus vaste, plus dégagée et plus humide. Le milieu est calme et semi naturel avec une infrastructure très faible, il est caractérisé par la présence remarquable des prairies humides, les prairies marécageuses (temporairement inondées) qui jouxtent les plans d'eau essentiels présents dans le site (Garaet Zaouia et Garaet Moussissi), des petits ruisselets avec une forêt riveraine et un système de mares naturelles et bassins artificiels d'irrigation. Il est caractérisé également par des terrains agricoles partiellement cultivés, des friches et un certain nombre de vergers variés. Enfin, on note que le site représente un lieu de passage et de pâturage pour les troupeaux de bovins.

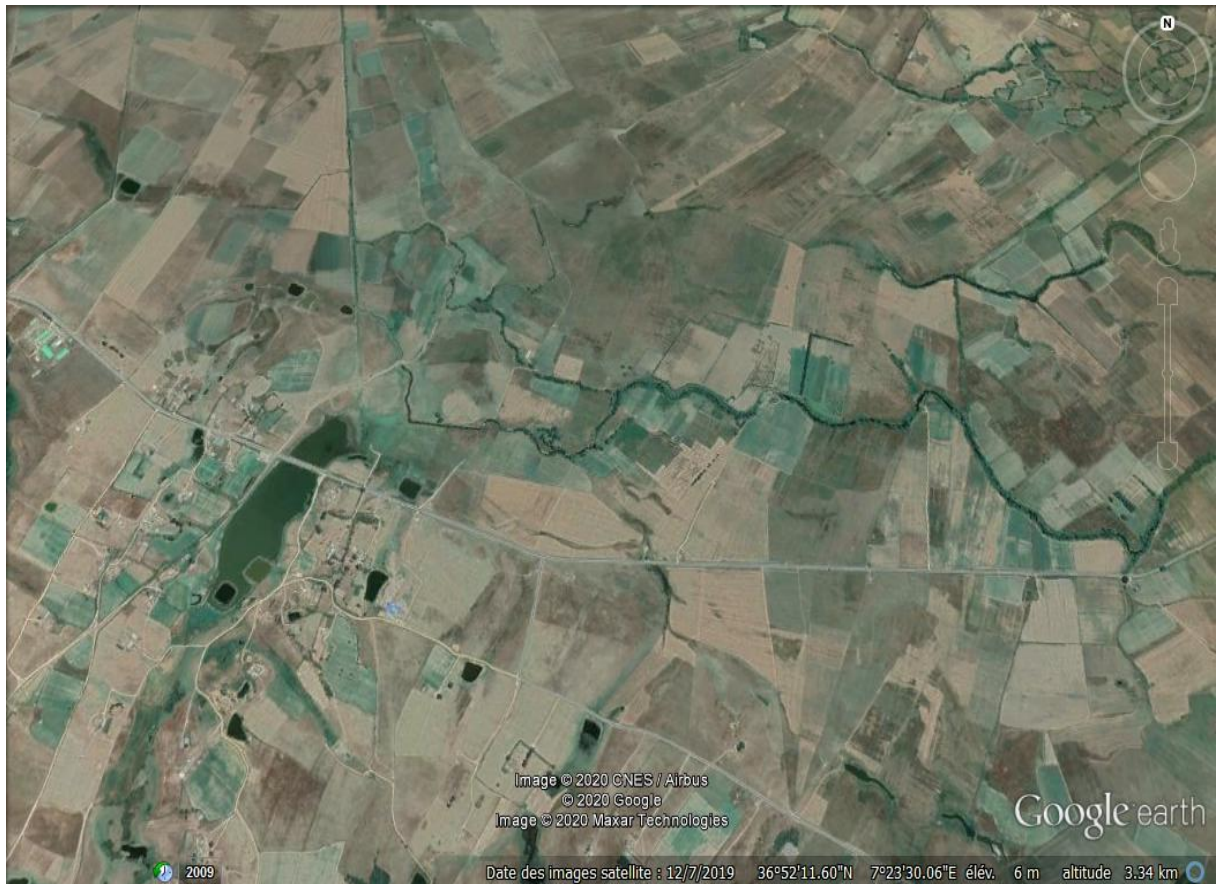


Figure III.7. Vue aérienne du site Zaouia 3 (Google Earth, 2019).

Site de Guerbes

C'est un petit village distant à environ 11 km à l'ouest de Ben Azzouz au milieu de la route CW21 qui joint la ville de Filfila avec le village de Ben Azzouz. Il est situé dans la plaine argileuse de l'éco-complexe comprise entre les forêts de Guerbes et les forêts de Sanhadja, dans un milieu semi forestier dominé par le maquis à bruyère-myrtle et le chêne liège. L'altitude diminue généralement vers l'Est et le Nord où le substrat devient progressivement sablonneux. La partie Est de ce village est caractérisée par des dépressions hydromorphes où se trouve Merdjjet Guerbes qui est formée par des prairies marécageuses à roselières sous forme d'îlots. Le Nord-est du site est occupé par des surfaces importantes cultivées avec un certain nombre de bassins d'irrigation dispersés. L'agriculture est formée essentiellement par les cultures maraichères, céréalières et les légumes secs, on note également la présence remarquable des vergers (surtout des vignobles). En été, le site est connu pour la quasi-monoculture de pastèque qui épuise l'eau de Guerbes. L'élevage est aussi courant dans la région où l'élevage ovin, bovin et l'élevage des poules sont les principaux.

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.



Figure III.8. Le village de Guerbes d'une vue aérienne (Google Earth, 2019).

III.4. Calendrier de déroulement d'étude

La période d'étude s'étale sur deux saisons successives (2017-2018 et 2018-2019). Chaque saison représente la période de reproduction de la Cigogne blanche qui commence dès l'arrivée de l'espèce aux sites de reproduction (généralement le début de l'hiver) jusqu'au départ en migration postnuptiale à la fin d'été. Au cours de cette période, nous avons effectué en total 53 sorties sur terrain. La première et la dernière sortie pour chaque saison représentent respectivement, la date d'arrivée des premiers individus à leurs sites de reproduction et la date où l'espèce soit absente de nouveau dans les sites (0 individus). Le choix d'une date déterminée pour la première sortie est basé sur des renseignements sur l'arrivée de l'espèce aux sites de reproduction et cela peut être effectué à l'aide des gens qui habitent la région en les contactant via des appels téléphoniques, ou grâce à des observations personnelles sur d'autres sites de la région de Skikda.

Pour la saison 2017-2018, 26 sorties ont été effectuées au niveau des sites choisis pour l'échantillonnage et qui ont subi un suivi régulier, la première sortie date le 24 novembre 2017 et la dernière sortie le 18 août 2018. Pour la saison 2018-2019, nous avons effectué 27

sorties dans les mêmes sites sélectionnés pour l'échantillonnage, la première sortie est fixée le 22 décembre 2018 et la dernière faite le 21 septembre 2019.

La répartition des sorties pour chaque saison a été soumise à un échantillonnage systématique. D'une manière générale, il s'agissait d'effectuer trois (3) sorties par mois, les trois sorties sont distribuées sur les trois décades de chaque mois et dans la plupart des cas l'intervalle entre deux sorties successives étant presque dix (10) jours. Le choix des dates des sorties est basé sur les critères suivants :

- Le facteur temps : il faut être libre toute la journée pour compléter le travail sur terrain dans tous les sites concernés.
- Les conditions météorologiques : nous avons essayé d'éviter les jours de fortes pluies et orageux qui perturbent le recensement des individus et le suivi des nids.

Enfin, la durée de chaque sortie est d'environ 8 heures, en général à partir de 8 : 00 jusqu'à 16 : 00, mais la durée consacrée pour chaque site diffère d'un site à l'autre selon les caractéristiques de chaque site échantillonné et la méthode utilisée en étude.

III.5. Méthodes d'échantillonnage et collecte des données

Pour déterminer les facteurs qui affectent une population donnée, il faut collecter des données en utilisant les méthodes d'échantillonnage et les études impliquant un modèle expérimental. Dans la dynamique des populations, les travaux pratiques comportent les études sur terrain qui décrivent une population et ses caractéristiques. Pour estimer l'abondance d'une population, le concept d'échantillonnage fait la base de plusieurs méthodes comme par exemple : échantillonnage par quadrats, la méthode de Bailey (marquer-recapturer), les méthodes de piégeage et les transects. La méthode des transects consiste à se déplacer le long d'un ou plusieurs itinéraires à travers l'aire de répartition d'une population, dénombrer tous les animaux ou les objets intéressants et mesurer les distances perpendiculaires sur les éléments trouvés (J. Quinn, 2014). Les recensements périodiques ont été largement utilisés pour identifier l'abondance des populations et le statut de conservation de plusieurs espèces d'oiseaux. Pour être comparable, un recensement doit être homogène à travers le temps. Néanmoins, cela n'est pas toujours possible. Pour cette raison, les études portant un possible biais sont très utiles pour corriger de telles erreurs (Aguirre, 2008).

Dans le présent travail, nous avons adopté une méthode d'échantillonnage en transects pour recenser et localiser géographiquement les nids et les colonies de la Cigogne blanche. En

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

fait, nous avons pris deux transects principaux : Ouest-Est et centre-Nord par rapport au complexe de Guerbes-Sanhadja en se déplaçant sur les routes principales de cet éco-complexe qui représente l'aire de répartition de la Cigogne blanche, recenser et localiser géographiquement leurs nids à l'aide de l'application Android mobile SW Maps (version 2.7.4.2.).

Dans la première saison (2017-2018), le recensement nous a permis de déterminer les colonies échantillons (Ben Azzouz Centre, Ben Azzouz Nord-Ouest, Ben Azzouz Nord, Zaouia 1, Zaouia 2, Zaouia 3 et Guerbes) où plusieurs paramètres qui font l'objet essentiel de notre étude ont été étudiés dès l'installation des premiers couples. En plus de recensement des nids au niveau de ces sites, un suivi continu des individus sur les nids recensés et sur terrains a été approprié dans chaque sortie. Pendant la saison suivante (2018-2019), nous avons continué le recensement et le suivi des nids et des individus de la Cigogne blanche dans les mêmes sites échantillonnés.

III.5.1. Recensement des nids

Objectif

Pour étudier la dynamique liée aux fluctuations spatio-temporelles de l'abondance des nids de la Cigogne blanche au niveau des sites échantillonnés et comprendre les facteurs qui influencent la répartition spatiale de ses nids.

Méthode

Elle consiste à prospecter l'aire de nidification de l'espèce rapportée par la littérature au niveau des sites sélectionnés pour l'échantillonnage. Et selon deux transects principaux (Ouest-Est et centre-Nord) on cherche les nids de la Cigogne blanche en adoptant des techniques d'observation classiques (Azafzaf, 2002) :

- Contrôle systématique de la zone prospectée en parcourant la totalité des routes et des pistes.
- Observation du ciel, des plaines, des toits, des arbres et des poteaux électriques à la recherche des indices de présence de l'espèce et / ou des nids.
- Vérification à l'aide d'équipement optique approprié lors des cas douteux.

Pendant la période d'étude, les nids de la Cigogne blanche y compris les nouveaux nids ont été recensés et localisés géographiquement à l'aide de l'application mobile SW Maps (version 2.7.4.2.) et chaque nid a été affecté par un numéro ou un symbole unique. Ensuite, les

données collectées ont été converties en une carte de répartition de ces nids à l'aide du logiciel Google Earth Pro (Version 7.3.2.5776.).

On note pour tous les nids recensés des informations sur la nature du support du nid, son élévation approximative par rapport au sol (en mètres) et son état par rapport à la saison de reproduction (ancien ou nouveau nid). Chaque fois le nid recensé et localisé, on le suit régulièrement selon le programme des sorties proposées. Lorsqu'un nid soit tombé, détruit, ou nouvellement installé, on note toujours la date de sa disparition/apparition et les éventuelles causes de sa disparition à travers des enquêtes sur terrain et avec les habitants locaux de la région.

Le moyen de transport utilisé pour ce recensement est assuré par une voiture privée, en suivant les routes principales et secondaires disponibles. Quand la taille d'une colonie est importante et les nids sont proches, nous faisons des déplacements libres sur le site (à pied). Enfin, le recensement est réalisé soit individuellement, soit en groupe de deux à quatre personnes.

III.5.2. Suivi des nids

Objectif

Suivre périodiquement et régulièrement la dynamique de la population à l'intérieur des colonies : chronologie d'installation des couples, les fluctuations spatio-temporelles des effectifs, la reproduction et la fécondité de l'espèce.

Méthode

Cette méthode est utilisée pour les sept (7) sites échantillonnés systématiquement, avec un programme de trois sorties par mois et pendant deux saisons successives (2017-2018 et 2018-2019). Le suivi des nids a été souvent fait individuellement, en utilisant les moyens de transport disponibles (bus publiques et véhicules des habitants) pour atteindre les sites et en parcourant l'ensemble des chemins et pistes présents dans chaque site où le déplacement se fait généralement à pied pour collecter les données. Parfois, on utilise des fiches techniques conçues pour ce type de travail ou le plus souvent, un registre simple avec un stylo pour enregistrer des données ou noter des observations, des cartes (Google Earth) imprimées sur papier pour identifier le positionnement des nids et ne les pas confondre et une paire de jumelles lors des cas douteux. Avant entamer la collecte des données, on note toujours le numéro, la date et les conditions météorologiques de chaque sortie.

La collecte des données consiste à observer visuellement nid par nid et enregistrer les informations liées à la présence ou l'absence des individus de la Cigogne blanche dans chaque nid numéroté y compris les adultes et les jeunes. On note par exemple 1 (0) pour zéro individus sur le nid numéro 1 ; 5 (2) pour deux individus (couple) sur le nid numéro 5 ; 9 (1p 3j) pour un seul parent avec trois jeunes pour le nid numéro 9, etc. Les nids qui restent vides toute l'année sont considérés pas occupés. Lorsqu'on observe une tentative d'accouplement sur un nid donné, on note le numéro du nid concerné avec un symbole désignant un accouplement, exemple 11 (X) pour un accouplement sur le nid numéro 11. En ce qui concerne la productivité de l'espèce, nous nous sommes intéressés au nombre de jeunes par nid, nous avons pu observer les premiers jeunes sur nids le début mai pour les deux saisons.

Pour les nids isolés ou inaccessibles, on utilise généralement une paire de jumelles pour les bien observer et pour éviter l'inexactitude lors de la collecte de données.

III.5.3. Suivi des individus sur terrains

Objectif

Suivre spacio-temporellement, la dynamique de population de la Cigogne blanche liée à son environnement où le suivi de la répartition des individus sur les milieux trophiques fait l'objet essentiel de cette étude.

Méthode

Elle est utilisée dans les mêmes sites échantillonnés et simultanément avec la méthode précédente (suivi des nids). Elle consiste à estimer l'abondance de la Cigogne blanche dans les milieux trophiques présents dans le site. Il existe cinq (5) types principaux de milieux trophiques fréquentés par les individus de la Cigogne blanche : les prairies humides (PH) ; les prairies marécageuses (PM) qui sont des prairies temporairement inondées et se trouvent souvent près des plans d'eau ; les garaets (GAR) qui sont des plans d'eau marécageux ; les cultures irriguées (CI) et les friches (FR) qui sont des cultures abandonnées et des terrains moins humides. Ici, nous nous intéressons plutôt sur les types des milieux qui sont à l'abri de notre vision que ce soit à l'œil nu ou à l'aide d'une paire de jumelles et leurs distances ne dépassent généralement pas les 200 m par rapport à nos itinéraires qui sont les routes principales et secondaires.

Pour chaque site d'échantillonnage et dans chaque sortie, nous avons réalisé un dénombrement absolu des individus présents dans chaque type de milieux trophiques. Les données sont enregistrées sous forme de notes et abréviations (exemple : 20 inds/PH pour 20

individus dans une prairie humide). Une fois les effectifs soient supérieurs à 100 ou 200 individus, généralement lors des regroupements des individus près des gares à la période estivale et après l'envol des jeunes, le comptage se fait donc par estimation visuelle (Blondel, 1975).

La méthode consiste également à dénombrer ou estimer les individus en vol dont chaque effectif est accompagné par sa direction (Nord, Sud, Est, Ouest) par rapport à sa colonie. Exemple : 10 inds/S pour 10 individus s'orientent vers le sud du site.

III.6. Matériel utilisé

Pour le recensement des nids de la Cigogne blanche, leur suivi et le dénombrement des individus sur terrains, nous avons utilisé le matériel suivant :

- Une fiche technique spécialement élaborée pour notre travail sur terrain contenant les informations suivantes : numéro du nid, nom du site, année d'observation, type de support, ancien ou nouveau nid, hauteur du nid (m) (Tableau A3, Annexe I).
- Des cartes réalisées à l'aide du logiciel (Google Earth) imprimées sur papier contenant les numéros et la localisation géographique des nids recensés dans chaque site échantillonné.
- L'application Android mobile SW Maps (version 2.7.4.2.) pour localiser les nids géographiquement.
- Une paire de jumelles lors des cas douteux.

III.7. Traitement des données

III.7.1. Exploitation des données et analyse des résultats

Les données collectées pendant la période d'étude ont été rédigées en Excel 2007 sous forme de tableaux et nous ont permis de formuler l'ensemble des résultats obtenus. La plupart des résultats a été analysée à l'aide du même logiciel (Excel 2007), ils sont exprimés en chiffres et pourcentages et représentés essentiellement sous forme de tableaux et graphiques (histogrammes, courbes, secteurs, anneaux, etc.). Le recensement des nids de la Cigogne blanche, effectué au niveau de Guerbes-Sanhadja nous a permis d'estimer la taille de sa population dans le domaine prospecté qui est exprimée en nombre total des nids recensés. Les données collectées ont été converties en une carte de répartition spatiale des colonies où les emplacements des nids sont représentés par des points ou taches dispersés sur le territoire

de cet éco-complexe. La carte est réalisée à l'aide du logiciel Google Earth Pro 2019 (Version 7.3.2.5776.).

L'analyse des données collectées nous a permis également de présenter plus de détail sur les nids recensés périodiquement et annuellement. Ce détail comprend : la totalité des nids recensés y compris les anciens et les nouveaux nids pour chaque saison, les nids perdus (tombés ou détruits), le bilan des nids recensés pour chaque saison (les nids restants), les nids occupés et les nids vides (non occupés). Ces informations contribuent à expliquer les fluctuations temporelles et spatiales du nombre des couples nicheurs ((HPa) et la tendance de la population au niveau de chaque site. Le détail concerne également les types des supports des nids recensés et leurs hauteurs approximatives en mètres (m) par rapport au sol. Ce paramètre peut expliquer en fait, la sélection et/ou l'adaptation de l'espèce à son environnement, influencer la densité et la répartition spatiale de ses colonies et peut influencer même son abondance à travers les fluctuations du nombre de ses couples et par conséquent, de ses effectifs.

Le suivi continu des nids nous a permis de déterminer certains paramètres démographiques liés à la phénologie de reproduction de l'espèce en utilisant ainsi des abréviations allemandes standards (Schüz, 1952) :

- Chronologie d'installation : elle est représentée par le nombre de nids occupés au moins par un seul parent en fonction des dates des sorties.
- Fréquence des accouplements en fonction des mois.
- Développement du nombre de couples avec succès de reproduction (HPm) en fonction des dates des sorties. Il s'agit des couples qui ont élevé au moins un seul jeune.
- Fluctuation de l'abondance de la population à l'intérieur des colonies étudiées.
- Le succès d'élevage au niveau de chaque colonie est exprimé en nombre moyen de jeunes émancipés à l'envol par un couple (JZm). $JZm = JZG/HPm$ où JZG est le nombre total des jeunes émancipés à l'envol et HPm est le nombre total de couples avec succès de reproduction.

Le suivi des individus sur terrains nous a permis d'obtenir les résultats concernant la dispersion spatiale des individus sur les différents milieux de fourrage (les milieux trophiques) et l'orientation de la population vis-à-vis des directions par rapport à la colonie étudiée. Le premier paramètre est représenté pour chaque saison par les fluctuations

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

mensuelles des effectifs selon chaque type de milieu trophique. Tandis que l'autre paramètre est présenté sous forme de pourcentages des effectifs selon les quatre directions (Sud, Nord, Est, Ouest) et les fluctuations périodiques de ces pourcentages. Les données de ce dernier paramètre concernent les deux saisons regroupées ensemble à cause de la rareté des cas d'observations en fonctions des sorties.

III.7.2. Analyse statistique

Premièrement, nous avons réalisé une analyse descriptive univariée pour une seule variable quantitative : la taille de colonie exprimée en nombre de nids de la Cigogne blanche. En fait, la population étudiée est un échantillon issu d'une population écologique nicheuse dans la région et que l'on s'intéresse aux caractéristiques de cette population via l'échantillon. En plus des maxima et minima, nous avons calculé la moyenne (arithmétique) et évalué l'écart type (en se basant sur un échantillon) et le coefficient de variation. Les paramètres considérés ont été appliqués sur les colonies des villages, celles des milieux ruraux et pour tous les sites étudiés. Ces indicateurs et en particulier, le coefficient de variation (en pourcentage) nous donnent une idée sur la dispersion des nids sur le territoire et de la comparer entre les deux types d'habitat mentionnés. En pratique, plus le coefficient de variation est grand, plus la dispersion de la population considérée est hétérogène et vis-versa. Après cette analyse, nous avons effectué deux analyses statistiques multivariées différentes :

- i. Une analyse en composantes principales (ACP) pour tester la liaison entre certains paramètres démographiques de l'espèce (variables quantitatives).
- ii. Une analyse factorielle des correspondances (AFC) pour vérifier la relation entre les variations temporelles (la succession des mois) et les types des milieux trophiques utilisés par l'espèce et comment ces deux variables qualitatives agiraient sur la distribution spatiale de ses effectifs.

Pour l'analyse descriptive simple (analyse univariée), nous avons utilisé le logiciel Excel 2007. Concernant les deux analyses multivariées, nous avons disposé du logiciel XLSTAT 2020 (version : 22.4.1026.0).

III.7.2. 1. Analyse en composantes principales (ACP)

L'ACP est une méthode d'analyse statistique multidimensionnelle qui aide à analyser plusieurs variables toutes quantitatives. Son principe général est de réduire la dimension des données initiales (qui est p si l'on considère p variables quantitatives), en remplaçant les p variables initiales par q facteurs appropriés ($q < p$) et en déformant le moins possible la

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

réalité. Il s'agit donc d'obtenir le résumé le plus pertinent possible des données initiales. Le choix de ces nouveaux facteurs se fait en maximisant la dispersion des individus selon lesquels (autrement dit, les facteurs retenus doivent être de variance maximum). Les facteurs retenus ou composantes principales permettent de réaliser les graphiques, à la fois pour les variables et pour les individus, ainsi que d'indicateurs numériques, appelés « aides à l'interprétation » pour interpréter les résultats (Baccini, 2010).

Pour notre étude, nous avons appliqué cette méthode (ACP) sur cinq (5) variables quantitatives, chaque variable représente un paramètre démographique pour l'espèce. Ces variables sont : le nombre total de couples nicheurs (HPa), le nombre de couples avec succès (HPm), le séjour de l'espèce dans le site (nombre de jours), le nombre total des jeunes émancipés (JZG) et le succès d'élevage (JZm). Les individus (observations) sont les sept (7) sites échantillonnés : Zaouia 1, Zaouia 2, Zaouia 3, Ben Azzouz Centre, Ben Azzouz Nord-Ouest, Ben Azzouz Nord et Guerbes. Nous avons effectué deux ACPs similaires, l'un pour la saison 2017-2018 et l'autre pour la saison 2018-2019.

III.7.2. 2. Analyse factorielle des correspondances (AFC)

L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) est une méthode factorielle de statistique descriptive Multidimensionnelle. Son objectif est d'analyser la liaison existant entre deux variables qualitatives. Ainsi, avant de mettre en œuvre une AFC, il faut s'assurer que cette liaison existe bien. Pour cela, il existe des graphiques et des caractéristiques numériques permettant de mettre en évidence une telle liaison lorsqu'elle existe. Par exemple le test du khi-deux d'indépendance qui est basé sur l'indice khi-deux, permet tout simplement de tester s'il existe ou non une liaison significative entre deux variables qualitatives. Les données à analyser sont représentées dans une matrice appelée « table de contingence » qui croise les modalités des deux variables étudiées en lignes et en colonnes. Les axes ou facteurs principaux retenus permettent de réaliser les graphiques où seront dispersées les différentes modalités des deux variables. Le choix de ces axes se fait comme en ACP, en se basant sur le pourcentage cumulé des premiers axes qui expriment au maximum l'inertie ou la dispersion totale du nuage des données initiales (Baccini, 2010).

L'AFC de nos données concerne deux variables qualitatives : la première représente le type du milieu trophique pour l'espèce, avec cinq (5) modalités qui sont les cinq (5) types de milieux trophiques utilisés par la Cigogne blanche (prairie humide PH, prairie marécageuse PM, friche FR, garaet GAR et cultures irriguées CI). La deuxième représente les mois où les

individus ont été observés sur ces milieux, avec dix (10) modalités (de Décembre à Septembre). Les données à analyser sont celles des deux saisons successives regroupées ensemble (2017-2018 et 2018-2019).

Chapitre IV. Résultats

IV.1. Résultats du recensement des nids de la Cigogne blanche

IV.1.1. Abondance et distribution des nids

Les nids sont distribués en plusieurs groupes distincts, chaque groupe en représente une colonie. Le recensement des nids effectué dans le domaine prospecté nous a permis de distinguer en total sept (7) colonies de la Cigogne blanche concentrées plutôt au centre de l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja (Figure III.1). Les sept colonies sont réparties sur trois (3) communes : les communes de Ben Azzouz, Djendel Saadi Mohamed (wilaya de Skikda) et la commune de Berrahal (wilaya d'Annaba). Toutes ces colonies sont localisées dans des sites qui renferment au moins une route principale.

A la fin de la période d'étude (2017-2019), la taille de la population étudiée est estimée à 205 nids de la Cigogne blanche dont 202 (soit 98,53 %) sont occupés et seulement 3 nids (soit 1,46 %) sont vides. Leur répartition spatiale est représentée dans la carte de la figure (IV.1). Le nombre des nids fluctue en général en fonction des sites (Figure IV.2). Les chiffres concernant les nombres des nids dans chaque site ont été convertis en pourcentages (Figure IV.3). Le nombre des nids par colonie varie entre 16 et 63, ces valeurs représentent respectivement, le nombre minimal dans le site de Ben Azzouz Nord-Ouest (soit 7,80 %) et maximal dans le site de Ben Azzouz Nord qui en représente presque un tiers (30,73 %). Les sites qui présentent des ressemblances sont les suivants : Zaouia 3 et Ben Azzouz Centre (31 nids pour chacun) ; Zaouia 2 et Zaouia 1 (24 et 23 nids respectivement) ; Ben Azzouz Nord-Ouest et Guerbes (16 et 17 nids respectivement) tandis que le site de Ben Azzouz Nord semble bien distingué en terme de l'abondance de ses nids.



Figure IV.1. Carte de répartition spatiale des nids de la Cigogne blanche au niveau de Guerbes-Sanhadja en 2019.

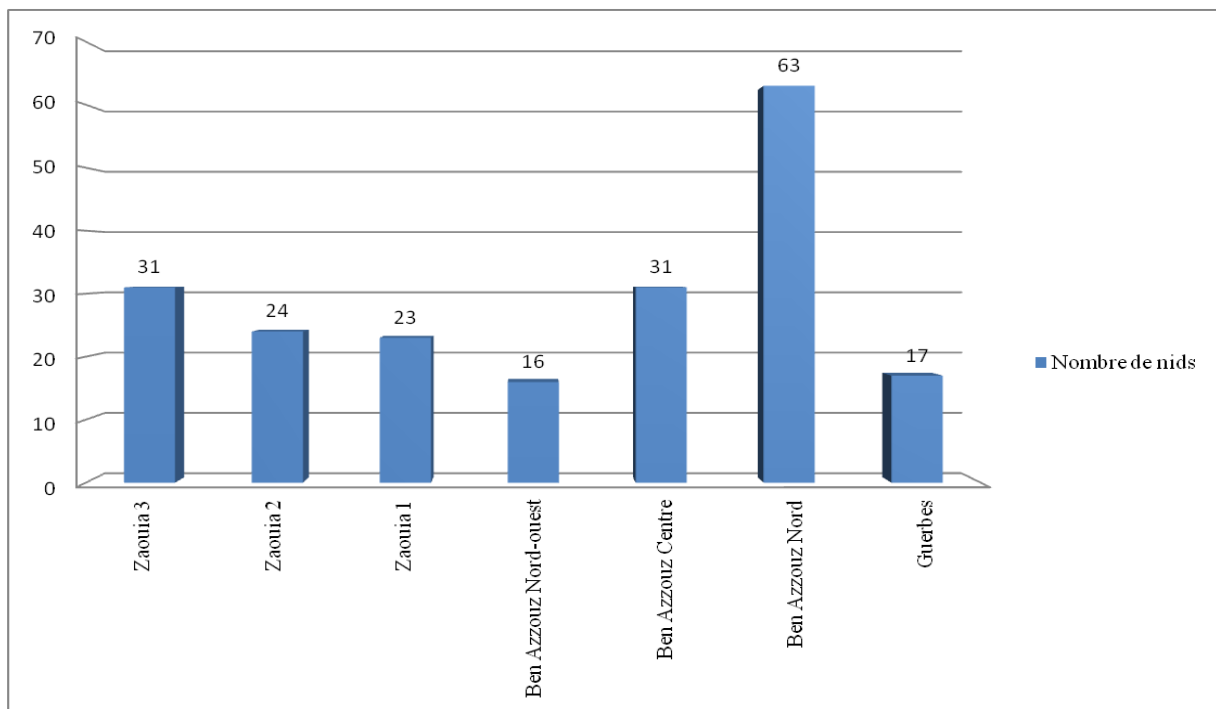


Figure IV.2. Distribution des nids de la Cigogne blanche en fonction des sites au niveau de Guerbes-Sanhadja.

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

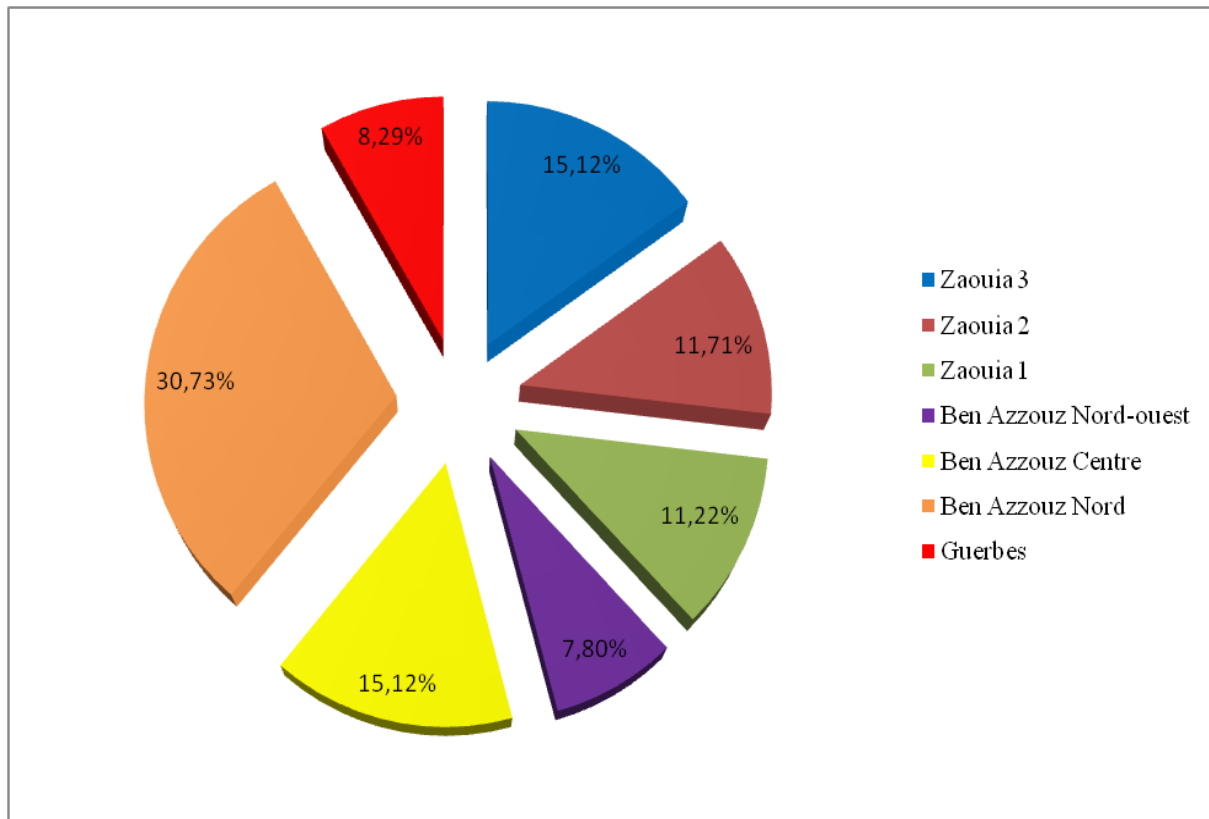


Figure IV.3. Pourcentages des nids de la Cigogne blanche recensés en 2019 en fonction des sites au niveau de Guerbes-Sanhadja.

La zone d'étude comprend deux milieux principaux selon l'infrastructure existante : les villages qui sont plutôt anthropisés, ils représentent des agglomérations humaines semi-rurales de deux-milles jusqu'à plus de cinq-milles (de 2000 à > 5000) habitants selon le recensement 2008 (O.N.S., 2011) ; les milieux ruraux qui renferment une infrastructure réduite avec des paysages naturels ou semi-naturels et une faible densité humaine. Il y a trois (3) colonies distribuées dans des milieux ruraux, tandis que les autres (4 colonies) sont localisés dans les villages (Tableau IV.1).

Tableau IV.1. Répartition des colonies de la Cigogne blanche selon l'infrastructure de leurs habitats au niveau de Guerbes-Sanhadja.

Type de milieu (habitat)	Colonie
Agglomération (village)	Ben Azzouz Centre ; Zaouia 2 ; Zaouia 1 ; Guerbes
Milieu rural	Ben Azzouz Nord ; Zaouia 3 ; Ben Azzouz Nord-Ouest

L'exploitation de ces données permet de redistribuer les nids de la Cigogne blanche en fonction de la structure d'habitat où sont localisés ces nids. Un total de 110 nids (soit 53,65 %) sont localisés dans la partie rurale de cet éco-complexe, alors que les nids restants (95 nids), soit 46,34 % sont concentrés dans les villages.

Les nids au niveau des villages sont distribués uniformément, moins distants et concentrés dans des surfaces réduites (Figure IV.4). Par contre, dans les milieux ruraux, les nids sont dispersés dans les sites, écartés ou sous forme de petits groupes (en agrégats), ce qui leur donne une forme linéaire plus ou moins allongée (Figure IV.5).

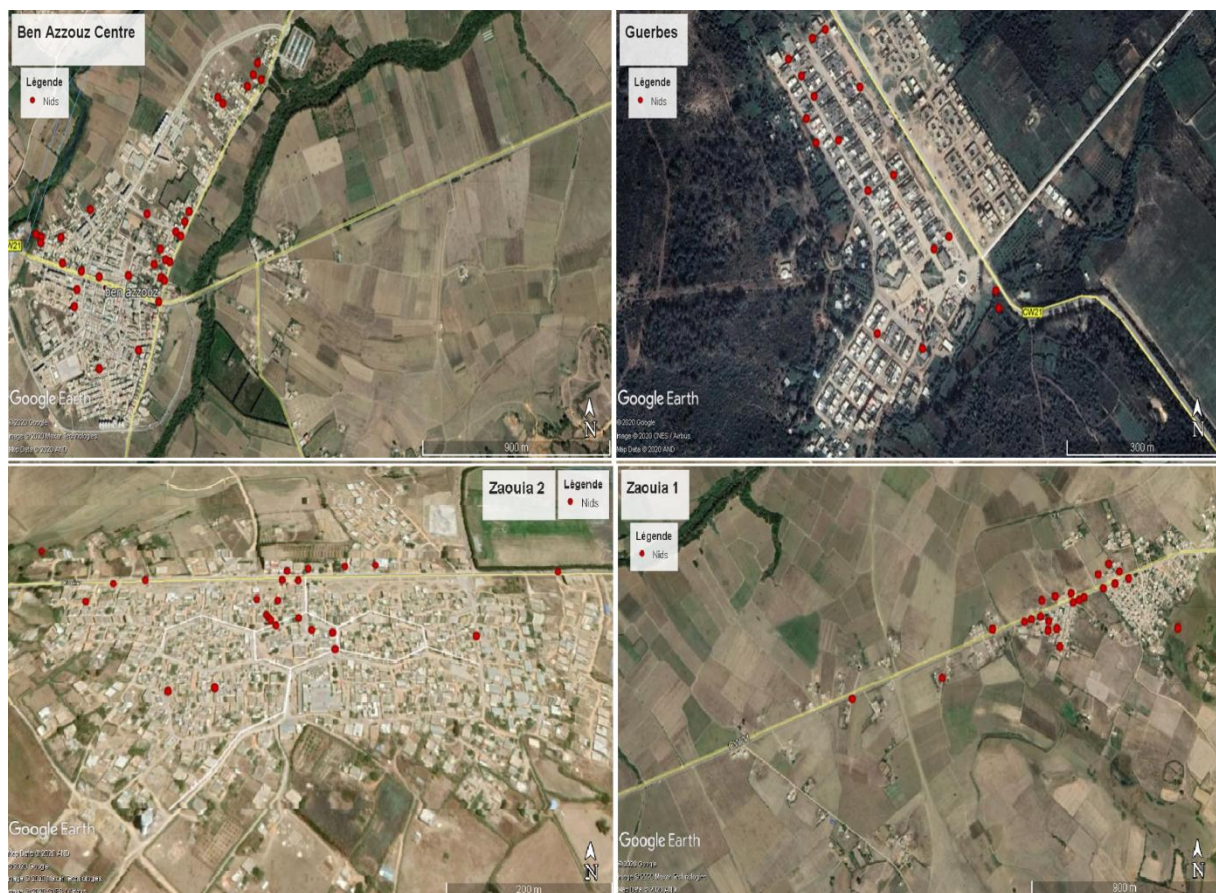


Figure IV.4. Distribution spatiale des nids de la Cigogne blanche dans les villages de Guerbes-Sanhadja en 2019.

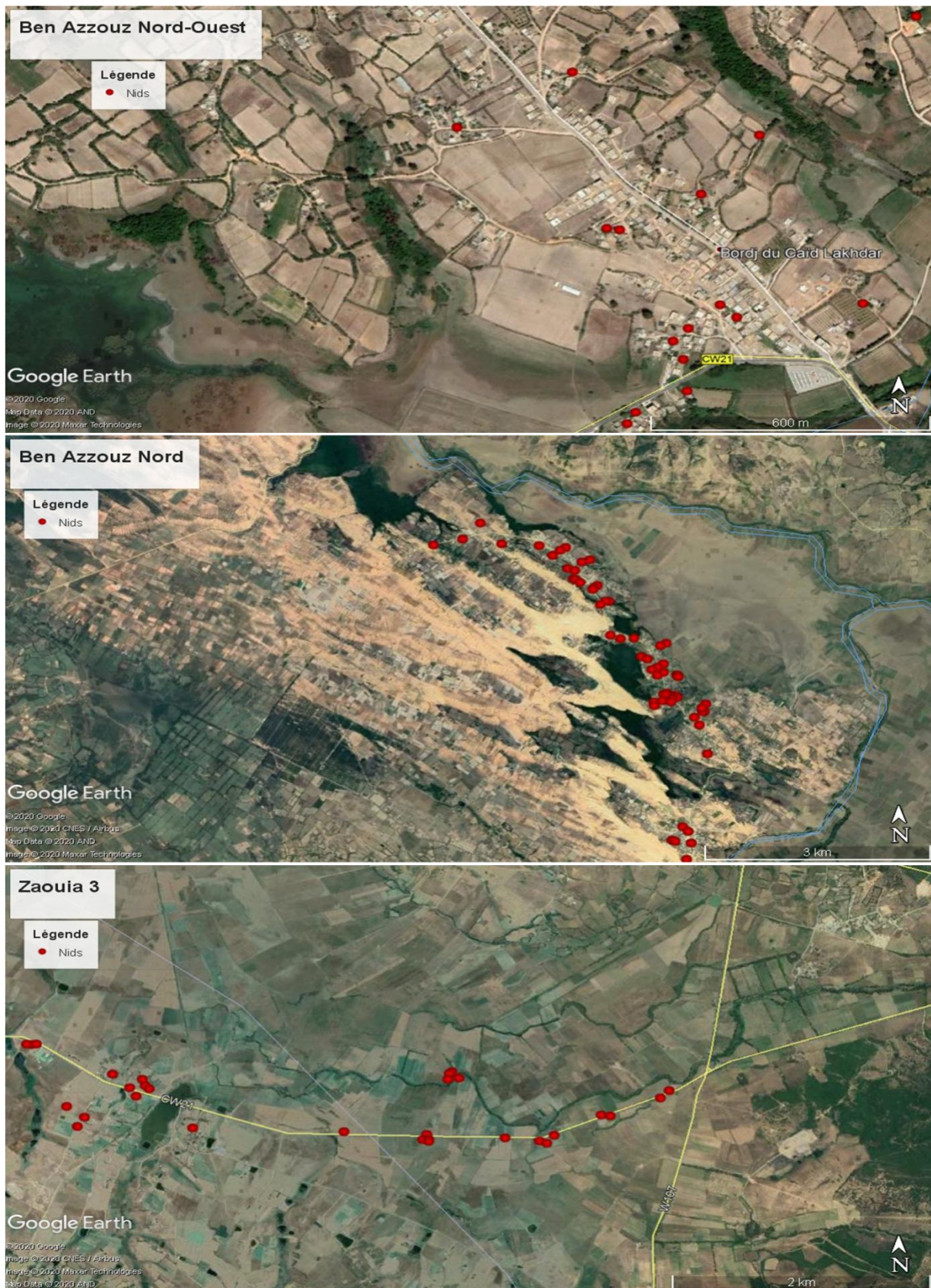


Figure IV.5. Distribution spatiale des nids de la Cigogne blanche dans les milieux ruraux de Guerbes-Sanhadja en 2019.

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

IV.1.2. Variations spatio-temporelles

Il s'agit des résultats du recensement périodique et annuel des nids de la Cigogne blanche, ils exposent les variations dans l'espace et dans le temps du nombre de nids recensés qui ont donné le bilan final présenté ci-dessus. Le recensement continu des nids au niveau de ces sites pendant les deux saisons (2017-2018 et 2018-2019) a montré plus de détails sur les nids recensés et sur la dynamique liée aux fluctuations temporelles du nombre de nids et de couples nicheurs installés dans chaque colonie.

IV.1.2.1. Les nids totaux

Ce sont tous les nids recensés (comptés) dans chaque site y compris les anciens et les nouveaux nids par rapport à la saison de reproduction (2017-2018 ou 2018-2019) où le recensement a été effectué. Le nombre des anciens nids de la saison 2018-2019 représente les nids restants de la saison passée et peut être réduit à cause de la perte de certain nombre de nids (nids tombés ou éliminés par l'homme). Le détail des résultats obtenus est figuré dans les tableaux annexes (A4 et A5, Annexe I).

La combinaison des résultats des deux saisons donne un nombre total de nids recensés (comptés) qui est 235 nids. Ce nombre (nids totaux) a augmenté par 17,27 % de la saison 2017-2018 à la saison 2018-2019, cette augmentation est assurée par le nombre de nouveaux nids ajoutés pendant chaque saison qui est pratiquement constant (44 nids). En fait, cette augmentation n'est pas réelle, puisque ici, nous n'avons pas pris en considération le nombre de nids perdus durant les deux saisons, ce paramètre sera traité ultérieurement. La comparaison entre les sites montre que le site Ben Azzouz Nord accueille toujours le nombre maximal des nids totaux recensés avec un maximum de nouveaux nids installés qui est en moyenne 21,5 nids, le site présente également une augmentation saisonnière remarquable en ce qui concerne le nombre de nids totaux. Quant aux sites Zaouia 3 et Zaouia 2, ils montrent une augmentation légère de leurs nombres de nids avec respectivement, une moyenne de 9,5 et 6 de nouveaux nids. Les autres sites accueillent un nombre de nids constant ou presque constant avec une moyenne du nombre de nouveaux nids comprise entre 0,5 et 3. Le nombre minimal des nids totaux comptés est enregistré dans le site de Guerbes.

Les nombres des nids totaux comptés au niveau de chaque site et pendant toute la période d'étude (2017-2019) ont été convertis en pourcentages et présentés dans la figure suivante (Figure IV.6).

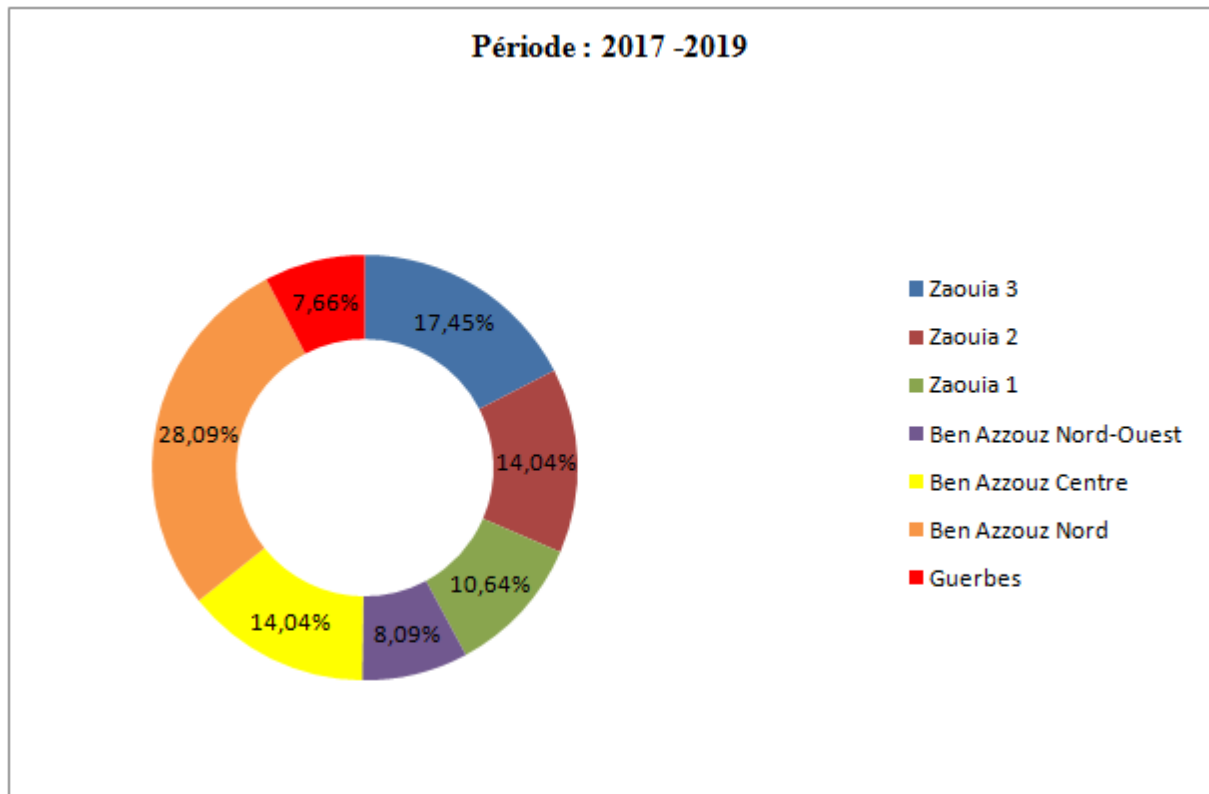


Figure IV.6. Pourcentages des nids totaux de la Cigogne blanche comptés au niveau de Guerbes-Sanhadja (2017-2019).

IV.1.2.2. Les nouveaux nids

Il s'agit de nouveaux nids ajoutés pendant chaque saison de reproduction de l'espèce. Ils sont construits soit par les couples les plus jeunes qui n'ont jamais encore niché dans le site, soit par les couples qui ont perdu ou quitté leurs nids pendant la saison passée. Les individus les plus âgés arrivent tôt à leurs sites de reproduction contrairement aux jeunes qui s'attardent (Vergara *et al.*, 2007, 2010). Nos résultats montrent que la période de nidification de la Cigogne blanche au niveau de Guerbes-Sanhadja s'étale de Janvier à Mai (Figure IV.7) avec une moyenne de 44 nids s'ajoutent chaque saison. Le maximum de nouveaux nids pendant la saison 2017-2018 a été construit durant le mois de Février et le minimum durant le mois de Janvier. Par contre, pendant la saison 2018-2019, les nouveaux nids sont ajoutés plutôt au cours du mois de Mars suivi par celui de Janvier alors que le minimum a été enregistré en Avril. La combinaison des résultats des deux saisons montre que la plupart des nouveaux nids s'ajoute durant le mois de février.

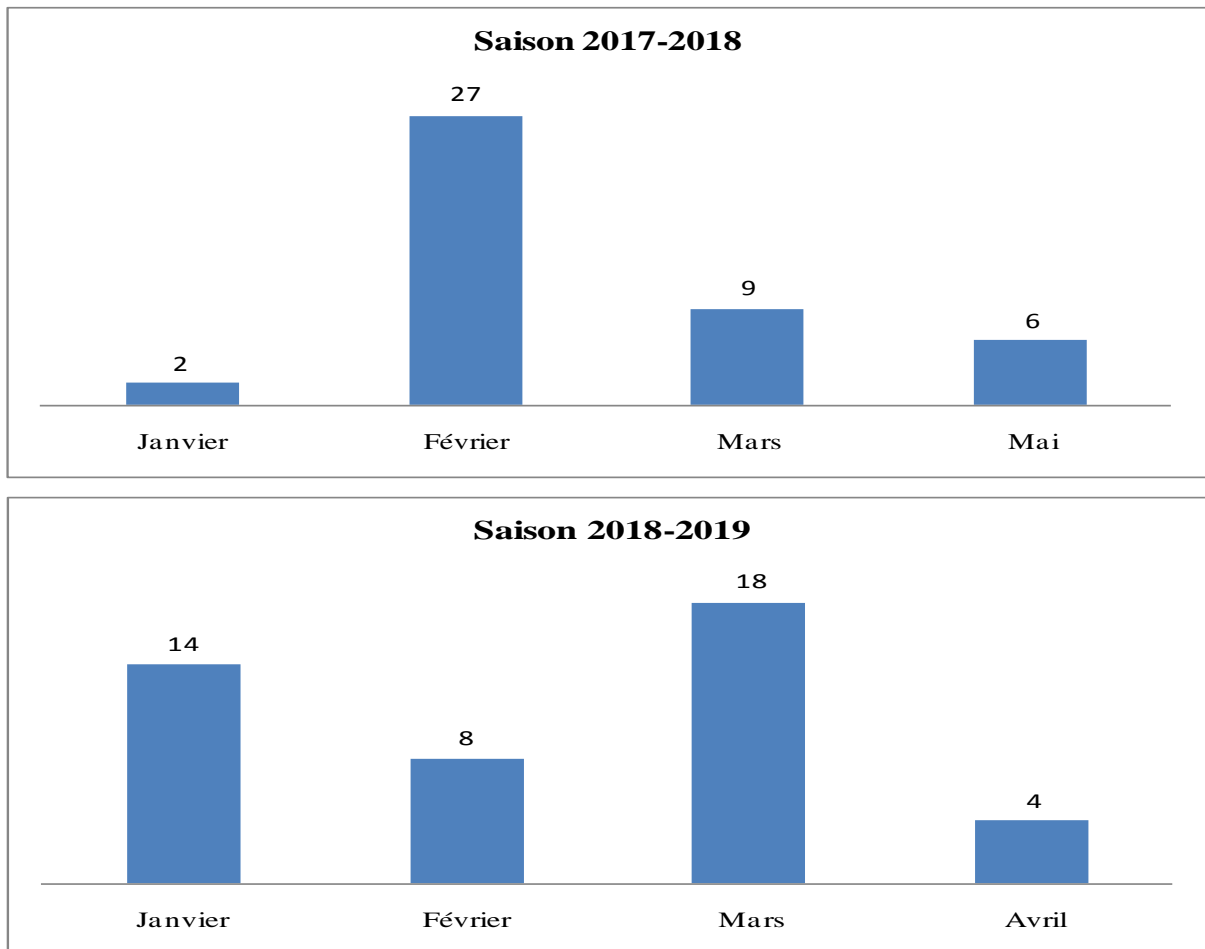


Figure IV.7. Distribution mensuelle des nouveaux nids de la Cigogne blanche dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja.

En fait, les effectifs des couples nicheurs qui s'installent dans un lieu donné ne proviennent pas seulement des immigrations des cigognes d'autres pays, mais aussi par les recrutements locaux des jeunes (Moali-Grine, 2007). Ainsi, l'abondance et la distribution spatiale différentielle des nouveaux nids nous révèle d'une part, l'état et la tendance de la population étudiée et d'autre part, la sélection de l'espèce de son habitat. Les nombres des nouveaux nids au niveau de chaque site sont représentés en détail dans (Tableau A4, Annexe I), exprimés en pourcentages et représentés dans la figure suivante.

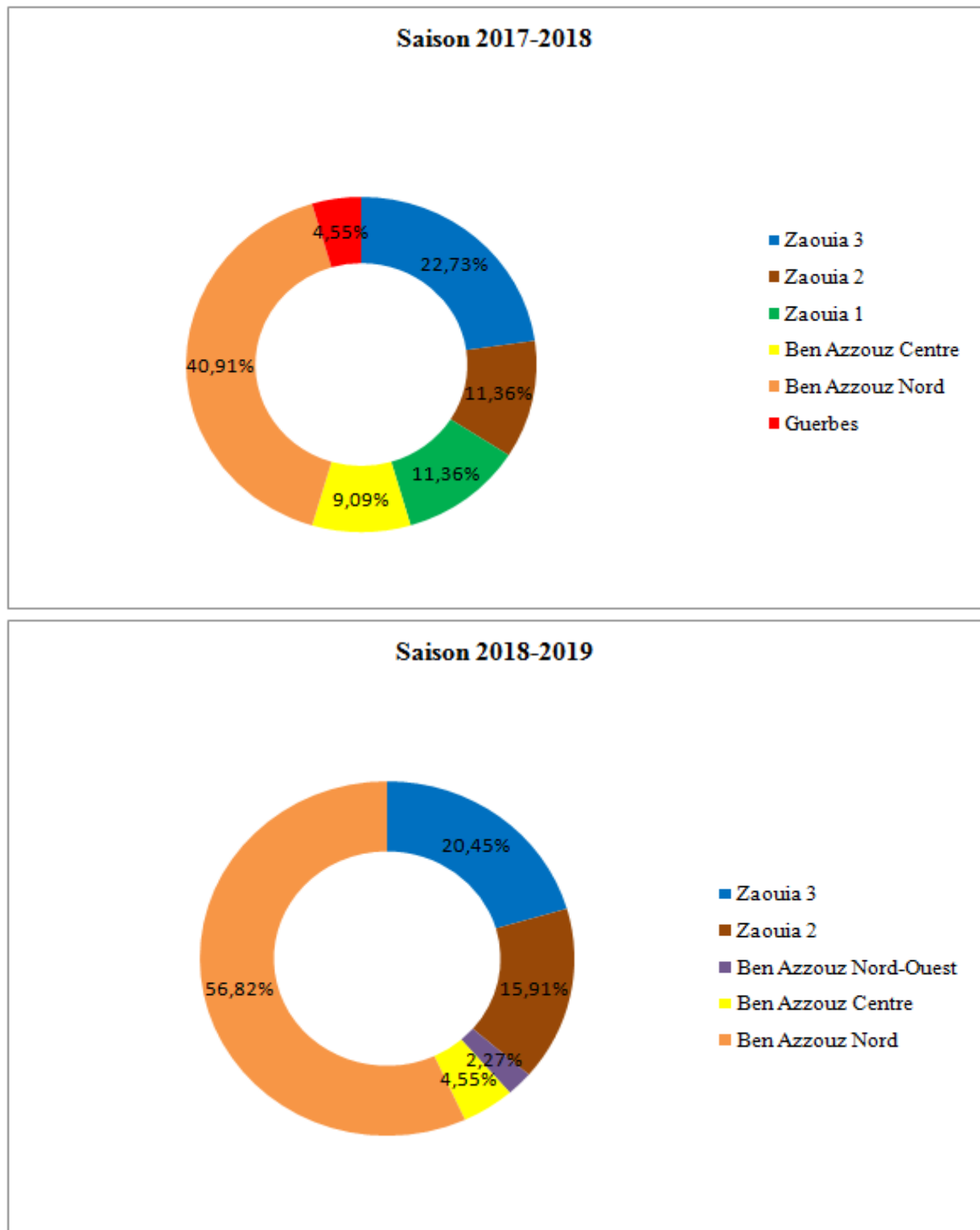


Figure IV.8. Pourcentages des nouveaux nids de la Cigogne blanche en fonction des sites dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja.

D'après la figure ci-dessus, quatre sites sont concernés par l'installation continue des nouveaux nids pour les deux saisons : Ben Azzouz Nord, Zaouia 3, Zaouia 2 et Ben Azzouz

Centre. La majorité des nouveaux nids a été installée respectivement au niveau du site Ben Azzouz Nord, Zaouia 3, Zaouia 2 et Ben Azzouz Centre, avec la dominance évidente du premier site qui accueille plus de la moitié des nouveaux nids recensés pendant la saison 2018-2019. Par contre, dans les sites de Zaouia 1, Ben Azzouz Nord-Ouest et Guerbes, les nouveaux nids s'installent pendant une saison aux dépens de l'autre saison, avec un minimum enregistré au niveau de Ben Azzouz Nord-Ouest. En effet, les proportions des nouveaux nids en fonction des sites étudiés semblent proportionnelles à celles des nids totaux recensés au niveau de chaque site ; plus le nombre de nids totaux est élevé (Figure IV.6), le site accueille plus de nouveaux nids (Figure IV.8).

IV.1.2.3. Les nids perdus et les nids restants

Les nids perdus sont les nids tombés à cause des conditions météorologiques exceptionnelles comme les forts vents et les pluies torrentielles et les nids détruits intentionnellement par l'homme pour éviter les dérangements et les dégâts causés par l'espèce (exemple : les dégâts liés aux courts-circuits provoqués par la Cigogne blanche sur les poteaux électriques), ou éliminés indirectement en cas de destruction ou modification du support du nid (exemple : élagage des arbres) sachant que l'espèce ne reçoit pas beaucoup de respect dans la région. La perte des nids représente donc une vraie menace pour elle et agit directement sur la dynamique de sa population, surtout les nids perdus à la période qui suit la ponte, ce qui réduit la chance de construire un nouveau nid et de se reproduire avec succès. De ce fait, le résultat en est la réduction du nombre de couples nicheurs et donc de la taille de la population, changement de sa densité et de sa structure, modification du cycle de vie de l'espèce. Par conséquent le succès de reproduction diminue et la tendance de la population peut prendre le sens d'une évolution régressive à long terme.

Les résultats concernant les pertes de nids ((nids tombés ou détruits) en fonction des sites et des saisons sont présentés en détails dans (Tableau A6, Annexe I) et les pertes de nids par site pour toute la période d'étude (2017-2019) sont exprimées en pourcentages dans la figure ci-dessous (Figure IV.9). La perte totale des nids de la Cigogne blanche au niveau de Guerbes-Sanhadja est estimée à 30 nids dont 11 pour la saison 2017-2018 et 19 pour la saison suivante (2018-2019). Ces valeurs représentent respectivement 12,77 %, 5,75 % et 8,48 % des nids totaux recensés, soit une augmentation saisonnière de nids perdus notée. Les nouveaux nids installés depuis 2017 en représentent 50 %. La plupart des nids a été perdue dans les sites

de Zaouia 3 (33,33 %) et Zaouia 2 (30 %), les deux sites perdent environ 5 nids chaque saison (moyenne). Par ailleurs, le minimum de nids perdus a été enregistré au niveau de Guerbes.

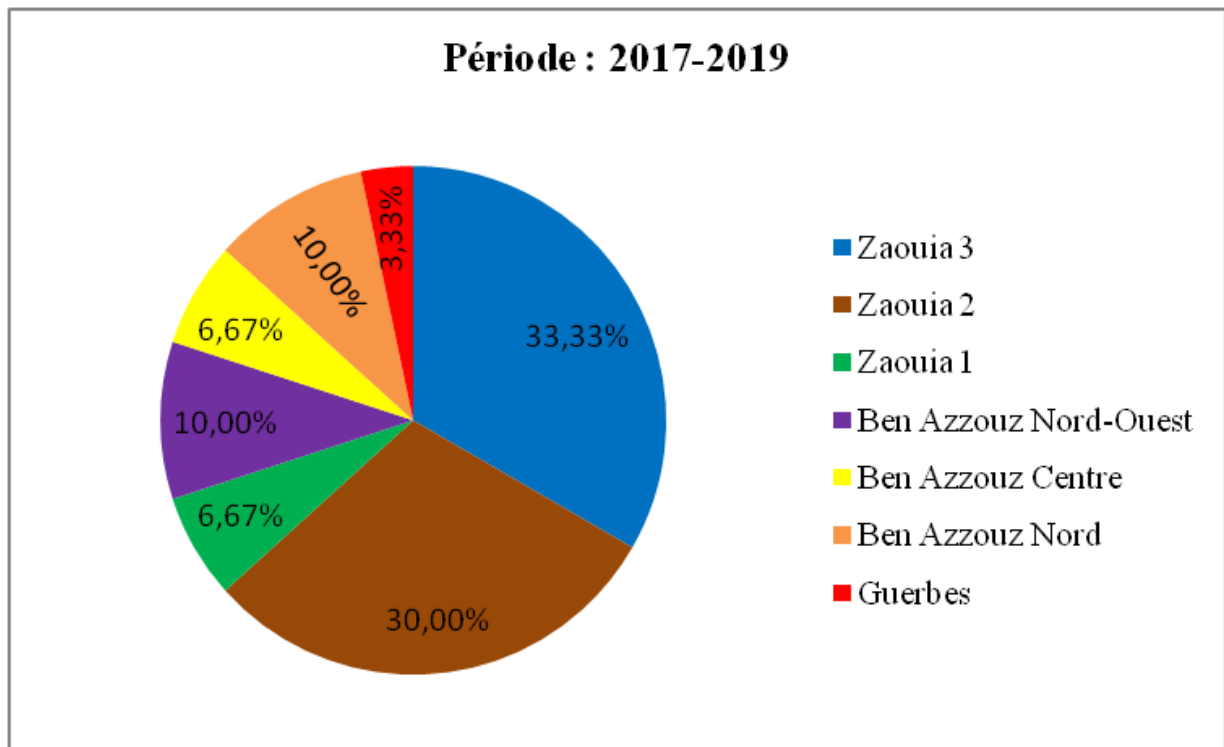


Figure IV.9. Pourcentages des nids perdus de la Cigogne blanche en fonction des sites dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja.

Afin de rechercher les facteurs qui causent de telles pertes de nids, nous avons effectué des enquêtes sur terrain, ces enquêtes regroupent des renseignements avec des habitants locaux et des investigations concernant le support, le lieu et les conditions météorologiques de la période où le nid a été perdu. Les résultats obtenus (Figure IV.10) manifestent l'impact majeur de l'homme qui détruit directement ou indirectement les nids de la Cigogne blanche et aussi, l'influence remarquable des variations climatiques qui sont représentées par les conditions météorologiques extrêmes.

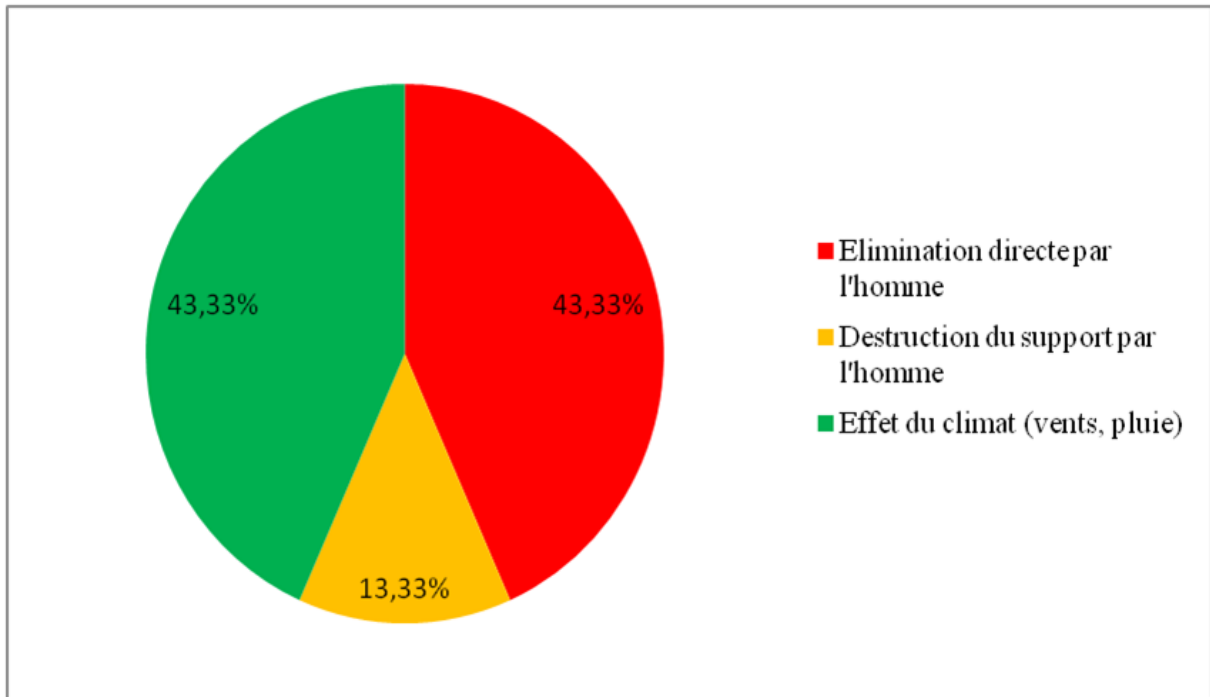


Figure IV.10. Principales Causes de la perte des nids de la Cigogne blanche au niveau de Guerbes-Sanhadja.

Quant aux nids restants, ils représentent le reste des nids totaux recensés que ce soit occupés ou non ($\text{Nb nids restants} = \text{Nb nids totaux} - \text{Nb nids perdus}$) (voir Tableau A7, Annexe I). La perte de nids au niveau des sites a légèrement changé l'ordre de ces derniers en terme de l'abondance des nids par rapport aux données concernant les nids totaux. Le site de Ben Azzouz Nord reste le premier, le site Zaouia 3 qui a perdu le maximum des nids reste en deuxième position mais avec celui de Ben Azzouz Centre qui a perdu moins de nids, alors que le nombre minimal de nids est doté pour le site de Ben Azzouz Nord-Ouest au lieu de Guerbes.

IV.1.2.4. Les nids occupés et les nids vides

Le recensement et le suivi continu des nids nous a permis de trouver quelques nids pas occupés, c'est-à-dire qui restent vides toute la saison. Nous avons compté trois (3) nids vides et cela fait 1,27 % des nids totaux recensés, le reste (98,73 %) étaient tous occupés. Les nids vides sont localisés dans les sites de Ben Azzouz Nord-Ouest (2 nids vides toute la période d'étude) et de Zaouia 1 (1 nid occupé en 2017-2018 et vide en 2018-2019). Tous les nids vides sont construits sur les arbres.

Le nombre de nids occupés est équivalent au nombre de couples nicheurs (HPa) qui est utilisé généralement pour estimer la taille d'une population donnée ou d'une colonie et de suivre au fil du temps, sa tendance à travers les fluctuations de ces effectifs. Les résultats finaux ont permis de dénombrer 202 nids occupés à la fin de la période (2017-2019) dont le maximum (63) est doté pour le site de Ben Azzouz Nord et le minimum (14) pour celui de Ben Azzouz Nord-Ouest (voir Tableau A8, Annexe I).

IV.1.2.5. Bilan des nids recensés

L'analyse des résultats obtenus au niveau des sites échantillonnés dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja pendant la période d'étude qui s'étale de 2017 à 2019 a donné plus de détails sur les nids recensés (Figure IV.11). Nous avons compté en total 235 nids de la Cigogne blanche dont 147 anciens nids recensés en 2017 et 88 nouveaux nids ajoutés pendant cette période (2017-2019), soit 44 nouveaux nids par saison. La destruction volontaire ou non des nids occupés par des couples nicheurs et la tombée des nids à cause des conditions météorologiques extrêmes comme les vents, les orages et les fortes pluies représentent les causes principales de la perte de nids. Un total de 30 nids a été perdu, ce qui a réduit le nombre des nids totaux qui devient 205 (nids restants). Parmi les nids restants, trois (3) nids seulement étaient vides au moins durant une saison de reproduction. Le reste représente le nombre total des nids occupés ou le nombre des couples nicheurs (HPa) qui est 202.

Les résultats obtenus concernant l'abondance des nids peuvent être exprimés en fonction des années (Figure IV.12). Le développement annuel du nombre de nids recensés (nids totaux et nids restants) montre une augmentation de taille de la population étudiée.

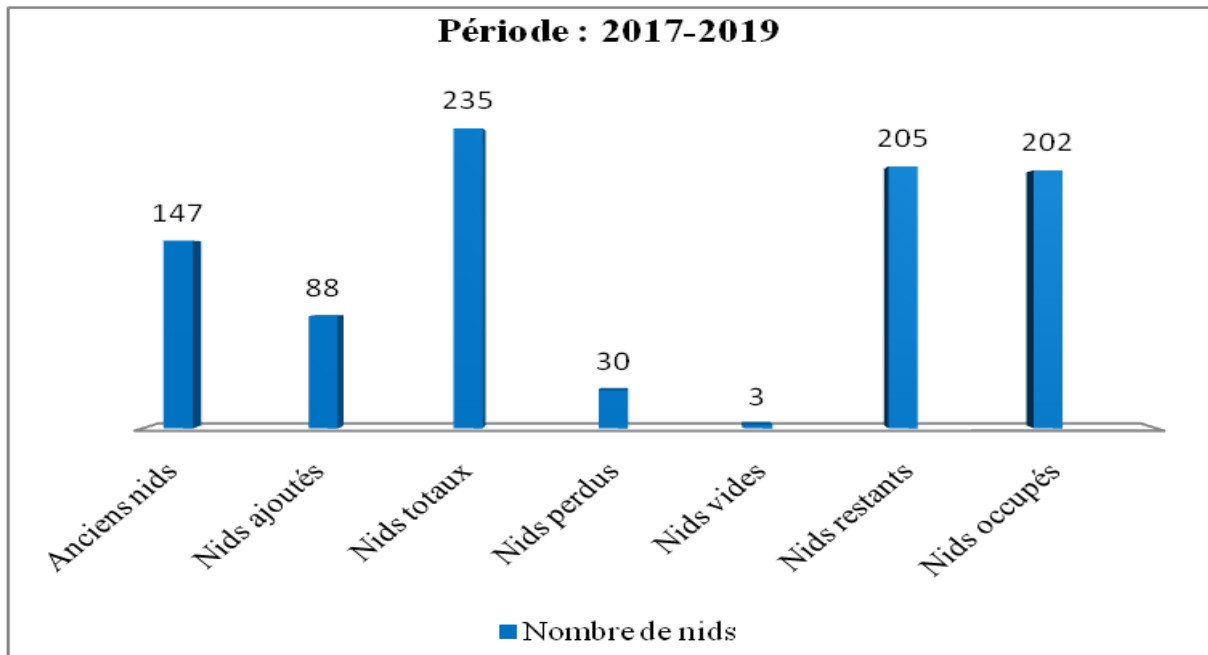


Figure IV.11. Bilan des nids de la Cigogne blanche recensés au niveau de Guerbes-Sanhadja.

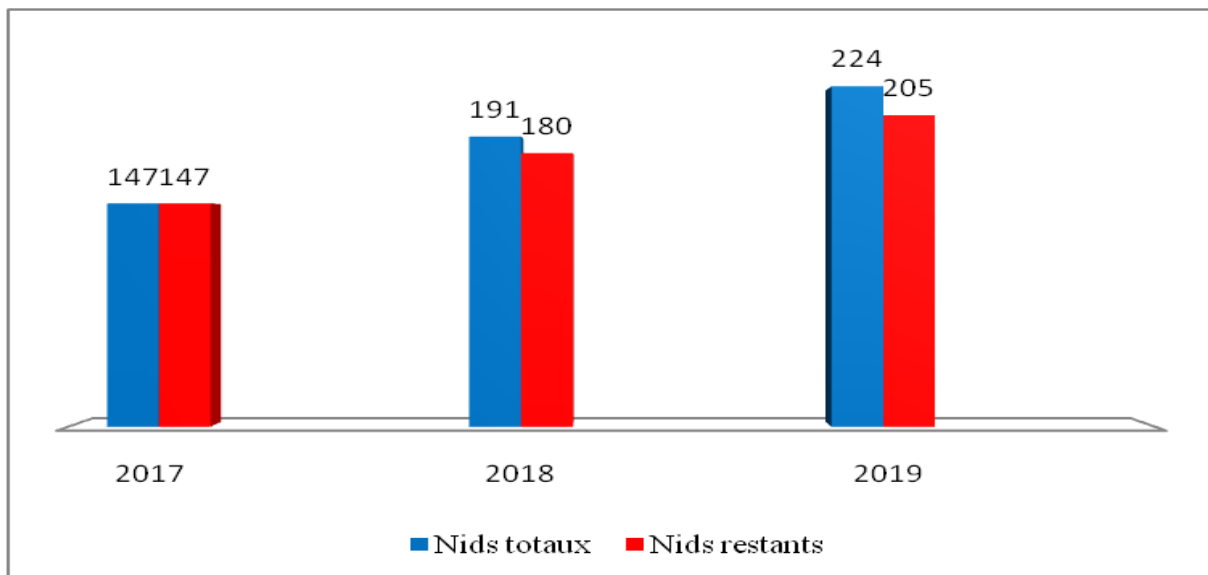


Figure IV.12. Développement annuel du nombre de nids de la Cigogne blanche recensés au niveau de Guerbes-Sanhadja.

Les différents sites étudiés présentent des fluctuations du nombre de nids recensés (Figure IV.13). Nous avons compté plus de nids dans les sites qui accueillent plus de nouveaux nids chaque saison, il s'agit de Ben Azzouz Nord (maximum) et de Zaouia 3. Mais, ces nombres ont été réduits au niveau des sites qui ont subi une perte importante de nids (Zaouia 3 et Zaouia 2). Par contre, le nombre minimal des nids restants a été enregistré dans le

site de Ben Azzouz Nord-Ouest qui a perdu un certain nombre de nids et reçu moins de nouveaux nids par rapport à Guerbes où le nombre minimal de nids totaux a été trouvé.

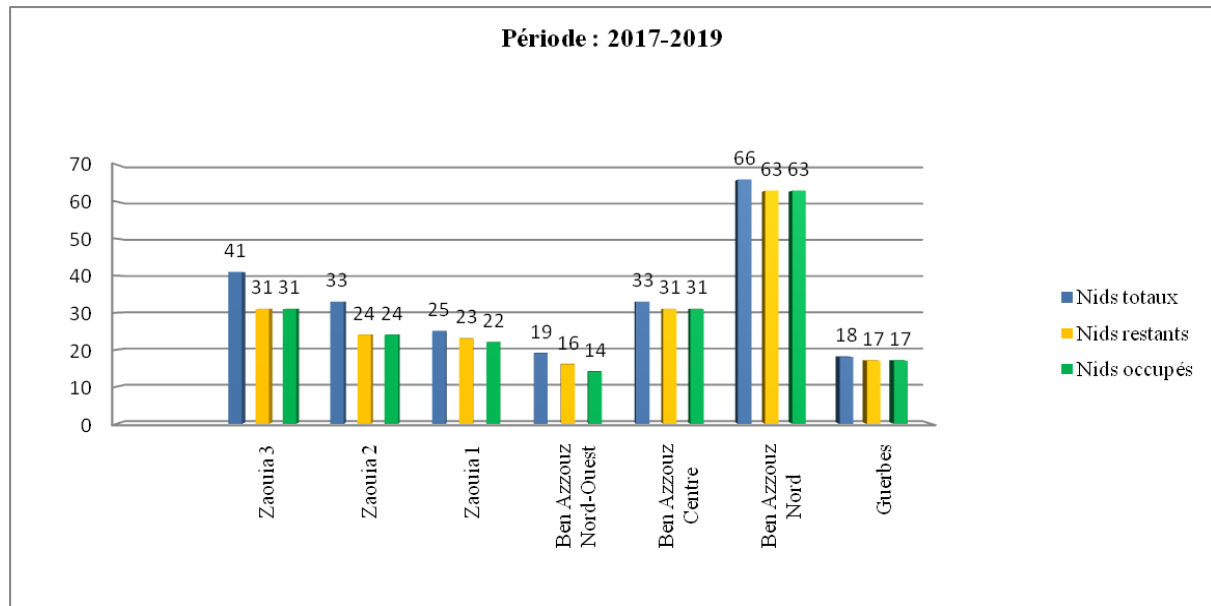


Figure IV.13. Bilan des nids de la Cigogne blanche recensés en fonction des sites au niveau de Guerbes-Sanhadja.

IV.1.2.6. Tendence de la population

La meilleure méthode pour mettre en évidence, la tendance au fil du temps d'une population animale donnée, est de la suivre à long terme. Dans le présent travail, nous avons essayé de déterminer la tendance de la population écologique de la Cigogne blanche nicheuse dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja, dans une période d'étude étalée sur trois ans (2017-2019), soit deux saisons successives (2017-2018 et 2018-2019) afin de traduire l'effet des fluctuations temporelles (en fonction des saisons de reproduction) et spatiales (en fonction des sites) pour faire au moins, une comparaison saisonnière et autre entre les sites étudiés. Pour cela, nous avons calculé en pourcentages, l'augmentation de la taille de la population et la perte des nids au niveau de chaque site comme suit :

- Augmentation (%) = nombre de nids réellement ajoutés *100/nombre initial de nids.
- Perte (%) = nombre de nids perdus *100/nombre de nids totaux.

Ces deux paramètres vont présenter mieux l'information contenue dans les chiffres déjà présentés concernant la dynamique liée au nombre de nids recensés. La population de la Cigogne blanche a augmenté sa taille par 39,46 % de 2017 à 2019 (Tableau A9, Annexe I). Cette augmentation est maximale dans le site de Ben Azzouz Nord (173,91 %) et minimale

(nulle) dans le site de Ben Azzouz Nord-Ouest. La perte des nids dans la région est évaluée à 12,77 %, elle est maximale au niveau de Zaouia 2 (27,27 %) et minimale à Ben Azzouz Nord (4,55 %).

Pour une comparaison saisonnière, la saison 2017-2018 a présenté une augmentation plus élevée que celle de la saison 2018-2019 (22,45 contre 13,89 %) (Tableau A10, Annexe I). Par contre, la perte des nids était plus forte pendant la deuxième saison (8,48 % contre 5,76 % en première saison). Le maximum et le minimum de cette augmentation pour la première saison (2017-2018) concernent toujours respectivement, les sites de Ben Azzouz Nord (73,91 %) et de Ben Azzouz Nord-Ouest (0 %). Pour la deuxième saison (2018-2019), le maximum est doté également au site Ben Azzouz Nord (57,50 %) alors que la valeur minimale qui est nulle (0 %) a concerné trois sites : Ben Azzouz Nord-Ouest, Zaouia 1 et Guerbes. La perte maximale est égale à 15,63 % au niveau de Zaouia 3 (2017-2018) et 20 % à Zaouia 2 (2018-2019), la valeur minimale est nulle (0 %) à Guerbes et Zaouia 1 (2017-2018) et égale à 3,08 % à Ben Azzouz Nord (2018-2019).

L'analyse de ces données révèle que la population étudiée au niveau de Guerbes-Sanhadja a une tendance générale à augmenter. De plus, elle tend à augmenter plutôt dans sa partie rurale, plus particulièrement à Ben Azzouz Nord qui perd moins de nids et en second degré, à Zaouia 3 malgré la perte importante de nids signalée dans le site. Par contre, la population tend à diminuer au niveau du site Ben Azzouz Nord-Ouest.

IV.2. Nature de supports des nids

Selon Moali-Grine *et al.* (2012), les types de supports choisis pour l'emplacement des nids de la Cigogne blanche montrent clairement les changements qui ont eu lieu dans la préférence des sites de nidification, l'adoption de certains types de supports aux dépens d'autres représente un aspect d'adaptation rapide de l'espèce aux changements de son environnement. Ainsi, la diversité et le choix des supports de nids nous permettent de redistribuer les nids recensés à l'intérieur du même site de nidification et de mettre en évidence la tendance de la population selon la structure d'habitat qui supporte les nids de la Cigogne blanche.

IV.2. 1. Types de supports des nids

Nous avons distingué six (6) supports des nids utilisés par l'espèce au niveau de Guerbes-Sanhadja (Figure IV.14) : les poteaux électriques métalliques (PMT), bétonnés

(PBT) et en bois (PBS) ; les arbres (Arb) ; les toits des constructions humaines (TC) et ; les antennes de télécommunication (Ant).

- **Les poteaux électriques**

Poteaux de haute et moyenne tension qui sont distribués dans toute la région et surtout près des agglomérations humaines. Ils sont présents sous trois types selon la nature de la matière qui les constitue : les poteaux métalliques, les poteaux en béton et les poteaux en bois. Les premiers sont diversifiés et distribués partout, les deuxièmes sont réparties plutôt à proximité des agglomérations, tandis que les derniers qui représentent d'anciens modèles, sont moins nombreux et présents surtout dans les milieux ruraux. En plus de leurs constituants principaux, les poteaux métalliques et bétonnés renferment d'autres structures portées sur lesquels comme : les transfos, les interrupteurs à commande manuelle (IACM), les pics anti-oiseaux (anti-nids) et les nids artificiels (plateformes métalliques). La majorité des nids (totaux) recensés (87,78 %) a été installée sur des poteaux sans nids artificiels dont 7,59 % sur les IACM et les anti-nids dans la région de Zaouia (surtout Zaouia 3). Le reste de nids (12,22 %) a été construit sur des nids artificiels. Chacun des poteaux électriques concernés porte un seul nid.

- **Les arbres**

Ils regroupent des formes arborescentes caduques et sempervirentes. Ce sont souvent des arbres isolés et situés aux environs des habitations ou des établissements. Ils concernent cinq (5) espèces d'arbres : 43,59 % sont des eucalyptus (*Eucalyptus globulus*), 25,64 % pour l'Orme champêtre (*Ulmus campestris*), 23,08 % pour le cyprès (*Cupressus sempervirens*), 5,13 % pour le Lilas de Perse (*Melia azedarach*) et 2,56 % pour le frêne (*Fraxinus angustifolia*). On distingue surtout des arbres vivants à l'état naturel (68,89 %) ou élagués (17,78 %) et des arbres morts (13,33 %). La densité des nids sur un arbre varie entre 1 et 4, les arbres qui portent un seul nid dominant (83,33 %), puis ceux avec deux nids (11,11 %) alors que les arbres qui portent trois ou quatre nids sont rares (2,78 % pour chaque type).

- **Les toits des constructions humaines**

Il s'agit des toits à pentes comme celles des mosquées et des châteaux d'eau, des toits plates à surfaces réduites comme les postes d'électricité et encore les toits d'anciennes maisons.

- **Les antennes de télécommunication**

Sont rares dans la zone d'étude et présentes surtout au village de Ben Azzouz. Les antennes sont placées sur les toits des hauts bâtiments et ne portent qu'un seul nid pour chacun.



Figure IV.14. Types de supports des nids de la Cigogne blanche au niveau de Guerbes-Sanhadja (photos prises par S. Babouri, le 11/01/2020).

IV.2. 2. Répartition des nids selon les types de leurs supports

Nos résultats concernant les types de supports des nids utilisés par la Cigogne blanche (Figure IV.15) montrent que l'espèce utilise principalement les poteaux électriques qui représentent ensemble plus de 76 %, puis les arbres en second degré. Bien que les toits des constructions humaines et les antennes représentent une faible proportion. Les poteaux en béton portent le maximum de nids, suivis par les poteaux métalliques tandis que les poteaux en bois en accueillent le nombre minimal.

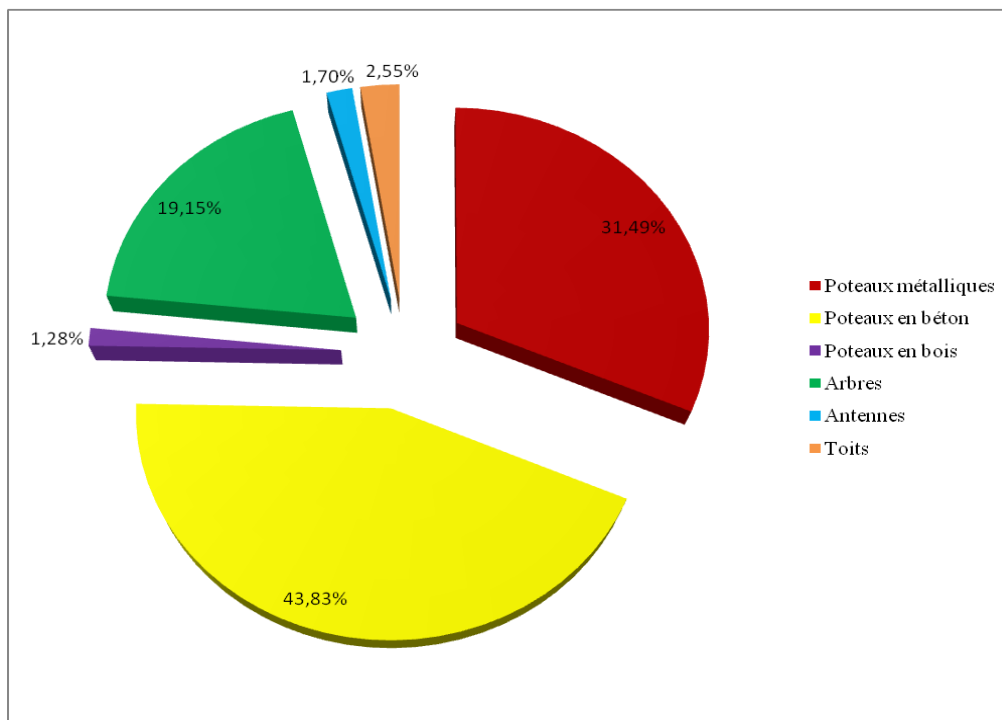


Figure IV.15. Répartition des nids de la Cigogne blanche selon les types de leurs supports au niveau de Guerbes-Sanhadja.

Les sites étudiés montrent une différence en ce qui concerne la distribution des nids sur les types de supports utilisés (Figure IV.16). La plupart des sites présente une diversité des supports sauf le site de Guerbes qui renferme uniquement deux types : les poteaux électriques bétonnés et métalliques. Ces derniers sont utilisés au niveau de tous les sites alors que les poteaux en bois n'ont été adoptés qu'à Ben Azzouz Nord-Ouest. La figure montre la dominance des poteaux en béton dans presque tous les sites sauf à Ben Azzouz Nord où leur proportion est minimale. Les poteaux métalliques sont dominants à Ben Azzouz Nord et rares au niveau de Ben Azzouz Centre et Zaouia 2. L'adoption des arbres est aussi fréquente dans la région, atteint son maximum à Ben Azzouz Nord et son minimum à Zaouia 1. Quant aux

toits et antennes, ils sont rares et occasionnels, ils sont présents surtout au village de Ben Azzouz (Ben Azzouz Centre) et dans le site de Zaouia 2.

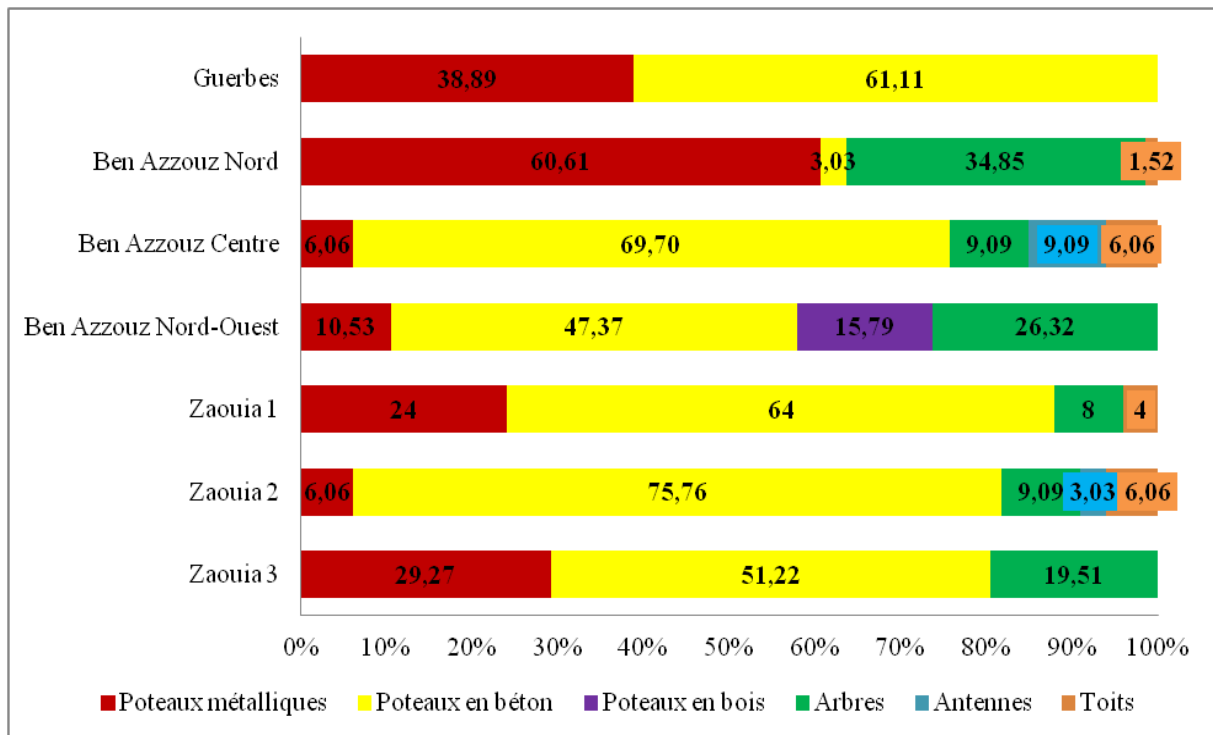


Figure IV.16. Répartition des nids de la Cigogne blanche en fonction des sites selon les types de leurs supports au niveau de Guerbes-Sanhadja.

IV.2. 3. Les supports des nouveaux nids

Ils nous donnent une idée sur la tendance de la population actuelle à la sélection des sites de nidification qui répondent aux besoins écologiques de l'espèce. Nos résultats (Figure IV.17) montrent que l'espèce adopte principalement trois types de supports : les poteaux électriques métalliques et en béton et les arbres. Pendant la saison 2017-2018, les proportions des nouveaux nids construits sur ces supports sont égales, environ un tiers (1/3) pour chacun des supports. Au cours de la deuxième saison, la proportion des nouveaux nids installés sur les poteaux métalliques et les arbres a augmenté avec la dominance du premier type, contrairement à celle des poteaux en béton qui a diminué. Quant aux antennes et toits, ils sont toujours rares et leur adoption est occasionnelle, mais restent encore intéressés par l'espèce.

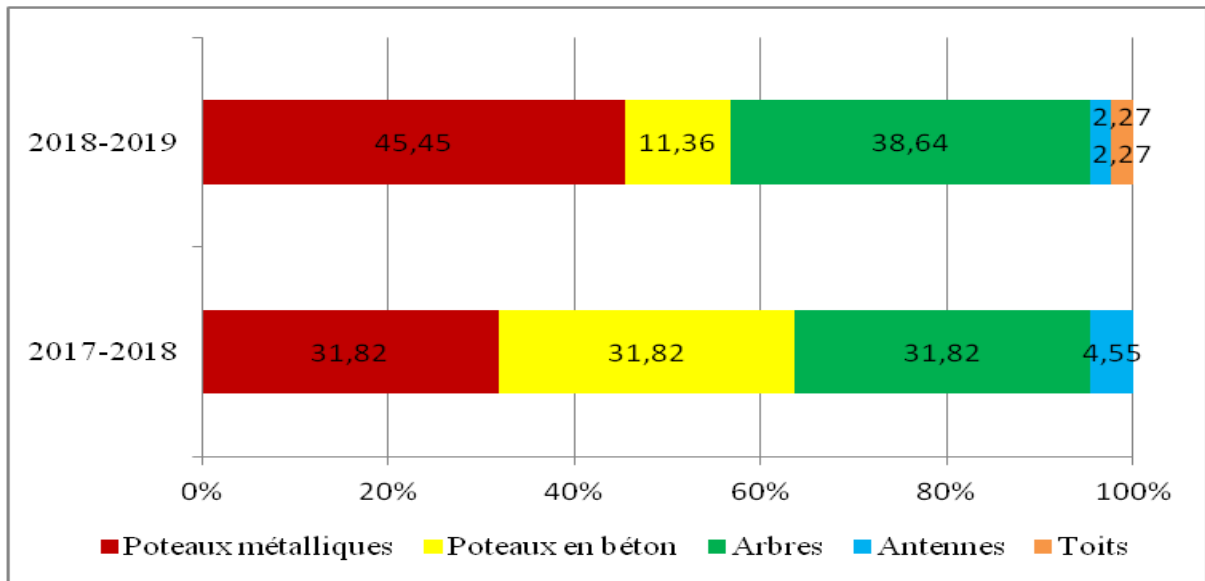


Figure IV.17. Types de supports de nouveaux nids de la Cigogne blanche au niveau de Guerbes-Sanhadja.

IV.2. 4. Les supports des nids perdus

La nature de supports des nids perdus interprète la qualité de ces supports et nous donne plus d'informations sur les détails qui causent cette perte. L'analyse de ces données aide à proposer d'éventuelles solutions en cas de gestion de cet éco-complexe ou de mesures de protection de l'espèce *in situ*. La figure ci-dessous (Figure IV.18) montre que cette perte de nids concerne tous types de supports sauf les antennes. La perte est maximale pour les poteaux électriques en béton et minimale pour les toits et les poteaux en bois malgré la proportion faible de ces deux derniers types. La perte est fréquente également dans les poteaux métalliques et les arbres qui perdent une proportion égale et importante de leurs nids.

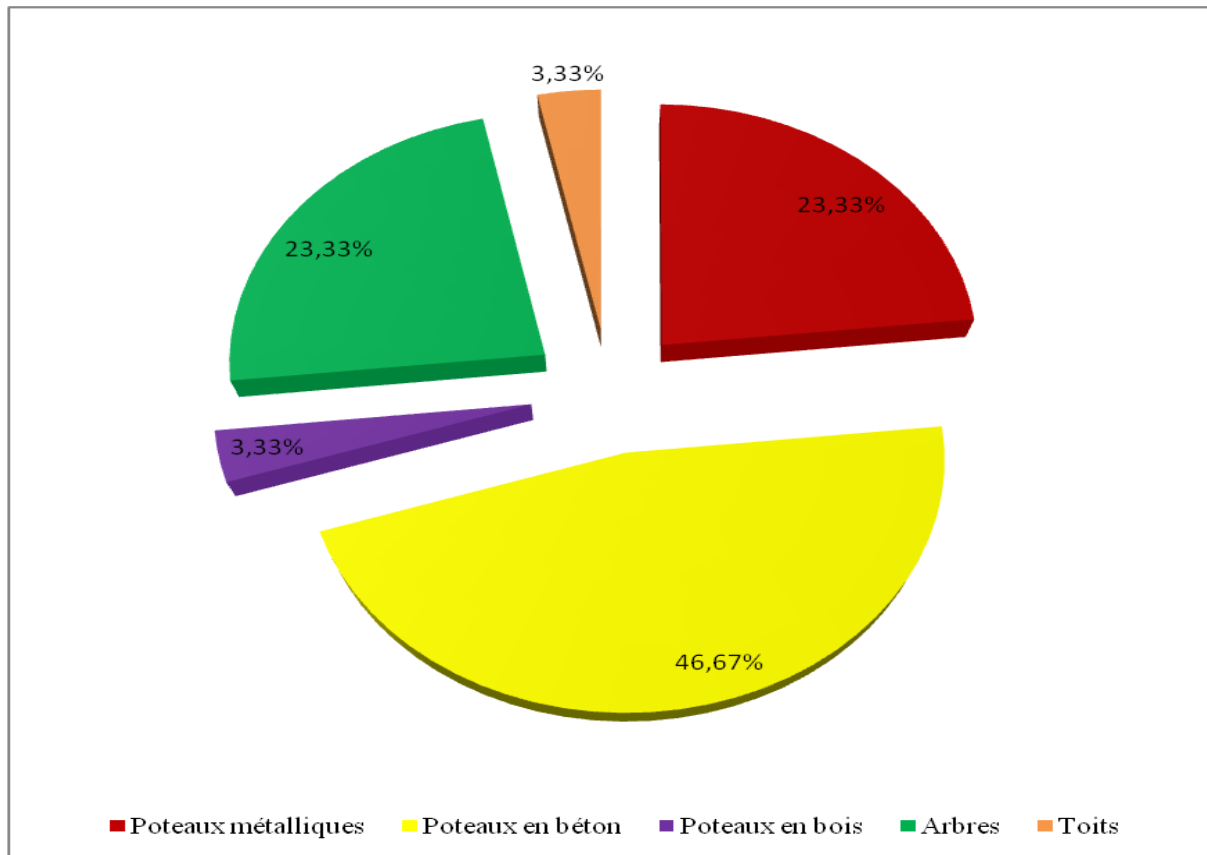


Figure IV.18. Types de supports des nids perdus de la Cigogne blanche au niveau de Guerbes-Sanhadja.

IV.2. 5. Répartition des nids en fonction de leurs hauteurs

La hauteur des nids par rapport au sol pourrait expliquer la sélection ou l'adaptation de l'espèce aux changements de son environnement physique et donc, l'adoption sélective de certains types de supports. Nos données (Tableau IV.2) présentent une diversité en ce qui concerne l'élévation des nids par rapport au sol. La hauteur approximative moyenne des nids est de l'ordre de 8,09 mètres (m) avec une valeur maximale de 22 m et minimale de 3 m. Cette hauteur diffère en fonction de différents types de supports, la moyenne est maximale sur les antennes (16 m) et minimale sur les arbres (5,75 m). L'analyse de ces données nous a permis de distribuer les nids en trois catégories en fonction de leurs hauteurs (Figure IV.19). La plupart des nids (62,13 %) est localisée à [8-12 m] par rapport au sol, ce qui convient à la hauteur moyenne généralisée pour tous les nids et particulièrement à celle des poteaux électriques qui dominant dans la région. La deuxième catégorie (36,17 %) concerne les nids localisés à une hauteur comprise entre 3 et 7 m, c'est à cet intervalle que la hauteur moyenne des arbres fait partie. Enfin, la faible proportion des nids soit 1,70 % est distribuée sur une

L'analyse des deux courbes montre que la Cigogne blanche passe environ huit (8) mois au cours de sa phase de reproduction au niveau de Guerbes-Sanhadja. Les cigognes sont venues et parties tôt pendant la saison 2017-2018 par rapport à la deuxième saison (2018-2019) où elles se sont attardées d'environ un mois de leur arrivée et leur départ en migration postnuptiale. Pour la première saison, les premiers individus ont été observés le 24/11/2017 au niveau de Zaouia 2 avec une arrivée tardive remarquable dans le site Guerbes, les derniers ont quitté leurs nids le 18/08/2018 avec un départ avancé dans le site Zaouia 2. Pour la deuxième saison, l'arrivée des cigognes est notée le 22/12/2018 pour la plupart des sites avec également un attardement au niveau de Guerbes, leur départ final s'est allongé vers le 10/09/2019 avec un départ avancé pour les sites de Guerbes et Ben Azzouz Centre.

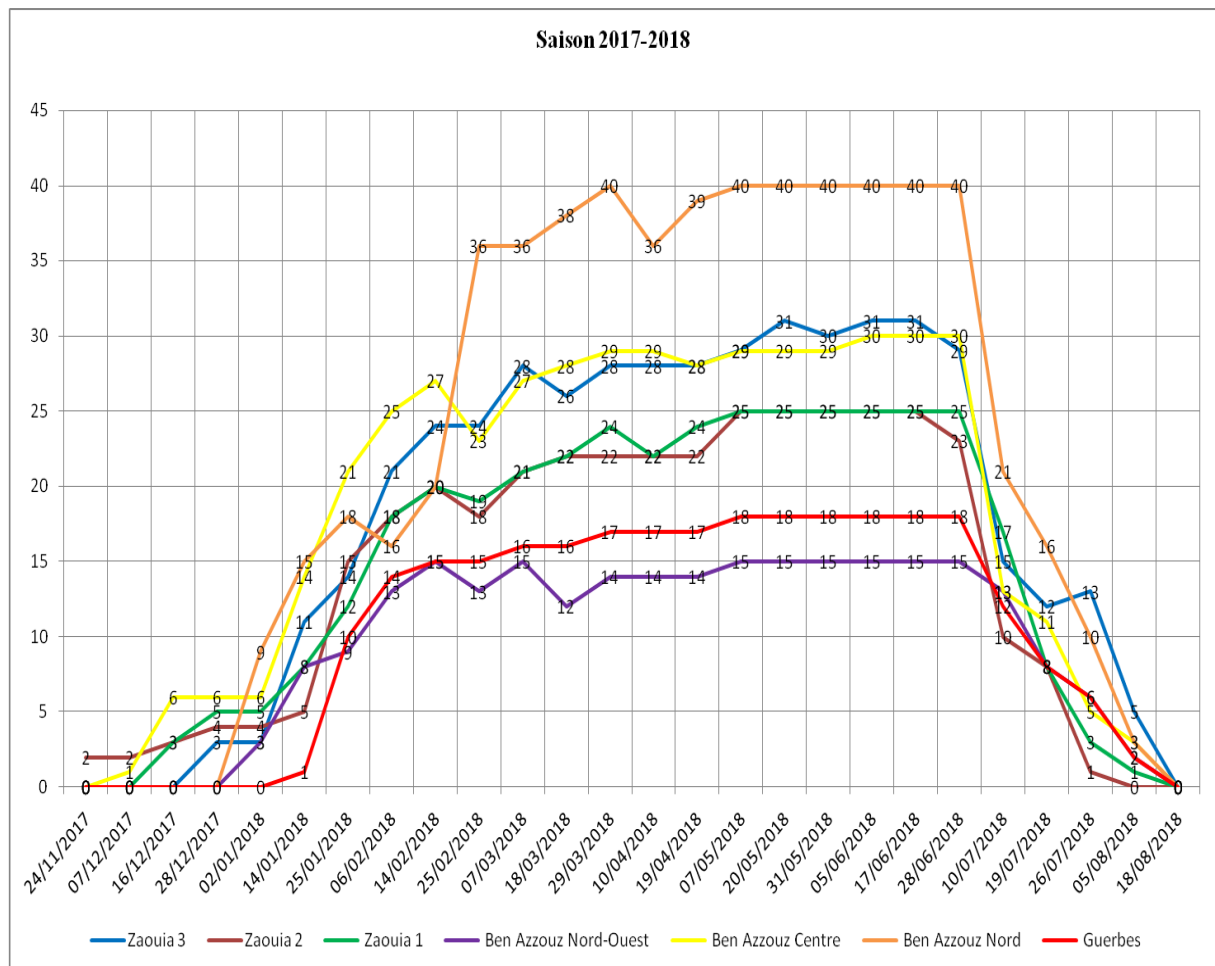


Figure IV.20. Fluctuations spatio-temporelles du nombre de nids occupés de la Cigogne blanche (HPa) dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja (2017-2018).

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

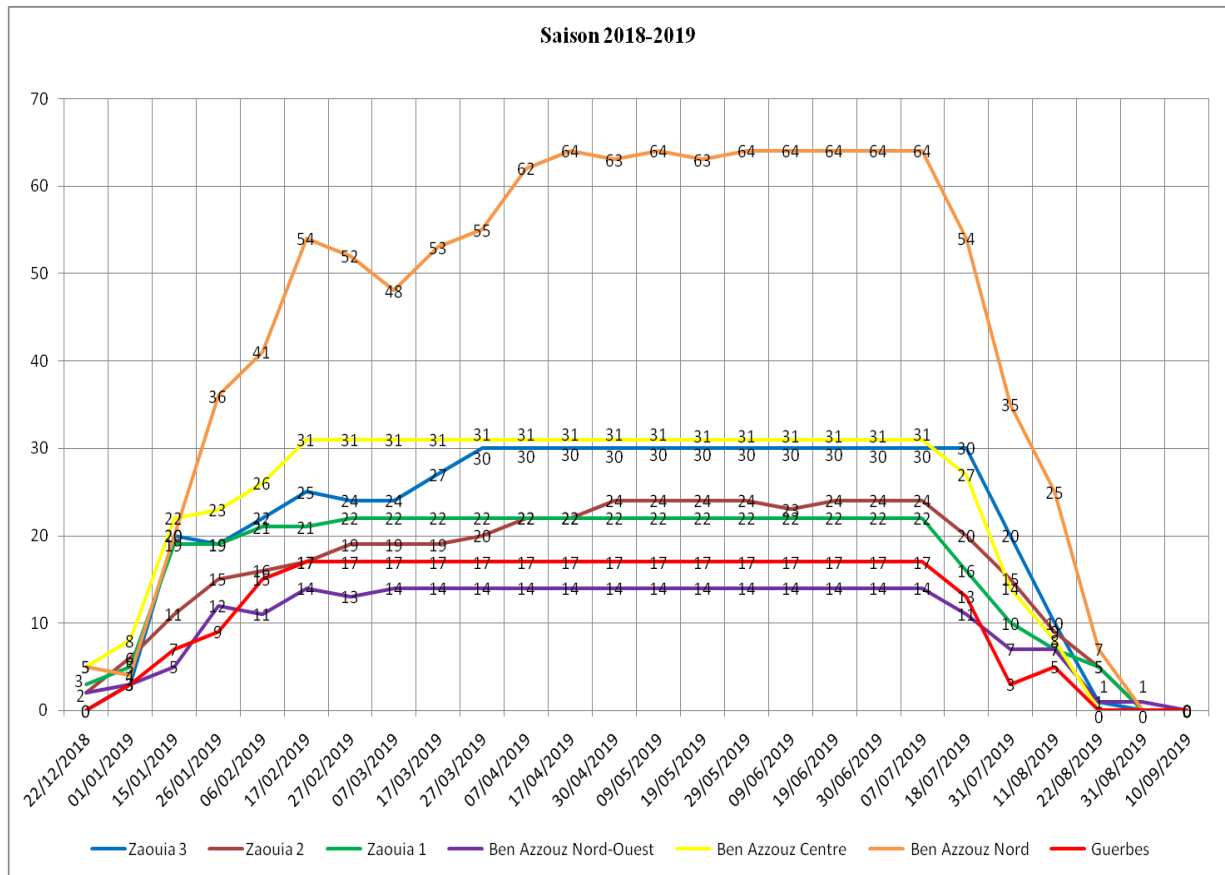


Figure IV.21. Fluctuations spatio-temporelles du nombre de nids occupés de la Cigogne blanche (HPa) dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja (2018-2019).

On peut diviser les courbes en quatre phases distinctes selon les fluctuations observées, ces phases sont bien visibles durant la saison 2017-2018 (Figure IV.20) : la première concerne le début d'installation de l'espèce qui est caractérisée par l'arrivée des premiers couples nicheurs en petits nombres et avec des fluctuations simples, elle s'étale du 24/11/2017 au 02/01/2018. La deuxième phase est caractérisée par une accélération d'arrivée des couples en groupes, elle débute du 14/01/2018 jusque le 19/04/2018. La troisième (du 07/05/2018 au 28/06/2018) est celle de stabilité du nombre de nids occupés. La dernière phase représente la phase de décroissement de la population en terme de l'abondance des nids occupés et le départ en migration automnale à partir de 10/07/2018 jusqu'à la fin de la période. En revanche, en 2018-2019 (Figure IV.21), les périodes qui représentent ces phases varient en fonction des sites, surtout la deuxième et la troisième phase. L'installation des premiers couples débute le 22/12/2018 jusque le 01/01/2019. La phase d'accélération commence dès le 15/01/2019 jusqu'au 17/02/2019 pour les sites de Ben Azzouz Centre, Ben

Azzouz Nord-Ouest, Zaouia 1 et Guerbes ; au 17/03/2019 au niveau de Zaouia 3 et au 17/04/2019 dans les sites de Ben Azzouz Nord et Zaouia 2. La phase de stabilité commence dans le même ordre des sites mentionnés, respectivement du 27/02/2019 au 07/07/2019 ; du 27/03/2019 au 18/07/2019 ; du 30/04/2019 au 07/07/2019. Enfin, le départ des individus commence en général le 18/07/2019 jusqu'à la fin de la saison.

IV.3.2. Fréquence des accouplements

Les accouplements observés sur les nids de la Cigogne blanche sont fréquents de Janvier à Aout (Figure IV.22) soit avant, durant et après la phase exacte de sa reproduction. Ils s'intensifient durant le mois de Mars (saison 2017-2018) et le mois de Février (saison 2018-2019) et deviennent moins fréquents généralement après la période qui s'étale de Janvier à Mars.

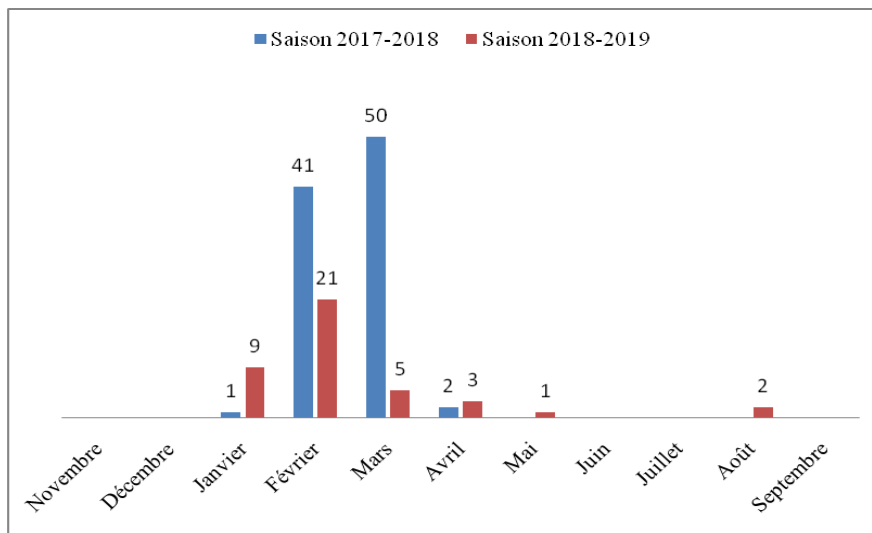


Figure IV.22. Chronologie de déroulement des accouplements de la Cigogne blanche dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja.

IV.3.3. Chronologie d'apparition des jeunes

Concernant la reproduction de l'espèce, nous n'avons pas suivi strictement la ponte et la couvaison des œufs. Néanmoins, nous avons constaté que la couvaison déroulait plutôt durant le mois d'Avril. Alors que le suivi des jeunes sur nids a été effectué périodiquement (Figure IV.23). D'après la figure, nous notons que les premiers jeunes ont été observés le début Mai (première décade) pour les deux saisons de reproduction. À partir de cette date, le nombre de nids avec jeunes augmente progressivement jusqu'à atteindre son maximum à la fin Juin. Après cette période, ce nombre a baissé rapidement pendant la première saison

(2017-2018) avec un minimum enregistré vers la fin Juillet et diminué graduellement pendant la deuxième saison (2018-2019) pour atteindre sa valeur minimale au début Aout. Les fluctuations de ces nombres révèlent que la période d'élevage des jeunes s'étend en général sur trois (3) mois : Mai, Juin et Juillet, notons que leur envol a lieu après une période avoisine les deux mois pour la plupart des jeunes avec un retardement remarqué pour la saison (2018-2019). Ce retardement coïncide avec le départ tardif des individus en migration postnuptiale qui est noté à la même saison dans la figure (IV.21).

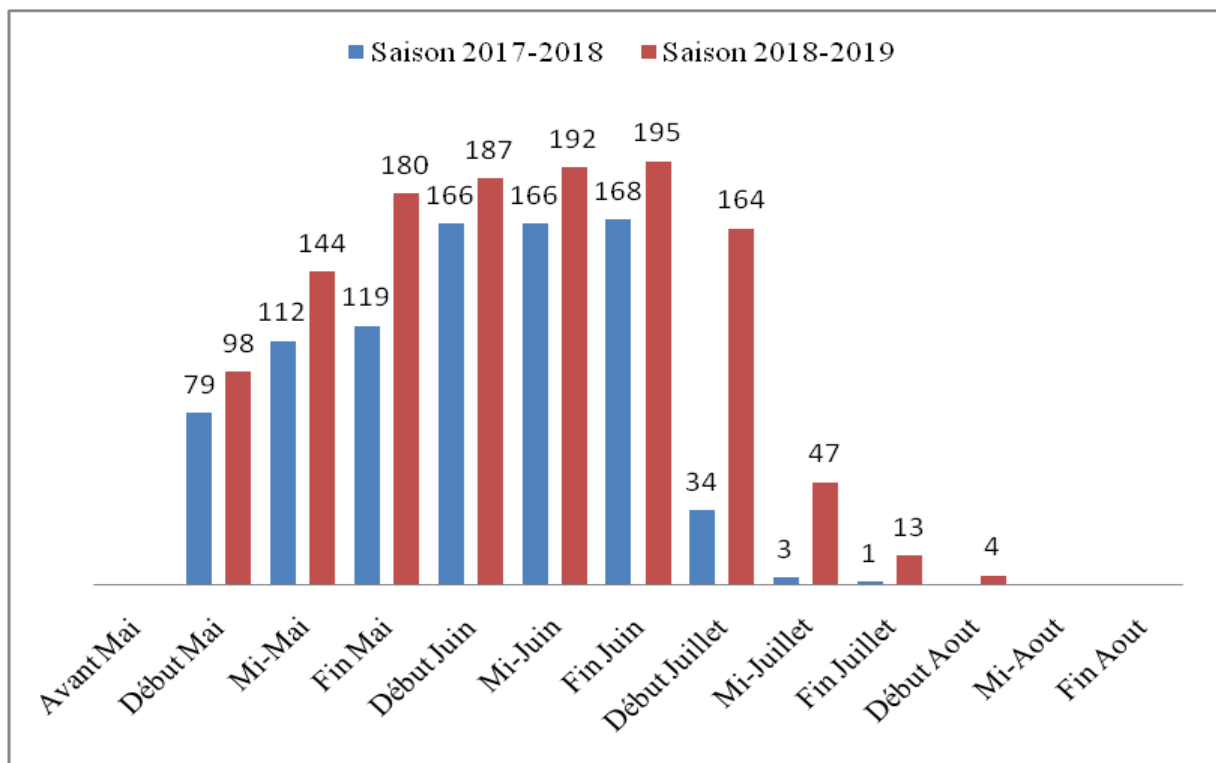


Figure IV.23. Fluctuations temporelles du nombre de nids de la Cigogne blanche avec jeunes dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja.

IV.3.4. Fluctuations de l'abondance

Ici, les effectifs concernent ceux des individus observés sur les nids suivis périodiquement y compris les adultes et les jeunes cigognes. Les résultats sont représentés dans les figures (IV.24) et (IV.25) ci-dessous.

Les deux graphiques montrent des fluctuations des effectifs durant toute la saison de reproduction. Quatre (4) types de fluctuations sont distingués : une augmentation progressive de l'abondance ; une diminution brève puis ; une seconde augmentation rapide et importante

et finalement un effondrement continu de cette abondance jusqu'à zéro (0) individus. Les phases qui représentent ces types de fluctuations sont respectivement, pour la saison 2017-2018 : de 2 à 284 individus ; de 278 à 303 individus ; de 321 à 617 individus ; de 223 à 0 individus. Pour la saison 2018-2019 : de 18 à 318 individus ; de 313 à 264 individus ; de 493 à 692 individus et ; de 667 à 0 individus. L'abondance maximale pour la première saison (617) est enregistrée le 28/06/2018 et la minimale (0) le 18/08/2018. Pour la deuxième saison, le maximum (692) et le minimum (0) sont notés respectivement le 19/06/2019 et le 10/09/2019.

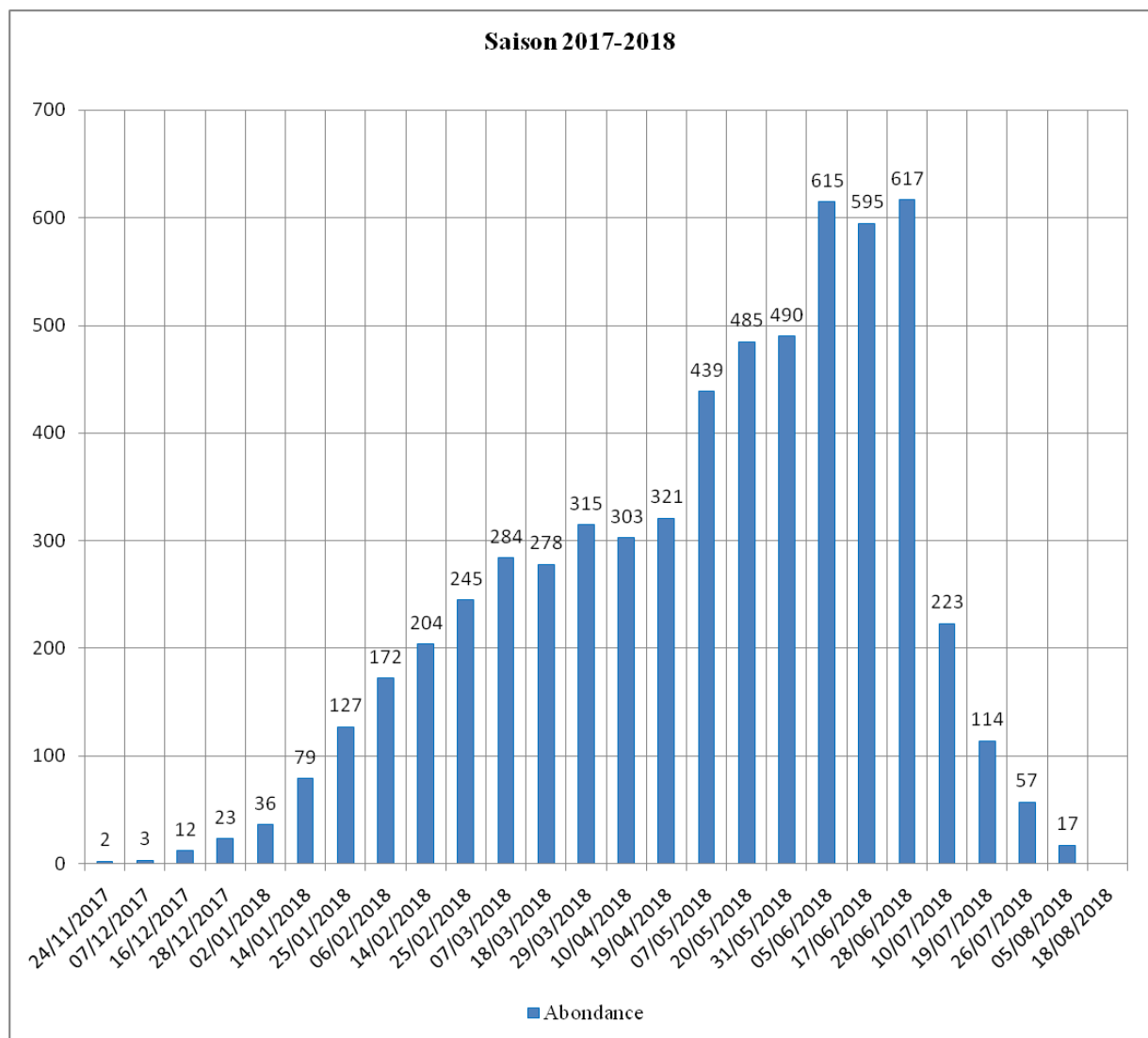


Figure IV.24. Fluctuations temporelles de l'abondance de la Cigogne blanche dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja (2017-2018).

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

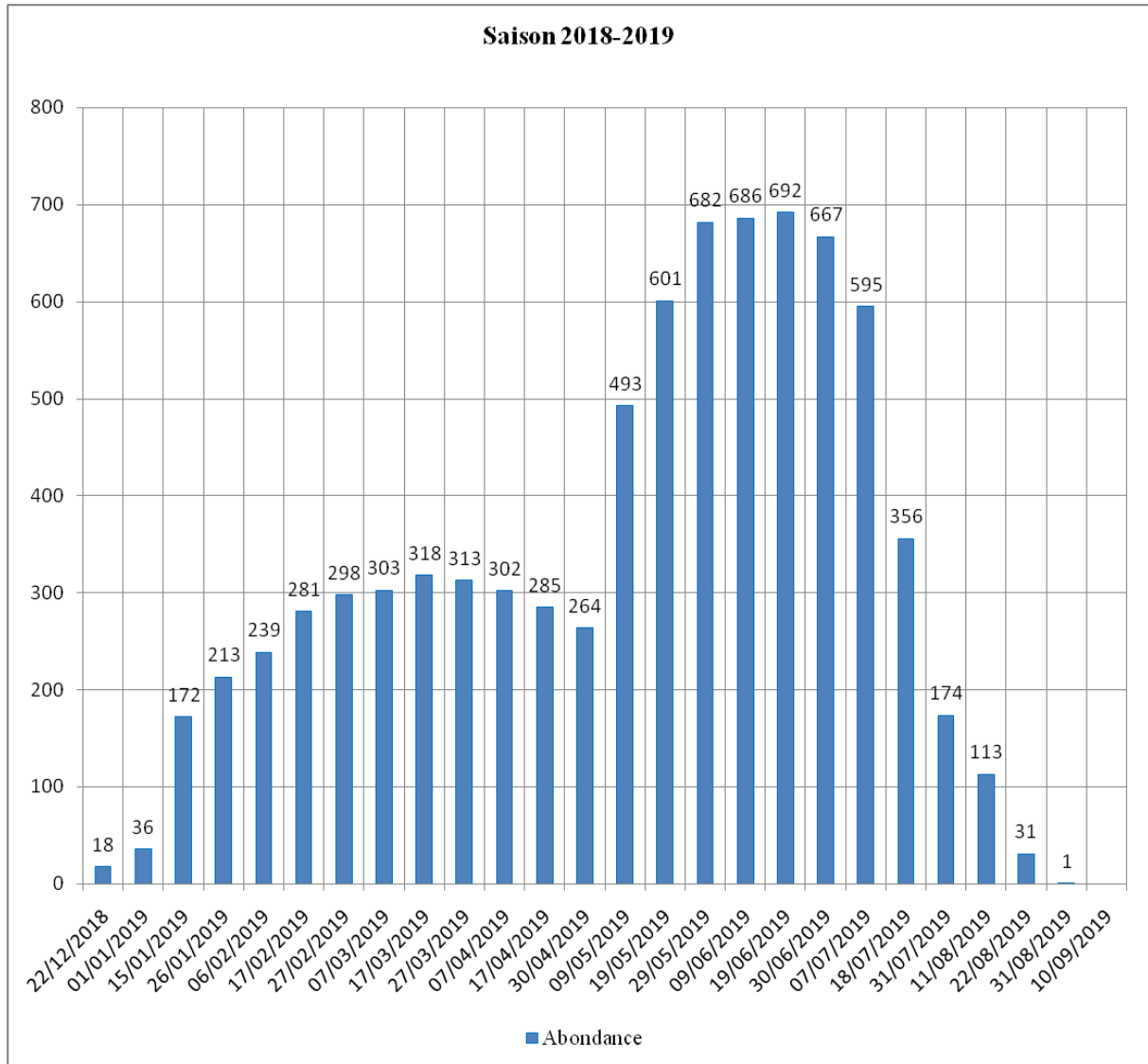


Figure IV.25. Fluctuations temporelles de l'abondance de la Cigogne blanche dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja (2018-2019).

IV.3.5. Succès de la reproduction

Pour mesurer la productivité de l'espèce et afin de faire une comparaison entre les sites étudiés et d'autre saisonnière, nous avons utilisé quelques paramètres démographiques concernant sa reproduction. Ces paramètres concernent le nombre total de couples nicheurs (HPa), le nombre de couples avec succès de reproduction (HPm) et sa proportion par rapport au premier paramètre HPm (%), le nombre total de jeunes émancipés (JZG) et le succès

d'élevage (JZm) qui convient au nombre moyen de jeunes émancipés par couple nicheur ($JZm = JZG/HPm$).

L'analyse des résultats (Tableaux A11 et A12, Annexe I) montre que le nombre total de jeunes émancipés (JZG) est affecté par le nombre de couples nicheurs avec succès (HPm) ; plus HPm est grand, plus on y aura de jeunes émancipés et vis-versa. Par contre, le nombre moyen de jeunes par couple ou succès d'élevage (JZm) semble n'est pas affecté ni par HPm ni par JZG. Néanmoins, une analyse statistique est nécessaire pour tester la liaison entre ces variables.

Le nombre de couples nicheurs (HPa) et celui de couples avec succès de reproduction (HPm) ont augmenté en général de la première à la deuxième saison (de 178 à 202 HPa et de 173 à 194 HPm) et plutôt au niveau de Ben Azzouz Nord (de 40 à 63 HPa et de 40 à 59 HPm) et Zaouia 3 (de 27 à 31 HPa et de 24 à 29 HPm). Cette augmentation a permis également de donner plus de jeunes : le JZG a augmenté par 35 jeunes, de 428 jeunes en 2017-2018 à 463 jeunes en 2018-2019. En revanche, la proportion du HPm a diminué un peu à la deuxième saison pour les sites de Zaouia 2 (de 100 à 91,67 %) et Ben Azzouz Nord (de 100 à 93,65 %), ce qui a baissé légèrement cette proportion généralisée pour l'ensemble de la population (de 97,19 % en 2017-2018 à 96,04 % en 2018-2019). C'est la même chose pour le succès d'élevage (JZm) qui a encore diminué à la même saison (2018-2019) par rapport à la première saison (2017-2018) (de 2,47 à 2,39 jeunes par couple) et dans la plupart des sites sauf pour les colonies de petite taille (Ben Azzouz Nord-Ouest et Guerbes) où cette moyenne a augmenté.

Pour la première saison (Tableau A11, Annexe I), le succès d'élevage est élevé au niveau de Zaouia 2 (2,74 jeunes par couple) et Zaouia 3 (2,71 jeunes par couple) par rapport aux autres sites, avec une valeur maximale dans le premier site et minimale dans le site de Guerbes (2,17 jeunes par couple). Pour la deuxième saison (Tableau A12, Annexe I), le maximum est enregistré au niveau de Zaouia 1 et Ben Azzouz Nord-Ouest (2,5 jeunes par couple). Par contre, le minimum de cette valeur concerne le site de Zaouia 3 (2,31 jeunes par couple). En plus, le site de Ben Azzouz Nord a présenté un succès d'élevage relativement faible qui avoisine une moyenne de 2,3 jeunes par couple.

IV.4. Dispersion spatio-temporelle des individus

IV.4.1. Description de l'itinéraire

Pour chaque colonie et pendant chaque sortie, nous avons suivi la dispersion dans l'espace, des individus à partir de leurs nids. Les cigognes prennent plusieurs directions par rapport à leurs sites de nidification pour rejoindre leurs sites de gagnage (souvent les milieux trophiques), la distance que fait cet itinéraire est également différente en fonction des sites, de l'habitat et de la période de l'année. Nos observations montrent que la distance entre les individus de la Cigogne blanche et leurs nids varie en général, entre cent (100) mètres et un (1) kilomètre dans la plupart des sites excepté celui de Ben Azzouz Nord où les individus ne s'éloignent pas généralement de leurs nids (100-400 m). Les individus qui ont leurs nids au niveau des agglomérations humaines parcourent plus de distances que ceux des milieux les plus ruraux (Ben Azzouz Nord, Zaouia 3, Ben Azzouz Nord-Ouest). Ainsi, cet éloignement devient de plus en plus grand chaque fois on approche de la période estivale.

Quant à l'orientation des individus, nous avons noté la direction de chaque individu observé par rapport à son site de nidification et en fonction des quatre directions principales (Nord, Sud, Est, Ouest). En raison de la rareté des cas d'observations pour ce paramètre, nous avons regroupé les résultats des deux saisons (2017-2018 et 2018-2019) et les effectifs ont été convertis en pourcentages. Les résultats sont représentés dans la figure suivante :

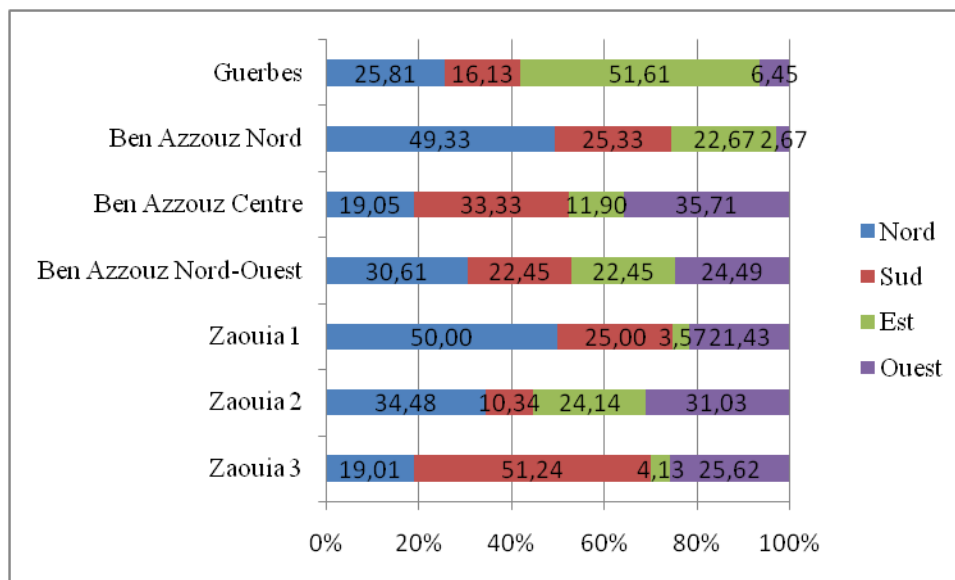


Figure IV.26. Distribution des individus de la Cigogne blanche par rapport à leurs sites de nidification au niveau de Guerbes-Sanhadja.

Dans la plupart des sites, les individus adoptent une direction principale qui attire presque la moitié des individus observés, cette proportion est dotée pour la direction Est au site Guerbes, la direction Nord à Ben Azzouz Nord et Zaouia 1, et la direction Sud pour celui de Zaouia 3. Pour les sites de Zaouia 2 et Ben Azzouz Centre, les cigognes prennent deux directions principales avec des proportions presque égales (environ un tiers pour chacune), elles concernent le nord et l'ouest du premier site, le sud et l'ouest du deuxième site. Enfin, pour le site de Ben Azzouz Nord-Ouest, les individus adoptent les quatre directions en proportions proches, avec de préférence pour le nord de ce site. Par contre, certaines directions ont été négligées dans certains sites, il s'agit de la direction Ouest au niveau de Guerbes et Ben Azzouz Nord et la direction Est au niveau de Zaouia 1 et Zaouia 3.

Nos résultats sont également présentés en fonction de différentes périodes de la saison (Figure IV.27) pour mettre en évidence d'une part, les fluctuations temporelles et d'autre part, l'impact des variations climatiques. Nous avons fixé deux périodes principales : l'une s'étale de novembre à mai, l'autre de juin à septembre. Ce choix est basé sur trois critères : la présence de l'espèce, les conditions climatiques (période humide vs période sèche) et le début du changement de cet itinéraire qui est basé sur les observations sur terrain.

D'après la figure ci-dessous, nous observons qu'il existe quatre types de fluctuations spatio-temporelles pour le paramètre étudié, avec l'existence de ressemblances entre certains sites :

1. Pour les sites de Guerbes et Zaouia 3, la direction principale et négligée restent encore les mêmes. Pour les restes, il ya une augmentation de l'une aux dépens de l'autre.
2. Au niveau de Ben Azzouz Centre, Ben Azzouz Nord et Zaouia 2, les individus ont pris de nouveaux itinéraires à la période sèche (Juin-Septembre) qui sont devenus principaux. Il s'agit des directions qui n'étaient pas adoptés par les cigognes à la période humide (Novembre-Mai).
3. Pour le site de Ben Azzouz Nord-Ouest, la direction qui était principale (Est) est devenue négligée et vis-versa.
4. Finalement pour le site de Zaouia 1, les individus ont quitté ou négligé certaines directions qui étaient adoptées à la période humide et ont pris presque une seule direction principale (Sud) à la période sèche.

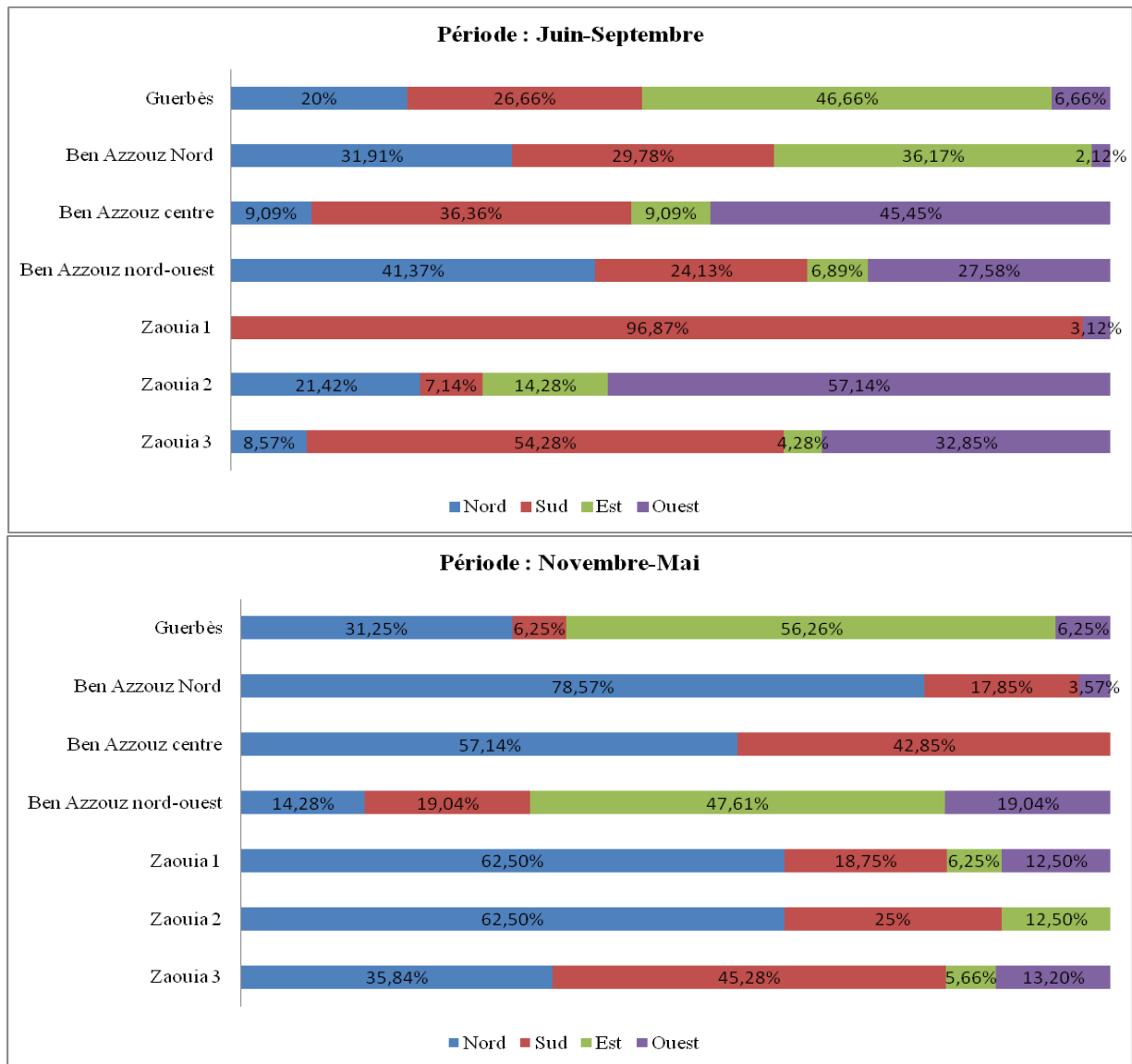


Figure IV.27. Fluctuations spatio-temporelles de la distribution des individus de la Cigogne blanche par rapport à leurs sites de nidification au niveau de Guerbès-Sanhadja.

IV.4.2. Dispersion des individus sur les milieux trophiques

Le suivi des individus au niveau de Guerbès-Sanhadja nous a permis de distinguer principalement cinq (5) types de milieux trophiques utilisés par l'espèce (Figure IV.28).

1. **Les prairies humides :** elles se trouvent souvent près des plans d'eau (garaets) et à proximité des cours d'eau (sur les plaines d'inondation). Ces prairies renferment une certaine humidité qui varie en fonction des saisons, des conditions météorologiques et de l'hydrologie de la région. Les prairies humides sont privilégiées localement pour le pâturage.

2. **Les prairies marécageuses** : elles se forment exceptionnellement en hiver jusqu'à mai et plutôt à proximité des garaets. Ce sont des prairies temporairement inondées.
3. **Les friches** : qui sont représentées essentiellement par les cultures abandonnées, les friches sont relativement sèches avec une végétation moins dense.
4. **Les cultures irriguées** : ce sont généralement les cultures maraichères qui sont pratiquées en période estivale (surtout des tomates).
5. **Les garaets** : plans d'eau douce entre marais et marécages, ce sont des cuvettes fermées ou s'ouvrent étroitement vers les cours d'eau. Elles représentent les zones humides les plus fréquentes dans la région.



Figure IV.28. Types principaux des milieux trophiques fréquentés par la Cigogne blanche au niveau de Guerbes-Sanhadja. PH = prairie humide (S. Babouri, le 10/04/2018) ; GAR = garaet (S. Babouri, le 11/01/2020) ; CI = cultures irriguées (S. Babouri, le 27/07/2018); PM = prairie marécageuse et FR= friche (S. Babouri, le 11/01/2020).

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

L'analyse des résultats concernant la dispersion des individus sur ces milieux trophiques montre une répartition différentielle pour chaque type (Figure IV.29). Le même ordre a été noté pendant les deux saisons, pour chacun de ces types de milieu en terme de l'abondance de l'espèce observée au niveau de ces milieux. La plupart des effectifs a été observée au niveau des garaets, cette proportion est suivie par celle des prairies humides qui atteint environ un quart (1/4) à la saison 2017-2018. Par contre, les effectifs sont plutôt faibles dans les autres milieux trophiques qui sont représentés -par ordre décroissant- par les cultures irriguées, les friches et les prairies marécageuses.

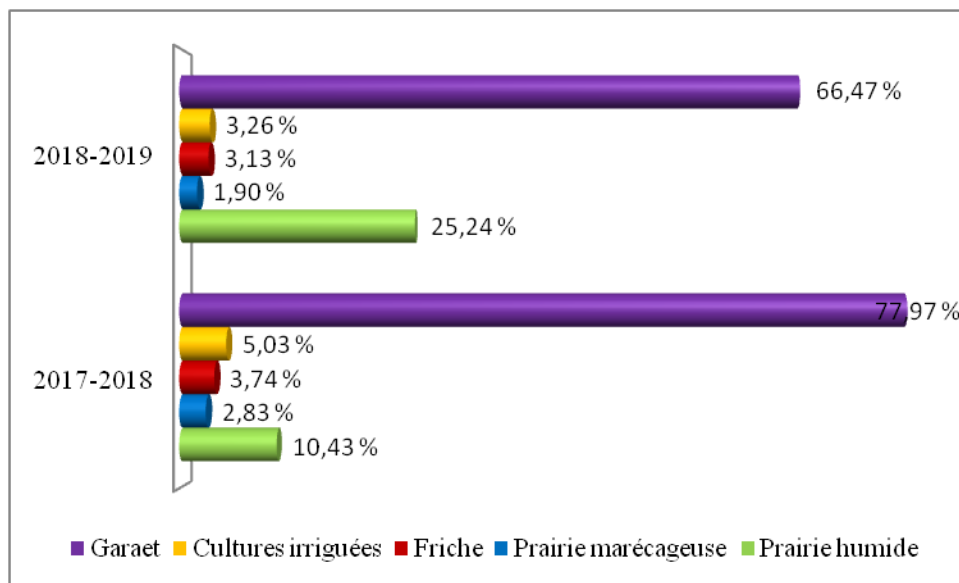


Figure IV.29. Distribution des effectifs de la Cigogne blanche selon les types des milieux trophiques au niveau de Guerbes-Sanhadja.

Les résultats montrent également des fluctuations spatio-temporelles de ces effectifs en fonction de ces milieux trophiques et des mois pour chaque saison (Figures IV.30 et IV.31). D'après ces figures, les prairies humides sont utilisées pour une longue durée (presque toute la saison). Les prairies marécageuses et les friches sont fréquentées généralement de janvier à mai (à la période humide). Concernant les garaets et les cultures irriguées, elles sont fréquentées plutôt en période estivale (de mai à septembre) qui représente la période sèche de l'année.

En terme de l'abondance, les garaets accueillent des effectifs plus élevés par rapport aux autres milieux, cette abondance est maximale pendant le mois de juillet en 2017-2018 et celui d'août en 2018-2019. Au niveau des prairies humides avec une abondance plutôt faible (2017-2018) à moyenne (2018-2019), les effectifs augmentent progressivement pour

atteindre le maximum à mai puis, ils diminuent à nouveau jusqu'à la fin de la saison. Pour les friches et les prairies marécageuses, l'abondance atteint sa valeur maximale également à mai mais avec des fluctuations (augmentation/diminution) des effectifs qui sont plus faibles que ceux des prairies humides. Enfin, les cultures irriguées présentent des effectifs plus faibles que ceux des derniers (prairies humides) mais plus abondants que ceux des friches et prairies marécageuses. Cette abondance est maximale pour le mois de juin (2017-2018) et celui de juillet (2018-2019). Quant aux valeurs minimales des effectifs, elles concernent à la fois le début de fréquentation de ces milieux pour les garaets et les prairies humides (pour les deux saisons) tandis qu'au niveau des autres milieux, ces valeurs concernent plusieurs périodes selon la saison et le type de milieu.

L'analyse de ces données révèle que la Cigogne blanche utilise deux types principaux de milieux trophiques, l'un est utilisé en période estivale sèche avec des effectifs très importants (les garaets), l'autre est utilisé régulièrement durant toute la saison de reproduction et avec des effectifs relativement moyens (les prairies humides). Les autres milieux sont utilisés occasionnellement avec des effectifs plutôt faibles en période humide (friches et prairies marécageuses), ou encore en période sèche (les cultures irriguées).

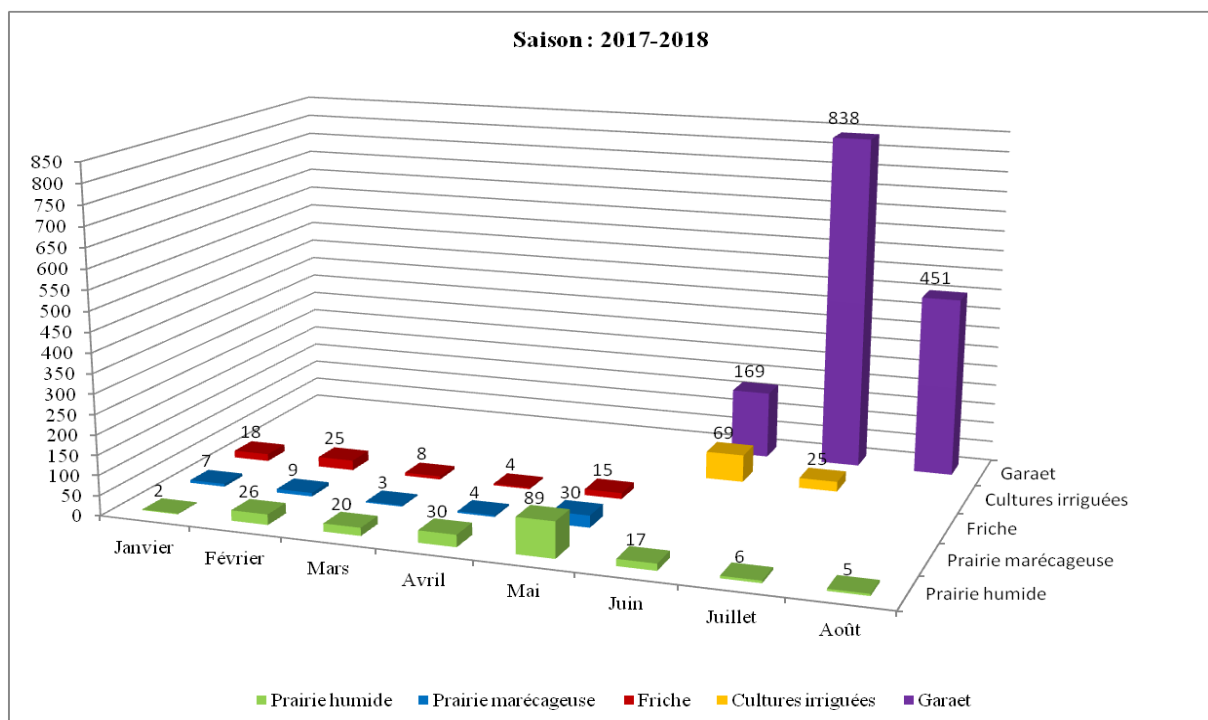


Figure IV.30. Distribution mensuelle des effectifs de la Cigogne blanche en fonction des milieux trophiques au niveau de Guerbes-Sanhadja (2017-2018).

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

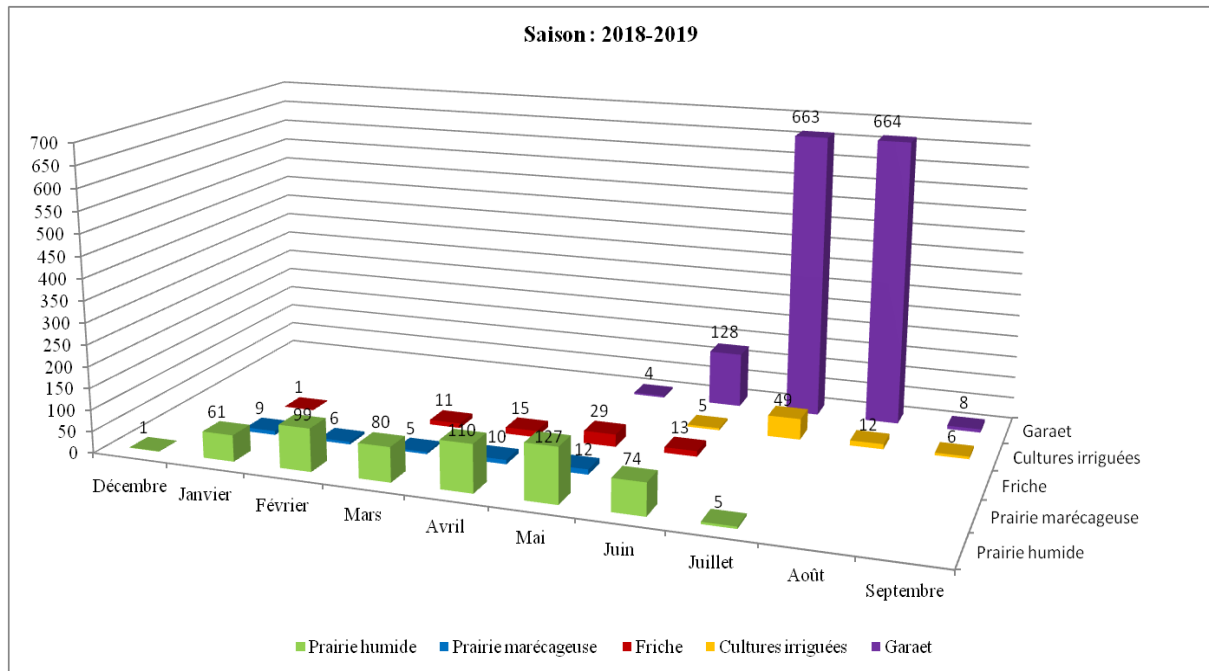


Figure IV.31. Distribution mensuelle des effectifs de la Cigogne blanche en fonction des milieux trophiques au niveau de Guerbes-Sanhadja (2018-2019).

IV.5. Résultats de l'analyse statistique

IV.5.1. L'analyse descriptive univariée

L'analyse descriptive unidimensionnelle ou élémentaire est dédiée aux données de la distribution spatiale des nids de la Cigogne blanche qui est exprimée en nombre de nids par site ou colonie (Figure IV.2). Cette analyse concerne le minimum (Min.), le maximum (Max.), la moyenne (Moy.), l'écart type et le coefficient de variation CV (%) pour les colonies des villages, des milieux ruraux et pour tous les sites étudiés (voir Tableau A13, Annexe I). L'analyse a été effectuée à l'aide de l'Excel 2007.

Les résultats de cette analyse (Tableau A13, Annexe I) montrent que le minimum et le maximum du nombre de nids par colonie concernent les milieux ruraux. De plus, la valeur maximale pour ces derniers (63) est clairement supérieure à celle des villages (31) qui n'est pas loin de la moyenne enregistrée pour tous les sites qui est environ 29 nids/site. Ainsi, la moyenne des milieux ruraux est supérieure à la moyenne totale ($36,67 > 29,29$) contrairement aux villages où la moyenne est inférieure à cette valeur ($23,75 < 29,29$). Par suite, nous observons que l'écart type qui représente l'éloignement des observations par rapport à la moyenne est plus grand dans les milieux ruraux que dans les villages où cet écart est plutôt

faible, cela signifie que la population de la Cigogne blanche est peu dispersée au niveau de ces derniers et plus dispersée dans les milieux ruraux. Enfin, le coefficient de variation CV (%) sera automatiquement plus grand lorsque l'écart type est également plus grand par rapport à la moyenne. Nous constatons bien que cet indicateur est élevé dans les colonies situées dans la partie rurale de cet éco-complexe comparativement aux villages où il est plus faible. Cette indication révèle que les nids de la Cigogne blanche sont distribués de façon plus homogène tant dans les villages que dans les milieux ruraux.

A partir de cette analyse et en se basant sur les données de la figure (IV.8) qui montre la prédominance des milieux ruraux en ce qui concerne la distribution des nouveaux nids (pour les deux saisons) et que cette distribution soit plus hétérogène que dans les villages, on peut supposer que la dispersion de la population de la Cigogne blanche nicheuse au niveau de Guerbes-Sanhadja soit hétérogène. Cette hétérogénéité résulte du fait que la population de sa partie rurale - qui domine - est plus dispersée dans le milieu avec des effectifs plutôt extrêmes entre faibles et grands. Tandis que les villages abritent une population plus homogène, peu dispersée et avec des effectifs généralement voisins autour de la moyenne.

IV.5.2. Résultats de l'ACP

(i). Pour la saison 2017-2018 (ACP₁)

Les données à analyser déjà présentées (*cf.* chapitre III) concernent quelques paramètres démographiques de l'espèce qui sont toutes quantitatives. En premier temps le logiciel (XLSTAT 2020) fournit des résultats préliminaires s'agissant d'une analyse statistique descriptive univariée (minimum, maximum, moyenne et écart-type) (Tableau A14, Annexe I) et bivariée (matrice de corrélation des variables étudiées) (Tableau A15, Annexe I). Ensuite, il expose en détail, les résultats de l'analyse multivariée (ACP) qu'on s'intéresse plutôt des corrélations variables-facteurs (Tableau A16, Annexe I) qui vont permettre de donner un sens aux facteurs et le résultat fondamental qui est le graphique des variables et observations (Figure IV.32). Les premiers axes retenus (F1 et F2) pour la réalisation du graphique expriment 4,70 de variance soit 94,05 % de la variance totale : 3,10 pour F1 (soit 61,99 %) et 1,60 pour F2 (soit 32,06 %).

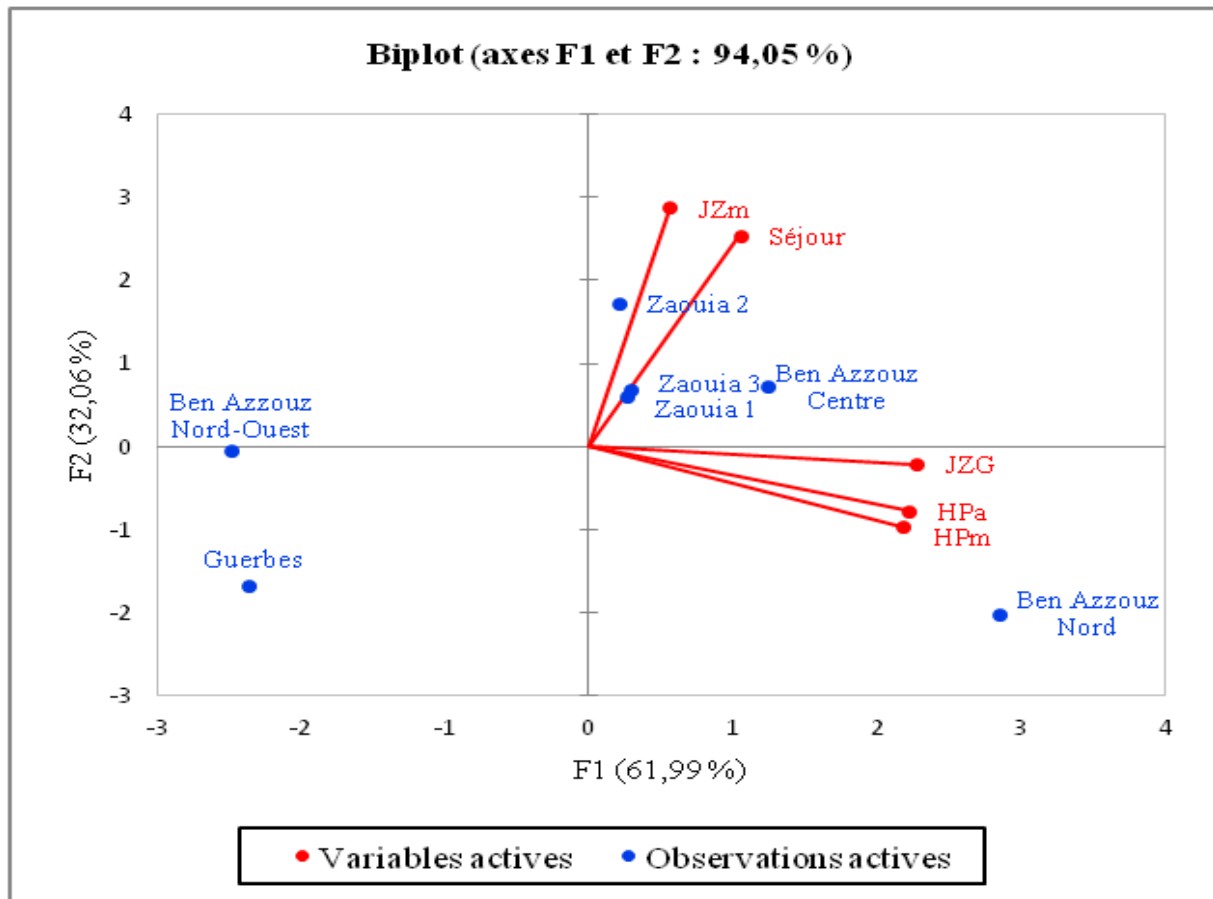


Figure IV.32. Biplot (F1 x F2) de l'ACP des données des paramètres démographiques de la Cigogne blanche au niveau de Guerbes-Sanhadja (2017-2018).

Interprétation

Selon les tableaux annexes (Tableaux A15 et A16, Annexe I), nous observons d'une part, que les variables HPa, HPm et JZG sont significativement positivement corrélées, ces derniers ont des corrélations plutôt faibles avec les deux variables restantes (séjour et JZm) qui sont également positivement corrélés. D'autre part, les trois premières variables (HPa, HPm et JZG) ont des corrélations assez fortes et positives avec l'axe F1 et autres faibles et négatives avec l'axe F2, alors que les deux variables restantes ont des corrélations positives fortes avec l'axe F2 et plutôt faibles avec l'axe F1. Nous observons également sur le graphique (Figure IV.32) que les variables HPa, HPm et JZG sont associées (liées) et situées à droite de l'axe F1, de même pour les variables séjour et JZm qui sont situées en haut de l'axe F2. De plus, les vecteurs des trois premières variables forment avec ceux des deux autres des angles proches de 90° ce qui signifie qu'il n'existe pas pratiquement d'une liaison significative entre ces deux groupes de paramètres. Autrement dit, le succès d'élevage (JZm)

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

est lié plutôt au séjour de l'espèce dans le site de reproduction. Ainsi, plus les individus (sites) ont un score élevé sur l'axe F1, plus ils ont de couples nicheurs (HPa), de couples avec succès (HPm) et de jeunes émancipés (JZG) et vis versa. De même pour l'axe F2 : plus les sites sont situés en haut, plus le succès d'élevage (JZm) est élevé et l'espèce passe plus de temps au niveau de ces sites. Revenons au graphique (Figure IV.32), nous voyons bien que les sites qui ont moins de couples nicheurs et qui ont produit moins de jeunes émancipés (Ben Azzouz Nord-Ouest et Guerbes) sont situés à l'extrême gauche de l'axe F1, tandis que le site de Ben Azzouz Nord - qui a les valeurs maximales pour ces paramètres - est situé extrêmement à droite. Ainsi pour le site de Zaouia 2 où le succès d'élevage étant le plus élevé (maximal) et le séjour de l'espèce est également prolongé, il a le score le plus élevé sur l'axe F2 contrairement aux sites de Guerbes et Ben Azzouz Nord où le succès d'élevage était plus faible et l'espèce a passé moins de temps, ils sont donc situés plus en bas.

Enfin, une remarque faite pour le site de Ben Azzouz Nord qui est situé le dernier en bas de l'axe F2 après le site de Guerbes (Figure IV.32), malgré le site de Guerbes étant le site qui a les valeurs minimales pour le JZm et le séjour (Tableau IV.13) ; cela peut être dû à l'existence d'une certaine corrélation entre l'axe F2 et la variable HPm (Tableau A16, Annexe I) qui est négative (ie. Plus le HPm est grand, plus le site est situé en bas de cet axe).

(ii). Pour la saison 2018-2019 (ACP₂)

Les résultats de cette analyse (ACP₂) concernant les données de la saison suivante (2018-2019) seront présentés de la même façon qu'en ACP₁ (Tableaux A17, A18 et A19, Annexe I) et (Figure IV.33). Il est à noter que les axes principaux retenus pour l'analyse (F1 et F2) expriment 4,70 de variance, soit 94,09 % de la variance totale : 3,63 pour F1 (soit 72,69 %) et 1,07 pour F2 (soit 21,40 %).

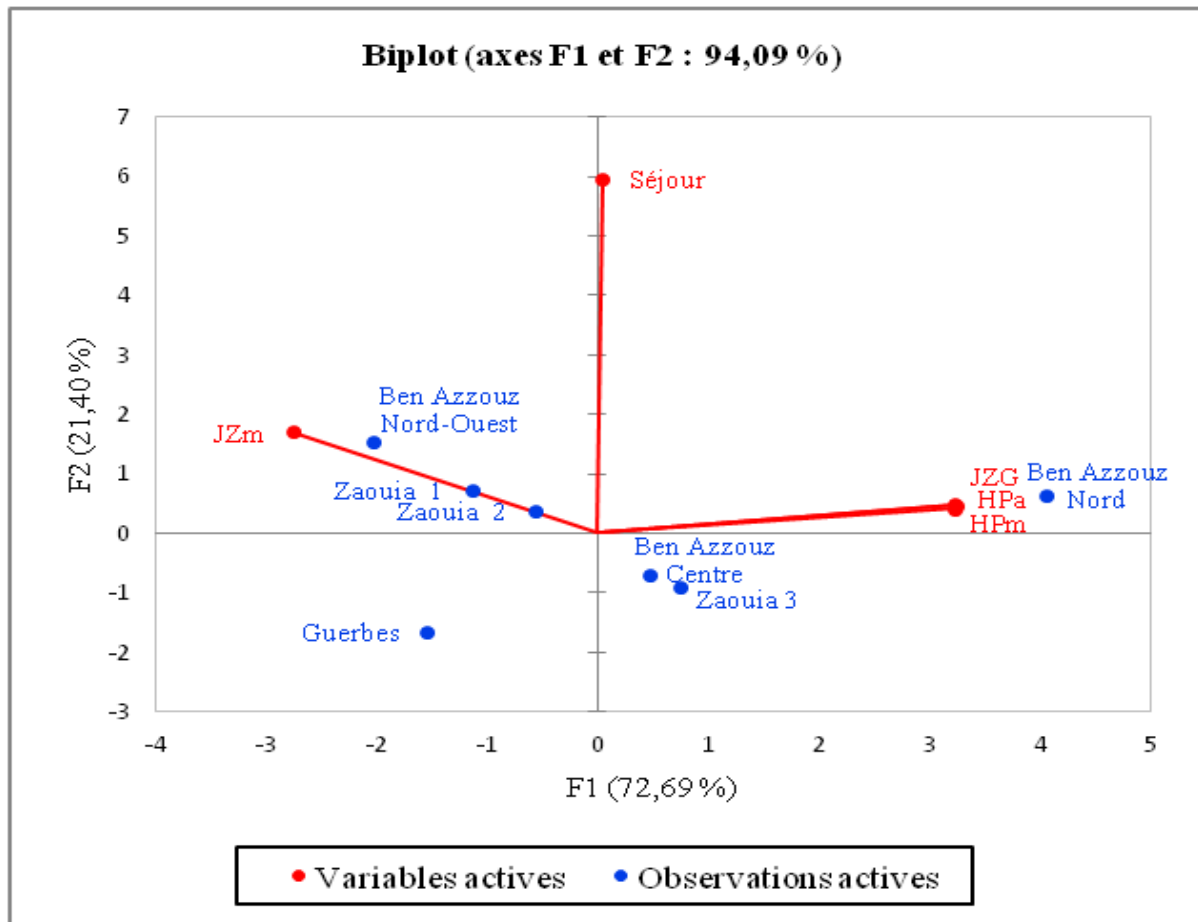


Figure IV.33. Biplot (F1 x F2) de l'ACP des données des paramètres démographiques de la Cigogne blanche au niveau de Guerbes-Sanhadja (2018-2019).

Interprétation

En deuxième saison (2018-2019), les sites ont présenté plus de différences en ce qui concerne la taille des colonies en HPA, HPm et JZG par rapport à la première saison (2017-2018), voir que les écart-types de ces variables (Tableau A17, Annexe I) sont plus grands que ceux présentés au tableau (A14, Annexe I). Par contre, les valeurs du séjour et du JZm pour les différents sites sont plus proches en 2018-2019 qu'en 2017-2018 (l'écart-type devient donc plus faible).

Selon les données des tableaux (A18 et A19, Annexe I), on distingue également une parfaite corrélation positive (100 %) entre les variables HPA, HPm et JZG (elles évoluent dans le même sens), une autre corrélation moyenne mais négative entre ces variables et le succès d'élevage (JZm) (elles évoluent dans le sens opposé), alors que la corrélation entre ce dernier (JZm) et le séjour devient plutôt faible. les trois premières variables sont fortement et

positivement corrélées avec l'axe F1 qui est négativement corrélé avec le JZm. Quant à l'axe F2, il présente une corrélation positive assez forte avec le séjour et autre faible avec le JZm. A partir de ces remarques et selon le graphique des variables et observations (Figure IV.33), on admet que l'axe F1 représente un axe d'opposition entre les colonies de grande taille et avec un succès d'élevage plus faible à droite (Ben Azzouz nord) et les colonies de petite taille et avec un succès d'élevage plus élevé à gauche (Ben Azzouz Nord-Ouest). L'axe F2 discrimine les sites où l'espèce a passé plus de temps en haut (Ben Azzouz Nord-Ouest) et les sites où le séjour devient plus faible en bas (Guerbes).

En conclusion, l'ACP s'est bien fonctionné ; il a mis en relief, la relation entre ces paramètres démographiques qui n'était pas claire. En général, il existe une forte corrélation positive entre trois variables liées à la taille de colonie : le nombre de couples (HPa), celui de couples avec succès (HPm) et celui de jeunes émancipés (JZG). Ces paramètres évoluent dans le même sens et cela peut être dû à la forte proportion du nombre de couples avec succès de reproduction par rapport au nombre total de couples nicheurs. En 2017-2018, le succès d'élevage (JZm) est lié plutôt au séjour de l'espèce (corrélation positive) et n'est pas lié à la taille de colonie. En 2018-2019, le même paramètre est lié et corrélé négativement avec la taille de colonie, c'est à dire les trois variables associées (HPa, HPm et JZG) et le succès d'élevage évoluent dans le sens opposé. Enfin, le séjour de l'espèce reste encore légèrement lié au succès d'élevage en 2018-2019, voir que les sites Zaouia 1 et Zaouia 2 qui ont la même valeur de séjour (Tableau A17, Annexe I), ils sont néanmoins classés dans le graphique selon leurs succès d'élevage (Figure IV.33).

IV.5.3. Résultats de l'AFC

Le test d'indépendance du Khi^2 entre les lignes (types des milieux trophiques) et les colonnes (les mois) du tableau des données initiales (Tableau A20, Annexe I), fourni par le logiciel (XLSTAT 2020) a donné une valeur de « P-value » inférieure au niveau de signification alpha ($P\text{-value} < 0,0001 < \alpha = 0,05$). On doit donc, rejeter l'hypothèse nulle H_0 (H_0 : Les lignes et les colonnes du tableau sont indépendantes) et retenir l'hypothèse alternative H_a (H_a : Il existe un lien entre les lignes et les colonnes du tableau lorsque $P\text{-value} < \alpha$).

La représentation graphique de l'AFC des données (Figure IV.34) est réalisée pour les deux premiers axes principaux retenus (les axes F1 et F2) qui restituent 98,16 % de l'inertie

totale (91,15 % pour F1 et 7,01 % pour F2). Nous observons que l'axe F1 - qui renferme la plupart de l'information - sépare d'une part, les mois de Décembre, Janvier, Février, Mars, Avril et Mai à droite et ceux de Juin, Juillet, Aout et Septembre à gauche. D'autre part, les milieux trophiques suivants : prairies humides (PH), friches (FR) et prairies marécageuses (PM) à droite et les garaets (GAR), les cultures irriguées (CI) à gauche.

En fait, le premier groupe à droite (milieux trophiques et mois) représente les milieux trophiques fréquentés par les individus de la Cigogne blanche pendant la période humide (de Décembre à Mai) et dont les effectifs sont faibles à moyennes. Tandis que le deuxième groupe à gauche concerne les milieux trophiques utilisés en période estivale sèche (de Juin à Septembre) et avec des effectifs plutôt élevés. Quant au deuxième axe (F2) - qui restitue moins d'information - il semble associé plutôt aux cultures irriguées (CI) qu'aux prairies marécageuses (PM) et garaets (GAR) pour les milieux trophiques, les contributions de ces milieux à cet axe (F2) sont respectivement 90 %, 5 % et 4 %. Et plutôt au mois de Juin que ceux de Septembre, Aout, Mai et Janvier dont les contributions suivantes : 63 %, 18 %, 16 %, 2 % et 1 %. De plus, les contributions des CI et des PM sur l'axe F1 sont les plus faibles (1 et 10 %). Idem pour les mois de Juin, Septembre et Janvier, avec des contributions très faibles respectivement 0 %, 0% et 9 %.

A partir de cette analyse, on peut préciser le rôle de chaque axe. L'axe F1 représente un axe d'opposition entre les principaux milieux trophiques utilisés par l'espèce en période humide (de Décembre à Mai) à droite qui sont les prairies humides et les friches et les milieux principaux (préférés) en période estivale (de Juin à Septembre) à gauche qui sont les garaets. L'axe F2 est un axe d'opposition entre les milieux trophiques les moins utilisés par l'espèce (occasionnels) en période humide en haut qui sont les prairies marécageuses (utilisées surtout en Janvier) et en période estivale sèche en bas qui sont les cultures irriguées (utilisées surtout en Juin et Septembre).

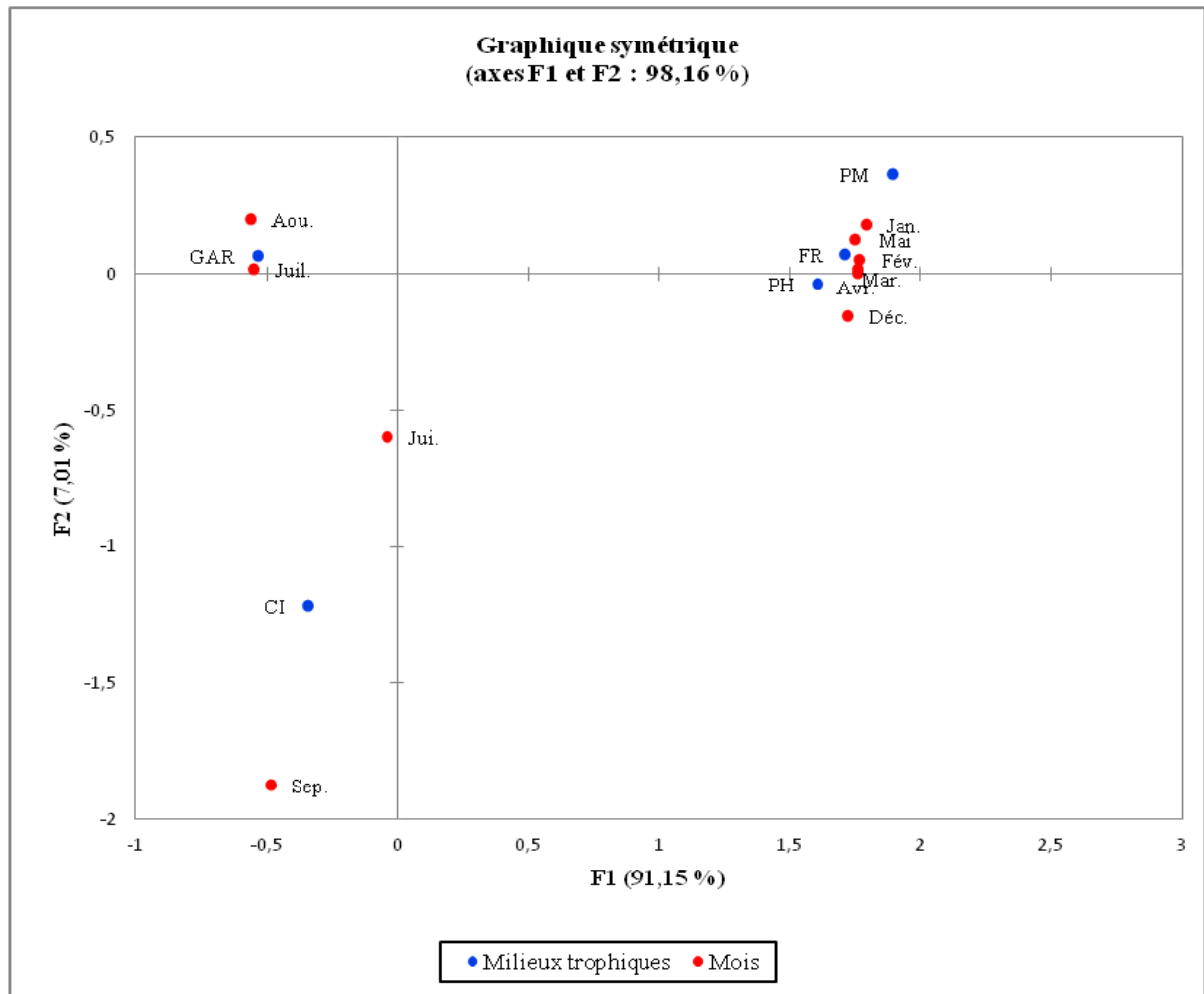


Figure IV.34. Plan factoriel (1 x 2) de l'AFC de la dispersion spatio-temporelle des individus de la Cigogne blanche au niveau de Guerbes-Sanhadja. PH = prairie humide ; PM = prairie marécageuse ; FR= friche ; CI = cultures irriguées ; GAR = garaet.

Chapitre V. Discussion

V.1. Distribution des nids et caractéristiques des colonies

V.1.1. Abondance des nids

Le recensement des nids de la Cigogne blanche au niveau des sept (7) colonies (sélectionnées) a donné un bilan de 202 nids occupés (ou bien couples), soit une moyenne de 28,85 nids occupés par colonie. Bien que ces valeurs ne représentent pas l'abondance totale des nids présents dans toute la zone d'étude ; il se peut que d'autres colonies s'y trouvent avec des effectifs reproducteurs plus ou moins importants, notant que la population étudiée semble concentrée plutôt au centre de cet éco-complexe (obs. pers.). D'autre part, le score final présenté à la fin de la période d'étude est le résultat de plusieurs facteurs qui entrent dans la dynamique de cette espèce (installation de nouveaux nids, perte de nids, la présence de nids vides, etc.) sachant que le nombre de nids totaux recensés étant 235 nids.

Cette abondance (HPa = 202) semble importante par rapport aux chiffres présentés par Moali-Grine *et al.* (2012) concernant le nombre de couples nicheurs dans la wilaya de Skikda. Elle représente presque la moitié des nids occupés présents dans toute la wilaya en 2007 (202 contre 415) ce qui indique un accroissement de la population nicheuse locale. D'après cette étude (Moali-Grine *et al.*, 2012), jusqu'en 2007, les effectifs de la wilaya de Skikda sont comparables à ceux de la wilaya de Guelma et d'Annaba, plus importants à ceux de Jijel et moins abondants comparativement aux autres wilayas limitrophes (El-Tarf, Mila et Constantine) qui accueillent des effectifs plus importants dans la région d'Est, la région la plus dense en Algérie en terme de couples nicheurs de la Cigogne blanche. Ainsi, l'Algérie englobe la plupart des couples nicheurs du Maghreb (NABU, 2013). Notons également, que les effectifs les plus importants au monde sont concentrés en Europe orientale dont la Pologne ayant la population la plus grande (BeNatur, 2012 ; Birdlife International, 2016).

La moyenne qui est exprimée par nombre de couples nicheurs par colonie (environ 29 HPa/colonie) est nettement supérieure à la moyenne généralisée à l'ensemble de la population nicheuse en Algérie qui est 11 couples par colonie (Benharzallah *et al.*, 2015). Enfin, nos résultats sont proches de ceux présentés par Yavuz *et al.* (2012) concernant le minimum, le maximum et la moyenne de nids par colonie (14 ; 63 ; 28,85 contre 10 ; 62 ; 27,89 respectivement) selon une étude menée en Turquie dans un environnement semblable à celui de Guerbes-Sanhadja en terme de sa structure paysagère.

En se basant sur les résultats obtenus au niveau de ces colonies concernant les fluctuations de cette abondance, nous allons discuter en suite la distribution spatiale des nids, les fluctuations temporelles et la tendance actuelle de la population étudiée.

V.1.2. Dispersion dans l'espace : la question d'habitat

Historiquement, l'habitat d'origine de la Cigogne blanche était représenté essentiellement par les plaines inondables naturelles le long des vallées fluviales où la dynamique de l'eau joue un rôle particulier. En effet, l'inondation périodique des zones riveraines assure une végétation basse et des habitats amphibies dotés d'une grande diversité d'espèces. Ce genre de paysage ouvert permet à ce grand échassier, de bien courir et lui facilite également la chasse car il rend les proies faciles à découvrir et à saisir. En revanche, les milieux forestiers et les autres régions à forte densité de végétation ne constituent pas un habitat optimal pour l'espèce. Aujourd'hui, elle est répandue surtout dans des pâturages ouverts et des prés, riches en toutes sortes d'espèces et qui leur fournissent de bonnes ressources alimentaires (OFEV, 2010).

En Algérie, l'espèce est nicheuse dans la partie tellienne du pays où l'adoption des terres cultivées irriguées et des décharges d'ordures ménagères pour se nourrir dans certaines régions ont largement contribué à l'augmentation récente de sa population. Ainsi, l'irrigation des cultures apporte plus d'humidité dans tout l'environnement, améliorant ainsi les milieux de gagnage de la Cigogne blanche par la disponibilité d'herbes vertes jusqu'à la fin de Juin et parfois même en Juillet (Moali-Grine *et al.*, 2012).

A partir de ce qui précède, il existe deux facteurs principaux favorisant l'installation des couples nicheurs de la Cigogne blanche dans un milieu donné. Le premier facteur touche plutôt la topographie de la région ; la présence de milieux ouverts et dégagés avec une végétation moins dense semble un élément essentiel dans l'écologie de cet oiseau. Le deuxième facteur concerne l'hydrologie de surface où l'espèce soit implantée ; l'existence d'une certaine humidité du sol dans les milieux de gagnage étant donc un autre élément nécessaire pour la vie des cigognes. Ainsi, les activités humaines telles que les activités agricoles, le pâturage et la multiplication des décharges publiques, etc. peuvent améliorer ces conditions au sein d'un environnement peu attirant pour l'espèce (par exemple dans un milieu moins humide) et deviennent donc propices à son développement. La combinaison de ces facteurs conduit à déduire la relation qui les relie ensemble : la disponibilité et l'accessibilité des ressources trophiques qui fournissent la nourriture et l'énergie nécessaires

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

au cycle biologique des cigognes. Enfin, il reste néanmoins un certain nombre de facteurs écologiques pouvant maîtriser la répartition spatiale et la croissance démographique de l'espèce et doivent donc être vérifiés.

Dans le présent travail, nous allons discuter cette dispersion à travers l'analyse des données obtenues concernant la distribution spatiale des nids en fonction des sites échantillonnés, en vérifiant la structure d'habitat de ces derniers et en impliquant les critères présentés ci-dessus, ainsi que d'autres comme la nature de support des nids et l'infrastructure du site seront discutés.

L'écologie de Guerbes-Sanhadja

Selon la bibliographie consultée (*cf.* Chapitre II), l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja représente une grande plaine littorale à faible pente dont le relief témoigne l'aplatissement du terrain. A l'intérieur, on trouve essentiellement des plaines alluviales et le massif dunaire où l'altitude ne dépassant pas les 200 m, tandis que les grandes altitudes où s'étend la forêt de Chêne liège, se trouvent plutôt à la périphérie (les forêts de Sanhadja à l'ouest). La zone d'étude est également connue par son caractère humide, parmi les 42100 ha de la surface totale il y a environ 20000 ha seule de zone humide proprement dite. Elle est traversée en grande partie par l'oued El Kebir Ouest et ses affluents qui donne naissance à des dépressions dunaires hydromorphes, marais et marécages, lacs et garaets dont certaines restent remplies d'eau toute l'année. Ces derniers peuvent être alimentés également par les eaux souterraines du massif dunaire sableux. Aux bords d'Oued El Kebir, il existe aussi des plaines périodiquement inondables qui renferment à la fois une forêt galerie (ripisylve /aulnaie) et de vastes prairies humides qu'on peut trouver également à côté des zones humides.

Selon Toubal *et al.* (2014), le complexe de Guerbes-Sanhadja renferme une hétérogénéité du terrain en ce qui concerne l'occupation du sol (Figure V.1), on parle donc d'une mosaïque d'habitats. D'après cette étude (Toubal *et al.*, 2014), les classes dominantes sont les pelouses (26 %), les cultures maraîchères (18 %) ce qui révèle la vocation agricole de la région, les sols nus (14 %) et les zones inondables cultivées (6 %). Ces derniers types se trouvent souvent près d'un milieu humide et dégagé.

A partir de cette analyse, on dit que l'espèce étant normalement implantée dans son habitat naturel. L'existence de milieux ouverts avec une végétation clairsemée, de plaines inondables et de zones humides, ainsi que la vocation agricole de cet éco-complexe représentent des éléments essentiels dans l'écologie de cet échassier. De plus, la cigogne est

dégagés où se trouvent les dunes vives et les plaines alluviales. Ces deux substrats sont occupés soit par des cultures maraichères, soit par des pelouses, ou encore par des sols nus, alors que le maquis à olivier et lentisque est nettement clair. On note également la présence d'Oued El Kebir qui traverse le centre de la région avec des forêts riveraines et des biotopes marécageux plus ou moins importants. Ainsi, les six colonies sont situées près de cet oued dans sa rive droite ou gauche. On a déjà vu que ce paysage est convenable à la vie des cigognes. De plus, ces colonies sont en général distantes par rapport à la ripisylve ou à la zone du maquis.

En outre, on observe que la périphérie de cet éco-complexe est dotée par une végétation plus dense, il s'agit des forêts de Chêne liège ou de Chêne kermès et de maquis à olivier et lentisque ou à bruyère et myrte. Ainsi, la colonie de Guerbes est localisée au sein d'un milieu semi forestier entre les forêts de Sanhadja et de Guerbes qui renferment un mixte de deux formations végétales principales : la forêt de Chêne liège et le maquis à bruyère et myrte. Le site de Guerbes étant le site le plus distant par rapport au cours d'eau principal (Oued El Kebir) et aux terrains agricoles cultivés, avec le manque de zones humides proches. Il est également le plus proche à la mer. Tous ces facteurs rendent cette partie du complexe moins attirante pour l'espèce.

Nos résultats montrent également que le nombre total de nids recensés fluctue en fonction des sites. En général, nous avons recensé plus de nids respectivement au niveau de Ben Azzouz Nord (maximum) et Zaouia 3. Par contre, les nombres les plus faibles ont été enregistrés au niveau de Guerbes (minimum) et Ben Azzouz Nord-Ouest. Ainsi, les deux premiers sites ont accueilli la plupart de nouveaux nids installés pendant chaque saison, alors que les deux derniers sites en ont reçu des nombres très faibles.

Selon la description du milieu (*cf.* chapitre III), les sites de Ben Azzouz Nord et Zaouia 3 présentent une certaine ressemblance en terme de leur écologie, ils sont caractérisés par des milieux ouverts et aplatis, de vastes surfaces cultivées en été et la présence remarquable des prairies humides, des garaets et autres zones humides et des forêts humides près des cours d'eau ; sauf que le paysage du premier site étant plus hétérogène et renferme plus de zones humides diverses (lacs, garaets, marécages, aulnaies, etc.). Au niveau de ces sites, les nids sont situés proches à ces biotopes humides (prairies humides et garaets) et les individus ne s'éloignent pas de leurs nids pour se nourrir. Les colonies de Zaouia 2, Zaouia 1 et Ben Azzouz Centre sont également situées dans un milieu agricole dégagé mais avec un

terrain relativement sec autour des nids, les cigognes se dispersent alors plus loin pour atteindre les milieux de gagnage. En revanche, les colonies de Guerbes et Ben Azzouz Nord-Ouest sont situées dans des milieux plus étroits où les grandes surfaces que ce soit cultivées ou non et les prairies humides sont remplacées par de petits champs contigus et fermés et des friches dispersées. Ainsi, le milieu devient plus sableux et plus sec, la végétation est représentée par les forêts de Chêne liège, le maquis à bruyère et myrte, broussailles et autres formations herbacées plus denses.

L'analyse des données ci-dessus signale que la Cigogne blanche nidifie de prédilection dans des milieux ouverts et humides et plus particulièrement, près des zones humides et des prairies humides qui représentent les milieux de gagnage préférés pour elle (voir chapitre IV. Résultats). Cela peut être justifié encore par la forte concentration des nids autour de ces milieux même au niveau des sites qui abritent de faibles densités : c'est le cas de Ben Azzouz Nord-Ouest où la plupart des nids est située proche du village de Ben Azzouz dont le milieu devient plus humide et plus dégagé. Enfin, il est à noter qu'au niveau de Ben Azzouz Nord où existent deux substrats différents (argileux et sableux), la quasi-totalité des nids se trouvent sur le premier type et que les nombres les plus faibles sont localisés au niveau de Guerbes et Ben Azzouz Nord-Ouest où le milieu devient encore plus sableux qu'on avance au nord. Cela signifie que l'espèce tend à nidifier plutôt dans la partie argileuse qui jouxte la vallée d'Oued El Kebir qui représente en fait les plaines inondables de ce cours d'eau.

A l'échelle nationale, les études portant sur la distribution spatiale de la Cigogne blanche en tenant compte du paysage sont rares (Moali-Grine *et al.*, 2012, 2013 ; Si Bachir *et al.*, 2013), néanmoins, les travaux publiés portant sur d'autres paramètres (exemples : la reproduction, le régime alimentaire, etc.) témoignent que l'espèce s'installe généralement dans les plaines qui renferment des cultures maraîchères ou céréalières irriguées périodiquement, ou encore une mosaïque d'habitats entre terres cultivées ou non tout en évitant les milieux forestiers (Boukhemza *et al.*, 2004 ; Cheriak *et al.*, 2014 ; Benharzallah *et al.*, 2015 ; Chenchouni *et al.*, 2015 ; Djerdali *et al.*, 2016a). Selon Si Bachir *et al.* (2013), les colonies de grande taille ainsi que la plupart des couples nicheurs de la Cigogne blanche au niveau de la wilaya de Batna (Nord-est) se localisent dans les plaines, alors que les colonies de petite taille se dispersent dans les altitudes où se trouve la forêt, malgré ces dernières accueillent de fortes précipitations comparativement aux plaines.

Bentrad et Chalabi-Belhadj (2017) ; Mammeria *et al.* (2018) signalent que la population nicheuse dans la région d'El-Tarf (proche de notre zone d'étude) est concentrée dans les plaines littorales et principalement près des zones humides côtières, avec la présence des cultures maraichères, en évitant également les forêts des altitudes et les milieux les plus proches à la mer. Ces constatations sont extrêmement en accord avec les résultats de notre étude qui expriment entre autres, l'importance de la présence des zones humides dans les sites de reproduction, sachant que la wilaya d'El-Tarf qui abrite la plus forte densité des nids de la Cigogne blanche au niveau national (Moali-Grine *et al.*, 2013) comprend d'importantes zones humides exceptionnelles au Maghreb qui constitue le complexe de zones humides d'El Kala. Selon Moali-Grine *et al.* (2012), les grands effectifs reproducteurs de la cigogne sont concentrés dans la partie Est du pays qui reçoit les précipitations les plus fortes et les moins aléatoires et constitue la région la plus riche en eau de surface du pays.

Au Maghreb, l'espèce choisit des emplacements plutôt dégagés pour nidifier en Tunisie (Azafzaf, 2002). Au Maroc, sa présence est surtout liée aux pelouses et aux mares temporaires (Cherkaoui *et al.*, 2007).

A l'échelle mondiale et plus particulièrement en Europe, les couples nicheurs sont distribués essentiellement dans les zones de plaines près des zones humides et des hydrosystèmes fluviaux qui renferment des habitats diversifiés : prairies sèches et humides, pâtures, terres arables, cultures maraichères et céréalières, etc. en évitant également les zones de montagne et les milieux boisés (Carrascal *et al.*, 1993 ; Moritzi *et al.*, 2001 ; Nowakowski, 2003 ; Wojciechowski & Janiszewski, 2006 ; Kósa & Papp, 2007 ; Denac, 2010).

En conclusion, la Cigogne blanche utilise une gamme d'habitats pour nidifier, ces habitats sont situés généralement en basses altitudes au niveau des plaines. La présence de milieux dégagés avec une basse végétation et une certaine dynamique de l'eau représentent des facteurs essentiels favorisant l'installation de l'espèce. Les études réalisées sur la répartition spatiale de ses colonies révèlent l'hétérogénéité du milieu. Prenant en compte le paysage pour caractériser l'habitat de la Cigogne blanche étant donc utile pour mieux comprendre sa dynamique. Au niveau de Guerbes-Sanhadja, l'espèce semble exploiter sa partie centrale dans les plaines inondables d'Oued El Kebir, cette partie qui est plus dégagée, plus diversifiée et plus humide. Le rapprochement des colonies et leur dispersion au sein d'un environnement ayant en général les mêmes caractéristiques rend difficile, de suivre le gradient de la plupart des facteurs écologiques qui caractérisent l'habitat de cet échassier.

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

Néanmoins, la tendance actuelle de la population étudiée révèle que la cigogne tend à nidifier plutôt près des zones humides. Cela peut être considéré localement comme une sélection directe de son habitat naturel qui lui fournit le plus possible du temps, des prairies humides proches des nids. Ces derniers habitats représentent les milieux de gagnage préférés pour l'espèce qui cherche à y nidifier (Carrascal *et al.*, 1993 ; Nowakowski, 2003).

Distribution selon l'infrastructure de l'habitat

L'infrastructure de Guerbes-Sanhadja renferme dans quelques parts, un milieu bâti avec la présence des agglomérations principales, une zone éparse et un système de routes qui découpent la zone. Toutefois, ces agglomérations sont considérées semi rurales dont le taux d'urbanisation en 2008 étant nulle (0) (O.N.S., 2011).

L'analyse des résultats montre que la majorité des nids (53,56 %) est distribuée dans la zone éparse qui comprend les milieux les plus ruraux de la région. En revanche, les colonies sont localisées plutôt dans les villages (4/7 colonies) même au niveau de Guerbes le site qui semble moins attirant pour l'espèce. De plus, la plupart des nids au niveau des milieux ruraux est située au voisinage des habitations et constructions humaines. Cela signifie que le modèle biologique est intéressé par ces milieux bâtis où près desquels cherche à y nidifier sans s'assurer que cela représente une prédilection pour lui.

Selon Moali-Grine *et al.* (2013), environ 59 % de la population algérienne reste nicher dans les grandes villes, les zones urbaines et les petits villages. Cette proportion peut augmenter jusqu'à 65 % dans les régions de l'Ouest, mais peut descendre à 49 % dans les régions de centre. Ainsi, Si Bachir *et al.* (2013) ont conclu que la taille des colonies de la Cigogne blanche est liée plutôt aux variables anthropogéniques ; les grands nombres de couples nicheurs et ceux avec succès de reproduction sont situés près des zones urbaines avec de fortes densités humaines.

D'après Janss et Sanchez (1997), la Cigogne blanche niche principalement à coté de l'homme au niveau des agglomérations sans considérer que ces milieux lui soient favorables, mais cela peut s'expliquer par un manque d'habitats naturels. Très récemment, en Europe, Gotkiewicz et Wittbrodt (2019) ont démontré que l'adoption des zones urbaines par les cigognes est gagée par la présence des habitats favorables telles les prairies et les pâtures et que l'espèce est exclusivement associée aux milieux agricoles. Par conséquent, ces auteurs recommandent de réduire les activités d'urbanisation et de reboisement au niveau de ces milieux pour protéger les populations nicheuses locales.

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

Pour notre cas, nous considérons que cette tendance à nidifier près des milieux anthropisés peut être liée à l'instinct grégaire de l'espèce. La présence d'un certain nombre de supports favorables à sa nidification et situé dans un même endroit, favorise l'installation des couples nicheurs pour former des colonies uniformes au niveau des villages, ou en agrégats dans les sites ruraux. Ces supports des nids sont représentés essentiellement par les poteaux électriques qui dominent et se trouvent regroupés autour des routes et des habitations humaines ; c'est pourquoi les colonies sont toutes situées à côté des routes principales de la région. Ce comportement peut être accéléré lorsque les supports naturelles, notamment les arbres deviennent rares et leurs remplaçants se trouvent proches des milieux de gagnage préférés ; ce qui nous conduit à supposer que cette indication serait une adaptation rapide aux changements de l'habitat naturel. Néanmoins, les cigognes tendent à s'installer plutôt dans la partie rurale de la région où se trouvent la plupart des zones humides et les prairies humides. Cette préférence de son habitat naturel rend la nidification de l'espèce au voisinage de l'homme comme son deuxième choix.

Enfin, l'analyse statistique univariée traitant la répartition spatiale des nids selon le degré d'urbanisation des sites, par sa simplicité, elle donne une bonne idée sur la façon dont les nids se dispersent dans l'espace. D'après cette analyse, les effectifs reproducteurs se dispersent en général de manière hétérogène, cette hétérogénéité devient nettement grande dans les milieux ruraux qui englobent la majorité des nids sous forme de colonies plus ou moins importantes. Nous expliquons éventuellement cette hétérogénéité qu'elle résulte encore, de l'hétérogénéité du milieu rural qui implique entre autres, une certaine structure paysagère semble favoriser l'installation des couples. La sélection des habitats naturels préférés indiqués ci-dessus peut générer une grande différence en ce qui concerne la distribution des nids même à l'intérieur du même site ; notant qu'au niveau des sites de Ben Azzouz Nord et de Zaouia 3, les nids sont concentrés plutôt près des zones humides, dans les plaines argileuses qui renferment des prairies humides étalées et souvent pâturées.

Par contre, la dispersion des nids au niveau des villages devient plus homogène, avec des effectifs moyens et généralement voisins. Ce qui révèle la capacité limite de ces milieux d'accueillir des effectifs supplémentaires ; cela peut être expliqué par la ressemblance que présentent ces agglomérations en terme de l'infrastructure faible et le manque de supports convenables à la nidification de cet échassier de grande taille et par conséquent, une

éventuelle compétition intraspécifique pourrait exister à l'intérieur de tels habitats anthropisés.

Distribution selon les types de supports des nids

Dans la région de Guerbes-Sanhadja, la Cigogne blanche utilise six types de supports différents pour placer son nid : les poteaux électriques bétonnés, métalliques et en bois, les arbres, les toits et les antennes de télécommunication. De plus, l'espèce à l'échelle mondiale utilise d'autres supports comme les tours, les cheminées, les murs, les ruines, les piles de foin et de pailles, les falaises, les pylônes électriques, des plateformes artificielles spéciales (BeNatur, 2012 ; Conseil Général des Alpes Maritimes, 2012) et les grues (Benharzallah, 2017). Depuis longtemps, les arbres et les falaises ont été utilisés comme des supports naturels. Actuellement, la plupart des nids est construite sur les constructions humaines (BeNatur, 2012).

D'une manière générale, l'espèce tend à adopter principalement les poteaux électriques et les arbres dont les premiers dominent, alors que les toits et les antennes sont rares. Cette constatation a été également notée par plusieurs auteurs qui attestent la dominance des poteaux et pylônes électriques (Infante et Peris, 2003 ; Daniluk *et al.*, 2006 ; Tryjanowski *et al.* 2009a ; Denac, 2010 ; Janiszewski *et al.*, 2015 ; Gyalus *et al.*, 2018 ; Moreira *et al.*, 2018 ; Bialas *et al.*, 2020). En Europe, la Cigogne blanche était connue de nicher en colonies principalement sur des bâtiments, également sur des arbres ou des pylônes électriques, parfois en nombre important (Anonyme, 2012). Cependant, les travaux récemment publiés montrent que l'espèce tend à adopter plutôt les poteaux et les pylônes électriques aux dépens des autres supports traditionnels : arbres, toits et cheminées (Gyalus *et al.*, 2018 ; Bialas *et al.*, 2020). En Algérie, les travaux de Moali-Grine *et al.* (1995, 2012 et 2013) montrent également la dominance des poteaux et pylônes électriques dont la proportion a considérablement augmenté depuis 1993 par rapport aux toits et arbres, ces derniers (arbres) qui représentaient 51 % en 1993. Selon les mêmes auteurs, cette tendance est justifiée par l'extension des villes et des zones urbaines, la dégradation des habitats naturels et les changements de l'architecture des maisons et fermes qui approvisionnaient au passé des sites favorables aux nids de la cigogne.

Cette indication ne signifie pas que les poteaux et les pylônes électriques représentent les supports préférés. Selon Janiszewski *et al.* (2015), l'adoption de ces types de supports est probablement liée au manque de supports traditionnels comme les arbres et les toits des

maisons. Alors que Moreira *et al.* (2018) ont exclu cette hypothèse et montré que l'utilisation des pylônes électriques est en relation avec la distance entre ces derniers et les principaux milieux trophiques présents tels les vastes zones humides et les décharges publiques et que leur utilisation devient intense près de ces derniers. Bialas *et al.* (2020) expliquent cette sélection tout simplement car ces supports sont plus abondants dans l'espace que les autres comme les toits et les arbres.

Nos résultats montrent également une autre sélection en fonction de la nature et la structure du poteau électrique. Les poteaux en béton sont les plus utilisés avec une proportion dépassant 50 % dans la plupart des sites même aux sites ruraux (Zaouia 3) où les poteaux métalliques sont dominants. Ces derniers intéressent également la cigogne alors que les poteaux en bois étaient les moins utilisés parmi tous les autres types de supports. Nous expliquons cette sélection par deux points essentiels : l'abondance de ces types et la qualité du support. Les poteaux en béton et métalliques sont les plus abondants dans la région mais distribués différemment : les premiers sont moins distants et localisés plutôt dans les villages et près des maisons dans les milieux ruraux, ce qui explique leur utilisation maximale par les cigognes. Les deuxièmes sont fréquents généralement dans les milieux ruraux, surtout à Ben Azzouz Nord où ils atteignent leur maximum (Figure IV.16) et se trouvent dispersés loin des habitations humaines comparativement aux premiers types. Par contre, les poteaux en bois représentent d'anciens modèles, ils sont moins nombreux et répartis surtout dans la zone éparsée et dans les milieux boisés défavorables à l'installation de l'espèce.

La qualité du support peut être représentée par la structure supplémentaire du poteau électrique qui porte le nid de la Cigogne blanche. L'espèce semble sélectionner les poteaux qui renferment des extensions à leurs sommets comme les nids artificiels, les IACM, équipements d'éclairage, enchevêtrements des câbles et encore les anti-nids ! Alors que d'autres comme les poteaux métalliques à conducteurs suspendus (Figure V.2) ont été totalement négligés. Ainsi, la proportion de 12,22 % des poteaux occupés avec des nids artificiels est importante et représente la quasi-totalité de ces types présents dans le domaine prospecté, car tout simplement ces derniers sont rares. Cela peut être justifié par le soutien que donnent ces structures aux nids qui deviennent donc plus stables et plus résistants aux vents et pluies qui peuvent causer leur chute. Cette sélection est déjà notée dans le site de Zaouia 3 qui est plus exposé aux vents où les couples s'installent de préférence sur les nids artificiels, les IACM et les anti-nids et les attaques au niveau de ces nids sont fréquents. Ainsi, les structures

mentionnées permettent aux cigognes d'augmenter le plus possible la taille de leurs nids. En revanche, les nids installés directement sur des poteaux électriques simples et dépourvus de ces structures sont moins nombreux et plus petits (Figure V.3), ils sont occupés surtout par les nouveaux couples et souvent tombent avant la reproduction.

Ces constatations sont différentes à celles trouvées par Moreira *et al.* (2018) qui suggèrent que le type et l'âge du pylône ainsi que la densité des nids sont moins importants pour la sélection de ces supports. En Hongrie, Gyalus *et al.* (2018) ont analysé à long terme, les données de reproduction de la Cigogne blanche et ont trouvé que l'utilisation des poteaux sans plateformes artificielles est en augmentation malgré la disponibilité de ces plateformes. Ils ont proposé alors que cette sélection est fonction de la préférence des points d'observation et par conséquent, la nidification près des habitats optimaux est plus importante que le type du support utilisé.



Figure V.2. Poteau métallique à conducteurs suspendus (S. Babouri, le 10/04/2018).

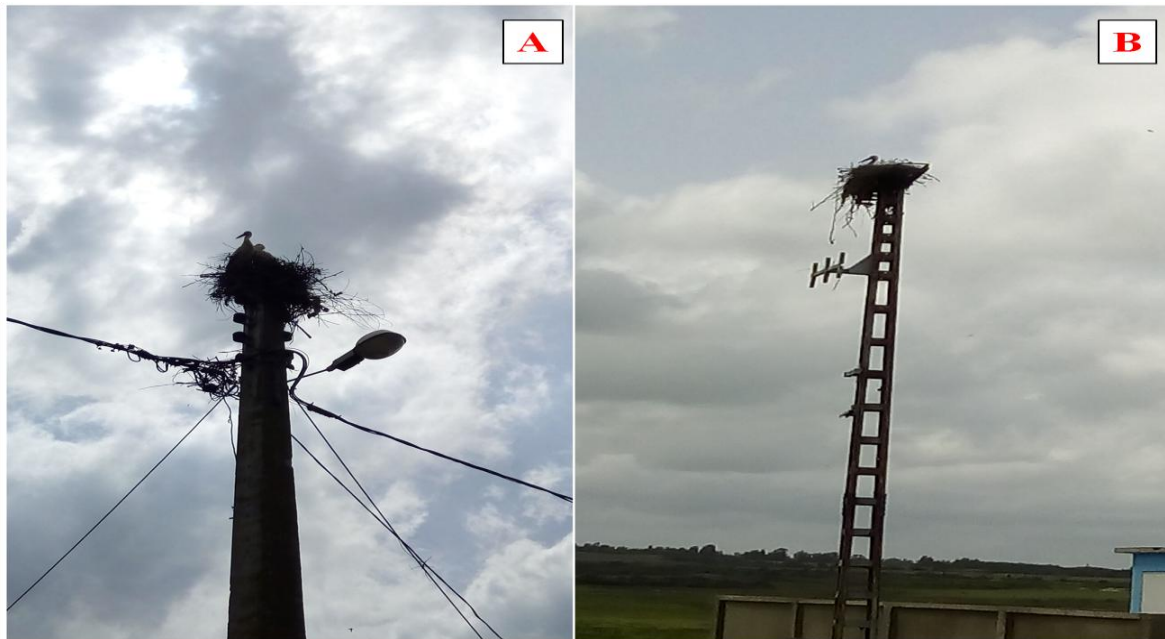


Figure V.3. Petits nids de la Cigogne blanche nouvellement installés en 2018 au niveau de Guerbes-Sanhadja sur des poteaux électriques avec des sommets simples. A : sur poteau en béton ; B : sur poteau métallique (photos prises par S. Babouri, le 10/04/2018).

Pour les arbres, ils sont les plus utilisés après les poteaux électriques avec des proportions importantes pouvant dépasser celles des poteaux bétonnés en 2019. Ils concernent surtout les milieux ruraux semi naturels, notamment le site de Ben Azzouz Nord. Leur utilisation est également courante dans les villages ce qui indique une certaine préférence pour eux. Cette faveur peut être due à l'avantage qu'offrent ces supports naturels aux cigognes dont les nids soient à l'abri de l'homme et des conditions météorologiques défavorables (vents, pluies...). Ainsi, les couples qui ont perdu leurs nids au niveau des poteaux électriques peuvent changer leurs emplacements vers les arbres, sachant que les couples qui ont passé une saison sans succès de reproduction changent souvent leurs sites de nids à la saison suivante (Vergara *et al.*, 2006). En Algérie, les couples qui nichent en dehors des agglomérations font souvent leurs nids en colonies sur des arbres. Ces derniers sont de plus en plus adoptés par les couples nicheurs et parfois sont préférés dans les villes malgré l'extension des milieux urbains et l'augmentation d'autres types de supports comme les poteaux et pylônes électriques (Moali-Grine *et al.*, 1995, 2013).

L'espèce a également montré une sélection des arbres pour construire son nid, seulement cinq espèces d'arbres ont été adoptés : eucalyptus, Orme champêtre, cyprès, Lilas de Perse et frêne dont l'eucalyptus domine. Ce dernier représente l'espèce d'arbre principale

utilisée pour la nidification de la Cigogne blanche en Algérie, puisque elle est assez large pour permettre aux cigognes de créer de petites colonies (Moali-Grine *et al.*, 2013). C'est le cas déjà noté dans la région de Tamalous (Skikda) où la population locale niche principalement en petites colonies distribuées sur les grands arbres d'eucalyptus (obs. pers.). Néanmoins, notre étude montre une faible densité des nids sur les arbres dont la plupart porte un seul nid ou encore deux et ceux qui portent trois ou plus sont rares ; cela a été enregistré seulement deux fois : quatre nids sur un grand arbre d'Orme champêtre et trois nids sur un autre d'eucalyptus. Nous pouvons justifier cette remarque par la taille ou l'âge de ces arbres qui semblent moins grands et moins larges que ceux d'autres régions (exemple : le cas de Tamalous).

Une autre explication faite pour la sélection de ces espèces d'arbres : du fait que la cigogne nidifie sur les grands arbres à condition qu'ils soient dégagés et ensoleillés (Conseil Général des Alpes Maritimes, 2012), ce qui explique la situation isolée de ces arbres et la proportion des arbres élagués ou morts (plus de 10 % pour chaque type) qui est en fait importante, puisque ces derniers sont également moins nombreux comme les nids artificiels sur les poteaux électriques. De plus, la faible proportion de nids est dotée pour le frêne qui est moins dégagé par rapport aux autres ; il a attiré un seul couple installé sur le sommet d'un vieil arbre semi vivant et isolé. Par contre, l'élagage des arbres a incité six couples de s'y installer à la même saison. Ainsi, en Pologne, il est courant au printemps que les agriculteurs aident les cigognes à nidifier sur les arbres, en taillant les branchages et y mettant des plateformes provisoires (Wierzbicka, 2017).

Par ailleurs, l'espèce utilise encore d'autres espèces d'arbres comme supports des nids tels que le platane : *Platanus orientalis* et le casuarina : *Casuarina* sp. (Boukhemza *et al.*, 2004) ; olivier : *Olea europea* (Jovani & Tella, 2004 ; Bouriach *et al.*, 2015) ; peuplier : *Populus alba* et mûrier : *Morus nigra* (Cheriak *et al.*, 2014) ; Chêne vert : *Quercus ilex* et pin d'Alep : *Pinus halepensis* (Djerdali *et al.*, 2016b) et saule : *salix* sp. (Yavuz *et al.*, 2012).

Quant aux toits et antennes, ils sont rares mais restent encore intéressés par l'espèce. En fait, toutes les antennes découvertes au ciel ont été adoptées par les cigognes, ainsi pour la plupart des dômes des mosquées qui représentent les types principaux des toits utilisés. La proportion faible de nids installés sur ces structures est donc liée à leur faible abondance comparativement aux autres supports.

Les deux structures (toits et antennes) sont plutôt associées aux villages principaux (Ben Azzouz Centre et Zaouia 2) (Babouri *et al.*, 2020) avec la présence d'autres types de supports tant des poteaux électriques que des arbres, ce qui rend ces milieux les plus diversifiés en terme de la structure qui supporte les nids de la Cigogne blanche. En revanche, on observe nettement que les arbres qui représentent les supports naturels concernent plutôt les milieux ruraux moins bâtis. Ce qui nous mène à juger que l'adoption des arbres par les couples nicheurs représente une autre interprétation de la sélection de tels habitats pour la nidification. Notons qu'à la région de Sétif (Hauts Plateaux), les milieux riches en zones humides et arbres sont les plus fréquentés par les cigognes (Djerdali *et al.*, 2013).

Enfin, la hauteur des nids peut être considérée comme un autre aspect de la structure dynamique de cette population qui permet de distribuer les nids sur le plan vertical. Nos données présentent une grande diversité allant de 3 m sur les arbres et toits jusqu'à 22 m sur les antennes. Cette diversité résulte de l'hétérogénéité que présentent les différents supports, ainsi que la sélection de l'espèce pour des emplacements qui répondent à ses besoins biologiques et écologiques (surtout au niveau des arbres). La moyenne (8,09 m) est affectée par la dominance des poteaux électriques, notamment ceux construits en béton dont la hauteur est comprise généralement entre huit et dix mètres [8-10 m]. Toutefois, on peut trouver également des poteaux métalliques nains (environ 5 m) occupés par les cigognes. Ces constatations signifient que la physionomie et la qualité du support sont plus importantes que sa hauteur, surtout qu'on a déjà montré que ce paramètre n'affecte pas le succès de reproduction de l'espèce (Yavuz *et al.*, 2012). Néanmoins, la tendance de la population actuelle à construire des nids sur les grands hauteurs sur les antennes pourrait révéler l'une des deux situations proposées : le début d'encombrement au niveau des villages généré par le manque de supports favorables ; ou une adaptation éventuelle face aux menaces causées par l'homme ou par d'autres facteurs météorologiques sur les autres supports usuels, sachant déjà qu'au niveau de ces nouvelles structures, aucun nid de la Cigogne blanche n'a été perdu (Figure IV.18).

V.1.3. Fluctuations des nombres de nids

Les données récoltées au niveau de Guerbes-Sanhadja ont montré des fluctuations spatio-temporelles des effectifs reproducteurs de la Cigogne blanche. Ce qui a permis de noter une discrimination faite pour les colonies étudiées à la base de ces variations. Cela fait décrire des colonies plus ou moins stables au fil du temps.

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

En pratique, la colonie la plus stable pendant cette période (2017-2019) est celle de Guerbes tandis que les autres semblent moins stables et ont présenté des fluctuations plus ou moins importantes. Il ya une nette augmentation au niveau de Ben Azzouz Nord suivi par le site de Zaouia 3. Un accroissement léger de la population au niveau de Zaouia 2, Zaouia 1 et Ben Azzouz Centre. Alors que la colonie de Ben Azzouz Nord-Ouest est en régression.

Il ya deux facteurs principaux qui contrôlent ces fluctuations : l'installation des nouveaux couples et la perte de nids. Un autre facteur peut être ajouté mais avec un moindre impact, c'est le phénomène de nids abandonnés ou nids vides.

Les nouveaux nids

L'installation des nouveaux couples permet d'augmenter la taille de la colonie. Ils tendent à nidifier plutôt aux sites de Ben Azzouz Nord, Zaouia 3 et Zaouia 2 respectivement par ordre décroissant et de préférence aux deux premiers qui sont les plus ruraux. Toutefois, le nombre initial de nids recensés en 2017 montre un avantage pour les villages, notamment pour celui de Ben Azzouz Centre le village principal de la région ; ce qui nous fait supposer que cette tendance à nidifier dans la partie rurale serait bien récente et que les nids les plus anciens soient localisés dans les villages. Si l'on admet cette hypothèse, on peut justifier le premier choix par l'éthologie de l'espèce de nicher en colonies uniformes dans les milieux urbains ce qui assure une certaine sociabilité. Cet aspect grégaire qui pourrait représenter un bénéfice pour elle en terme du succès reproducteur (Vergara & Aguirre, 2006). Ainsi, cette (nouvelle) tendance de nicher dans la partie rurale peut être expliquée par le début d'encombrement des villages probablement lié au manque de supports adéquats. Le résultat en est donc de rechercher d'autres milieux moins anthropisés, mais ceux qui répondent aux besoins des cigognes ; en général, les milieux dégagés près des zones humides, prairies et pâtures. Le choix de ce type d'habitat semble à la base de cette distribution même au niveau des milieux anthropisés, ce qui explique la faible proportion de nouveaux nids installés au niveau de Ben Azzouz Nord-Ouest et Guerbes qui sont considérés les moins appropriés pour l'espèce.

La perte de nids

La perte de nids représente une vraie menace pour l'espèce et peut être considérée l'un des facteurs limitants pour sa croissance, surtout au niveau de petites colonies qui accueillent moins de nouveaux couples (Ben Azzouz Nord-Ouest et Guerbes). Elle limite l'aire de sa répartition et réduit la taille de colonie, ce qui peut agir sur la structure et la densité de la

population qui semblent indispensables au succès de reproduction (Vergara & Aguirre, 2006 ; Kopij, 2017).

Ce problème est causé principalement par l'impact de l'homme et celui des facteurs climatiques (Figure IV.10). L'homme détruit intentionnellement ou non les nids de la cigogne situés près des habitations pour éviter les dégâts ou dérangements liés à ces oiseaux (exemples : les courts-circuits, les problèmes de propreté, les dérangements phonétiques...), ou en détruisant les supports de leurs nids (essentiellement les arbres). Les conditions météorologiques extrêmes telles que les vents, orages et les fortes pluies causent également la tombée des nids surtout dans le site Zaouia 3 qui est plus exposé aux vents.

En Algérie, il a été noté que les orages détruisaient les nids de la Cigogne blanche qui étaient placés essentiellement sur des supports traditionnels comme les arbres, cheminées et toits (Tarrajat, 1957). Dans la région d'El-Tarf, 10,9 % des nids placés sur des arbres ont été détruits par le vent, alors que d'autres menaces résident hors la période de reproduction comme l'égouttage des oliviers et les incendies (Bouriach *et al.*, 2015). Cet effet de l'homme et celui du climat a été également noté à d'autres régions du monde : en Bulgarie, l'impact direct ou indirect de l'homme représenté par la tombée des arbres occupés par les cigognes et la destruction des nids placés sur les poteaux électriques et de téléphones a été considéré l'un des causes principales de déclin de la population nicheuse (Michev *et al.*, 1985). En France, la destruction volontaire des plates-formes artificielles occupées par des couples nicheurs, souvent au stade de la couvaison est courante (Anonyme, 2012). Ainsi, en Roumanie, un total de 115 nids ont été détruits à la période : 2005-2007 dont 61 nids, soit 53 % ont été détruits par le vent et 25 (soit 21,7 %) par les feux dus aux courts-circuits (NABU, 2013).

Dans notre région, la perte a atteint 30 nids détruits (12,77 %) des nids totaux recensés, soit 15 nids par saison en moyenne. Ce qui est important par rapport au nombre moyen de nids ajoutés chaque année qui est 44. Elle est notée plutôt dans la région Zaouia notamment dans les sites Zaouia 3 et Zaouia 2 qui en représentent environ un tiers (1/3) des nids perdus pour chacun. Ce qui y a nettement limité le taux de croissance de la population en terme du nombre de couples nicheurs (HPa) malgré la tendance des nouveaux couples à s'installer sur ces milieux.

La cause principale de cette perte est représentée par les conditions météorologiques (surtout le vent) et l'égouttage des arbres au premier site qui est plus exposé aux vents. Tandis qu'au deuxième site, l'impact de l'homme est majeur en éliminant directement les nids des

poteaux électriques situés près des maisons. Ainsi, les nids installés sur des poteaux bétonnés sont les plus touchés (Figure IV.18), puisque ces derniers se trouvent directement au voisinage de l'homme surtout dans les villages. A Zaouia 2, ces modèles représentent plus de 75 % (maximum) ce qui explique le taux élevé de cette perte.

La structure supplémentaire au sommet du poteau est également nécessaire, car elle supporte les nids mieux que des poteaux à sommets simples qui sont les plus concernés par la tombée des nids causée par le vent. Ces derniers sont occupés généralement par les nouveaux couples (Figure V.3), notons que les nouveaux nids représentent 50 % des nids perdus. Par contre, les nids des toits et des antennes semblent plus stables et situés toujours à l'abri de l'homme, ce qui explique leur subsistance malgré leur proportion faible.

Les nids vides

Ils ont représenté seulement 1,27 % des nids totaux, soit trois nids abandonnés au niveau des arbres. Ce phénomène peut être expliqué par la mort des couples ou vraisemblablement, par le fait des branches d'arbre qui envahissent le nid ce qui cause son abandon ; surtout que ces nids sont localisés uniquement sur des arbres. Néanmoins, on a observé que plusieurs nids occupés sur des arbres ont été abandonnés pour des raisons inconnues (Samusenko, 2004).

Ils n'ont pas beaucoup d'impact sur la taille de population car très rares. Mais lorsque le phénomène persiste et se combine avec la perte de nids et la faible proportion de nouveaux nids installés, cela peut mettre en régression la population concernée. C'est le cas de Ben Azzouz Nord-Ouest.

V.1.4. Tendance de la population

La population étudiée en 2017-2019 a montré une augmentation de ses effectifs reproducteurs égale à 39,46 %. Elle concerne en général tous les sites à l'exception du site Ben Azzouz Nord-Ouest où nous avons signalé une certaine régression comparativement à l'augmentation qui est nulle. Cette augmentation est assurée par l'installation des nouveaux couples qui tendent à nicher plutôt dans la partie rurale de la région, surtout à Ben Azzouz Nord où l'augmentation était maximale (173,91 %), le site qui englobe la plupart des zones humides présentes.

En revanche, nos résultats suggèrent une perte accentuée de nids (Tableau A10, Annexe I), notamment dans la région Zaouia qui représentait plus de deux tiers (2/3) de cette perte qui touche la moitié des nouveaux nids installés. Si le problème continue à long terme

avec le même rythme, voir plus que ça, cela peut mener cette tendance dans le sens opposé. Surtout au niveau des villages où la population tend à se stabiliser.

Au cours de ce siècle (XXI^e), cet essor démographique a été également noté dans la plupart des pays qui constituent l'aire de répartition de l'espèce, avec des populations qui tendent à augmenter leurs effectifs reproducteurs ou au moins, avec des populations relativement stables (NABU, 2013 ; Birdlife International, 2016). C'est le même cas noté en Algérie où la majorité des colonies a présenté des augmentations assez importantes. (Moali-Grine, 2007 ; Moali-Grine *et al.*, 2012, 2013).

Selon NABU (2013), la population mondiale de la Cigogne blanche a augmenté par 40 % dans une période de dix ans étalée entre deux recensements internationaux : celui de 1994-1995 et de 2004-2005. Cette augmentation a été notée surtout dans les populations occidentales (85 %) dont la France a présenté 210 %. Alors que les populations orientales ont présenté une augmentation égale à 31 % malgré l'avantage qu'elles bénéficient en terme du nombre de couples nicheurs que compte cette partie du monde, notamment en Pologne qui en comptent les effectifs les plus élevés. Au Maghreb, l'augmentation est égale à 125 % dont l'Algérie a présenté 176 %. Ce qui rend cette sous population (maghrébine) la plus augmentée au monde durant cette période. En Afrique du sud, il ya des couples qui ont déjà eu la tentative de nicher encore ici. Ainsi, en Asie centrale, la population de la sous espèce *Ciconia ciconia asiatica* a doublé sa taille. En revanche, il ya cependant des populations qui ont présenté un déclin noté, surtout au nord-ouest de son aire de répartition (exemple : au Danemark) et en Bosnie. Ainsi, l'année 2005 a été considérée comme l'année « critique » pour les populations orientales où un déclin a été également signalé avec un succès reproducteur faible. Cette augmentation est importante, voir considérable comparativement aux années 1980 où la population mondiale a connu un déclin remarquable dans presque toute son aire de répartition. La sécheresse étalée en période 1960-1980 dans les quartiers d'hivernage en Afrique sahélienne a été considérée l'une des causes majeures de ce déclin. A partir de 1990, les populations ont connu une guérison et depuis lors, les effectifs commencent à augmenter.

Selon la même source (NABU, 2013), les causes qui ont favorisé cette augmentation semblent claires pour les populations occidentales dont la pression démographique de la population de la péninsule ibérique peut être considérée la clé de cette tendance. L'expansion des cultures irriguées (essentiellement du riz) en Espagne et en Portugal ; l'étendue et la

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

multiplication des décharges d'ordures ménagères ; ainsi que l'introduction de la crevette d'eau douce américaine *Procambrus clarki* qui a largement colonisé les canaux d'irrigation et qui y représente aujourd'hui la ressource trophique principale de la cigogne représentent les principales causes. Sans oublier également l'effet positif des programmes de réintroduction de l'espèce. En outre, la détermination des agents qui ont permis cette augmentation dans les populations orientales serait plus difficile. Néanmoins, des éventuelles causes ont été proposées telles que l'amélioration des habitats naturels, les changements des conditions climatiques et l'avantage qu'ont bénéficié ces populations qui hivernent plutôt à l'est et le sud de l'Afrique et par conséquent, elles ont échoué de fortes mortalités causées par la longue période de sécheresse au Sahel.

En Algérie, la croissance de la population nicheuse est favorisée par une meilleure pluviométrie dans toute son aire de distribution. Ainsi, l'espèce a clairement profité de l'extension des villes et des milieux urbains et celle du réseau électrique qui ont offert aux cigognes de nouveaux supports de nids comme les poteaux et pylônes électriques. Ces derniers se trouvent toujours à des milieux agricoles irrigués et des décharges publiques qui se sont à leur tour encore multipliés. De tels habitats se retrouvent peu perturbés et sont même riches en proies potentielles ; du fait que l'agriculture pratiquée est marquée par une faible utilisation de pesticides en raison de leur coût élevé. Ces facteurs ont aidé la cigogne à augmenter considérablement sa population avec probablement des recrutements locaux des nouveaux nés (Moali-Grine, 2007 ; Moali-Grine *et al.*, 2012).

V.2. Dynamique liée à la phénologie de reproduction

Pour notre étude, elle concerne surtout les fluctuations et les phénomènes qui ont eu lieu à l'intérieur des colonies ; c'est-à-dire ceux observés au niveau des nids tels que la chronologie d'installation des couples nicheurs, les accouplements, la phénologie des pulli, les fluctuations temporelles des effectifs et le succès reproducteur. Ainsi que d'éventuelles relations entre un certain nombre de paramètres démographiques étudiés au biais de l'analyse statistique multivariée (ACP).

V.2.1. Chronologie d'installation de l'espèce

Nos résultats révèlent que l'espèce arrive tôt à Guerbes-Sanhadja, dès la fin novembre et plutôt en fin de décembre (Figures IV.20 et IV.21). Selon Samraoui (1998), les cigognes d'Algérie arrivent aux sites de reproduction dès la fin décembre ou au début de janvier. Tandis que d'autres sont connues de résider toute l'année en petit nombre (Moali-Grine *et al.*

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

2012). La migration a lieu dès la fin juillet à la dernière décade d'aout vers l'ouest de l'Afrique au sud du Sahara (Jonsson *et al.* 2006 *in* Benharzallah *et al.*, 2015). Donc, c'est normal que dans notre région, le début d'installation des couples nicheurs convient en général de cette période (fin décembre-début janvier) dont l'accélération commence à mi janvier. Alors que ceux trouvés en fin de novembre peuvent représenter des exceptions ou bien des résidents, notons que l'espèce a déjà été observée au terrain le 28 octobre en 2018.

L'espèce arrive tôt à notre région comme c'est le cas à Tébessa : le 20 décembre (Khelili, 2012) et à Béjaïa : le 28 décembre (Zennouche, 2002). Elle semble précoce comparativement à d'autres régions en Algérie où l'espèce arrive en janvier à Constantine (Benharzallah *et al.*, 2015) ou le plus souvent en février à Sétif (Djerdali, 2010), à la région d'El-Tarf (Bouriach *et al.*, 2015 ; Bentradi & Chalabi-Belhadj, 2017) et à Batna (Chenchouni, 2016). De même pour la Tunisie où la plupart des couples vient vers la fin de février (Azafzaf, 2002). Et plus particulièrement en Europe occidentale : février/mars (Barbraud *et al.*, 1999 ; Bernis, 1981 *in* Aguirre & Vergara, 2009) et en Europe orientale : mars/avril (Fulin *et al.*, 2009 ; Kosicki & Indykiewicz, 2011 ; Tobolka *et al.*, 2015). Ainsi, ici le séjour qui avoisine les huit mois à Guerbes-Sanhadja est plus long que celui des autres populations mentionnées ci-dessus. Cette durée qui équivaut souvent six à sept mois.

Les effectifs reproducteurs tendent à se stabiliser généralement à la période qui s'étale de la fin février à la fin juin, mais avec des fluctuations qui résultent de l'installation des derniers couples nicheurs durant les mois de février, mars, avril et encore mai selon les sites. Ces couples représentent souvent de nouveaux reproducteurs. Ainsi, ces fluctuations peuvent être également causées par la perte de nids qui concerne toute période. Par contre, les effectifs deviennent plus stables pendant mai et juin la période d'élevage des poussins. A partir de juillet, le nombre de nids occupés commence à diminuer chaque fois les cigogneaux quittent leurs nids à l'envol. Cependant, il ya des nids qui restent encore occupés même après l'envol des jeunes, surtout par les adultes qui restent défendre leurs nids quelques jours avant le départ en migration postnuptiale. Ou bien restent encore renouveler leurs relations (Schütz, 1936).

Les deux saisons ont montré une certaine différence en ce qui concerne la chronologie d'installation de la population, mais presque le même séjour rapporté pour les premiers individus installés et ceux qui ont quitté le site les derniers. A la première saison (2017-2018),

les cigognes sont venues tôt au site et l'ont quitté également tôt par rapport à la deuxième saison (2018-2019).

Pour le départ tardif des individus en migration postnuptiale en 2018-2019, l'explication est plus claire : la persistance des zones humides en période estivale a encouragé les cigognes de passer plus de temps qu'en 2017-2018 où la plupart des garrats est devenue à sec juste en juillet (Figure V.4). En été, la présence des cigognes est largement liée à ces milieux humides où les individus sont observés souvent regroupés ou s'alimenter autour desquelles lorsqu'elles sont remplies d'eau, ou à l'intérieur desquelles lorsque deviennent presque à sec. Ce séjour s'est encore allongé jusqu'à septembre où l'espèce a été observée sur terrain non plus sur le nid. Cette disponibilité en eau au plein été (2019) est due aux précipitations annuelles qui étaient plus abondantes qu'en 2018 et plus fréquentes même en été (Tableau A2, Annexe I). Cette faveur a permis le bon fonctionnement de ces systèmes lentiques qui emmagasinent de grandes quantités d'eau en phase humide et les restituent progressivement à la période sèche (effet éponge). Ainsi, l'abondance des précipitations a limité l'effet négatif des drainages excessifs fréquents dans la région qui puisent l'eau de ces zones humides (Hedjal, 2014 ; Toubal *et al.*, 2014).

Pour les dates d'arrivée, la justification serait plus difficile, puisque cela ne peut être pas lié uniquement aux conditions locales dans les sites de reproduction ; mais aussi à d'autres rencontrées aux quartiers d'hivernage, voir aux routes de migration. Toutefois, il ya des études ont montré également le rôle majeur des conditions climatiques telles que les précipitations et notamment les variations des températures (Gordo & Sanz, 2006 ; Gordo *et al.*, 2013 ; Tobolka *et al.*, 2015). En Pologne, l'attardement des cigognes qui viennent de nicher à l'ouest est lié à la température du mois de mars : lorsque ce dernier devient plus froid, les cigognes s'attardent (Tobolka *et al.*, 2015). Pareillement, à la péninsule ibérique, l'avancement de l'arrivée ou du départ de l'espèce est favorisé par les températures élevées respectivement au début et pendant la saison de reproduction, avec sa tendance à augmenter de plus en plus la durée du séjour (Gordo & Sanz, 2006). Encore, les hivers doux et humides dans les quartiers d'hivernage en Afrique sahélienne entraînent une arrivée plus tardive de l'espèce (Gordo *et al.*, 2013). Ainsi, les conditions au niveau des quartiers d'hivernage, notamment pour les précipitations et le développement de la végétation peuvent affecter la migration des oiseaux, non seulement les dates d'arrivée, mais également la productivité en terme de la taille de ponte chez les femelles (Tobolka *et al.*, 2018).

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.



Figure V.4. Garaet Zaouia en été. A : en juillet 2018 (S. Babouri, le 25/07/2018) ; B : en août 2019 (S. Babouri, le 21/08/2019).

La phénologie de l'espèce est également affectée par l'habitat ; les sites étudiés ont manifesté des différences notamment pour les dates d'arrivée : en général, les individus des agglomérations principales comme les villages de Zaouia et de Ben Azzouz arrivent les premiers ; alors que ceux des milieux ruraux ou de petits villages (Guerbes) s'attardent comparativement aux cigognes nichant dans les villages. Ainsi, le départ des cigognes en été est relativement avancé au niveau des villages qu'aux milieux ruraux. Cela signifie que cette dynamique n'est pas liée à la taille de colonie, mais plutôt à la structure de l'habitat qui est représentée essentiellement par l'infrastructure des sites. L'arrivée avancée des cigognes est éventuellement liée à l'âge des couples : les couples les plus âgés arrivent tôt aux sites de reproduction par rapport aux jeunes qui s'attardent (Vergara *et al.*, 2007, 2010) ; les nouveaux couples tendent à s'installer dans la partie rurale de la région, souvent à partir du mois de février jusqu'en mai (Figure IV.7). Toutefois, le village de Guerbes qui attire moins les

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

cigognes a montré une arrivée tardive remarquable. Cela peut être du aux altitudes qui sont dotées par une arrivée tardive des cigognes (Gordo *et al.*, 2013) ; ou bien à la compétition pour les ressources qui devient plus importante dans les sites à fortes densités qui renferment des habitats plus pertinents à la cigogne et représentent donc, les sites occupés en premier (Janiszewski *et al.*, 2014). Enfin, le départ tardif de certains couples dans les milieux ruraux peut être expliqué par leur association directe aux milieux humides qui favorisent un séjour plus long à la période estivale.

V.2.2. Fréquence des accouplements

Nos résultats montrent que les accouplements ont lieu sur les nids pendant la période de janvier à aout ; ils concernent donc toute période, soit avant, durant et après la phase de reproduction proprement dite. En fait, les accouplements débutent dès l'arrivée et l'installation des premiers couples, mais peuvent continuer en phase de couvaison et même après l'envol des jeunes (Collin, 1973 ; Cordonnier, 1979 ; Burnel *et al.*, 2002 ; Grand, 2007).

Pour notre population étudiée, ce comportement sexuel devient plus fréquent pendant les mois de février et mars. Durant cette période (février-mars), la plupart des nids devient occupée par les deux sexes qui se préparent donc à la reproduction, ce qui augmente la probabilité d'observer ce phénomène. En revanche, les accouplements deviennent absents ou rares hors la période qui s'étale de janvier à mars. Avant cette période (janvier-mars), la quasi-totalité des nids restent vides ou occupés par un seul parent. Ce parent est souvent le mâle qui arrive avant la femelle (Bouet, 1963 in Collin, 1973 ; Tortosa & Redondo 1992 ; Barbraud *et al.*, 1999). Au-delà de mars, les adultes s'occupent plutôt à la couvaison des œufs et l'élevage des jeunes.

V.2.3. Phénologie des pulli et cycle de reproduction

L'analyse des données (Figure IV.23) révèle que la période d'élevage des jeunes s'étend généralement sur trois mois successifs : mai, juin et juillet ; c'est la période durant laquelle nous avons pu observer les jeunes situés debout sur leurs nids. Les premières nichées ont été notées pendant la première décade de mai et les dernières à la fin juin (dernière décade). Cela signifie que l'éclosion aurait lieu à mi à fin avril pour les précoces, au début à mi juin pour les retards ; sachant que les jeunes cigognes seraient mieux observées après trois semaines dès l'éclosion (Tarrajat, 1957) et nos observations étaient plus ou moins bonnes selon les nids et peut être selon l'âge des pulli. Par conséquent, la ponte la plus précoce pourrait avoir lieu à la deuxième décade de mars et au mi mai pour la plus tardive si on

applique la durée habituelle d'incubation qui avoisine les 30 jours. Pour l'envol total des jeunes, il est assuré dans la plupart des cas après une période dépassant un peu les deux mois (> 60 jours). Selon la bibliographie consultée (*cf.* Chapitre I, Partie 2) les premiers essais de vol ont lieu après 58 à 65 jours dès l'éclosion.

Nous expliquons les fluctuations du nombre de nids avec nichées par l'installation différentielle des couples qui est à son tour, peut être liée à l'âge de ces derniers dont les plus âgés arrivent tôt par rapport aux jeunes. Ainsi, les couples d'anciens nids arrivent les premiers pendant l'hiver ; alors que les nouveaux couples s'attardent et s'installent généralement à la fin de cette saison et au cours du printemps. Selon Tryjanowski *et al.* (2004) et Vergara *et al.* (2007), les couples qui arrivent tôt se reproduisent également tôt. Cela nous a permis de noter un développement progressif du nombre de nids avec nichées, dès le début mai pour atteindre son maximum à la fin juin dû aux nouveaux couples qui se sont installés plus tard et reproduit avec succès. Après cette période, le nombre de nids occupés par des jeunes commence à diminuer rapidement en 2017-2018 et graduellement en 2018-2019 ; c'est le début d'envol qui était ensuite accéléré durant la première saison qu'en deuxième saison selon le séjour de l'espèce en période estivale.

V.2.4. Fluctuations temporelles des effectifs

Le suivi de l'abondance de la population au niveau des colonies étudiées a montré des fluctuations durant toute la saison de reproduction (Figures IV.24 et IV.25). Ces fluctuations sont influencées essentiellement par le cycle de vie de l'espèce ; ainsi que par son éthologie. Nous distinguons principalement quatre phases différentes qui expriment et justifient ces variations temporelles :

1. Une augmentation progressive des effectifs qui coïncide avec l'installation des premiers couples sur les anciens nids et celle des nouveaux couples qui se déroule plutôt en hiver. Cela permet de noter des nids occupés ou non par un ou deux individus qui forment le couple.
2. Une diminution brève souvent en avril où la plupart des nids devient occupée par un seul parent, celui qui couve ; alors que certains nouveaux nids installés au printemps manifestaient à la fois la présence ou l'absence de l'un ou des deux sexes qui ont passé la saison sans reproduction.
3. Une nouvelle augmentation rapide et continue des effectifs assurée par l'apparition des jeunes durant les mois de mai et juin. Ces derniers étaient

- observés souvent au moins avec la présence de l'un des parents ; l'un reste les surveiller en permanence tandis que l'autre s'occupe de leur amener les régurgitas.
4. Un effondrement continu de l'abondance jusqu'à zéro individus, généralement pendant le mois de juillet et celui d'août où les envols se déroulent et la migration postnuptiale commence encore.

V.2.5. Succès de la reproduction

Durant cette période (2017-2019), nos résultats ont donné une valeur du succès d'élevage (JZm) comprise entre 2,39 en 2019 et 2,47 en 2018 pour toute la population étudiée, soit une moyenne de 2,43 jeunes par nid avec une diminution notée à la deuxième saison. Bien que cette valeur peut varier d'une colonie à l'autre (Tableaux A11 et A12, Annexe I) ; elle est maximale à Zaouia 2 (2,74) et minimale à Guerbes (2,17) pour une même saison (2017-2018). Ainsi, ce paramètre peut varier entre 1 et 4 selon les nids recensés.

Ces valeurs sont supérieures à celles connues pour la wilaya de Skikda et même à la moyenne généralisée pour le pays ; d'après Moali-Grine *et al.* (2012), le succès d'élevage de la Cigogne blanche en Algérie en période 1995-2007 varie entre 2,14 et 2,32 et entre 1,84 et 2,26 à Skikda. La valeur minimale a été enregistrée à Mostaganem, soit 1,33 en 1995 ; tandis que la valeur maximale est dotée pour la wilaya de Jijel, soit 3,74 en 2007. Notons que les moyennes les plus élevées - celles qui dépassent 3 - ont été enregistrées plutôt à l'ouest du pays : 3,33 à Tissemsilt (2001), 3,37 à Tlemcen et 3,38 à Saida (2007). Selon cette étude (Moali-Grine *et al.*, 2012), depuis 1995 le succès de reproduction a évolué grâce au développement de l'agriculture en adoptant plus de terres irriguées, surtout celles des fourrages et céréales. Cela a augmenté les surfaces de gagnage des cigognes et par conséquent, une meilleure disponibilité alimentaire. Ainsi, les travaux publiés concernant d'autres régions algériennes montrent que le succès d'élevage à Guerbes-Sanhadja est comparable à celui trouvé en Kabylie : il varie entre 2,28 et 2,51 (Boukhemza *et al.*, 2007). Il est Plus élevé par rapport à Sétif : entre 1,75 et 2,46 (Djerdali *et al.*, 2016b), à Batna : entre 1,18 et 1,97 (Chenchouni, 2017) et à Constantine où il atteint une moyenne de 1,94 (Benharzallah, 2017). En revanche, ce paramètre semble plus important dans la région d'El-Tarf : entre 2,29 et 2,85 (Bouriach *et al.*, 2015) comparativement à nos valeurs présentées.

En Tunisie, il est encore plus faible par rapport à Guerbes-Sanhadja, il varie entre 2,08 et 2,17 (Azafzaf, 2002). En Europe, il varie selon les pays et en fonction des années, avec des

moyennes plus élevées en Turquie : 3,82 (Yavuz *et al.*, 2012) et en Grèce : 3,72 (Goutner & Tsachalidis, 2007).

D'une manière générale, le succès de reproduction peut varier d'une région à l'autre et présenter des fluctuations annuelles plus ou moins importantes. Ces fluctuations peuvent être liées à plusieurs facteurs dont les variations climatiques jouent un rôle majeur. La disponibilité des ressources trophiques et des différents types d'habitats sont très importants (Nowakowski, 2003 ; Goutner & Tsachalidis, 2007 ; Benharzallah, 2017). La disponibilité et la diversité des proies consommées par la cigogne sont contrôlées plutôt par le type du climat local que d'autres facteurs comme par exemple l'anthropisation de l'habitat (Chenchouni, 2016). Au sein d'un milieu agricole, les conditions météorologiques qui affectent la disponibilité alimentaire peuvent être plus importantes que celles affectant directement la survie des poussins (Eggers *et al.*, 2015). Les dates d'arrivée des couples nicheurs sont également prises en compte ; ceux qui arrivent tôt, produisent plus de jeunes par rapport à ceux qui s'attardent (Tryjanowski & Sparks, 2008 ; Kosicki & Indykiewicz, 2011 ; Janiszewski *et al.*, 2014). Cette arrivée est aussi influencée par les conditions climatiques telles que la température et les précipitations (Gordo & Sanz, 2006 ; Gordo *et al.*, 2013 ; Tobolka *et al.*, 2015) et l'âge des adultes (Vergara *et al.*, 2007). Ainsi, la taille de la ponte peut influencer le succès reproducteur ; elle peut dépendre des conditions au niveau des quartiers d'hivernage (Tobolka *et al.*, 2018) ou de la date d'arrivée du dernier parent (Eggers *et al.*, 2015). Enfin, il existe bien sûr d'autres facteurs pouvant agir directement ou indirectement sur la productivité de l'espèce comme la taille du nid (Vergara *et al.*, 2010 ; Djerdali *et al.*, 2013 ; Benharzallah, 2017), les types de structures qui supportent le nid (Chenchouni, 2017), l'âge des parents (Nevoux *et al.*, 2008 ; Tobolka *et al.*, 2013) et les attaques sur les nids causés par une compétition intraspécifique (Eggers *et al.*, 2015).

Pour notre région, il est à noter deux remarques concernant le succès de reproduction de l'espèce : le taux élevé des couples avec succès (HPm %) par rapport au nombre total de couples (HPa) et la faible différence entre les sites pour le succès d'élevage (JZm). le premier paramètre varie entre 96,04 % et 97,19 % ce qui est élevé. C'est le même cas signalé par Mammeria *et al.* (2018) dans la région d'El-Tarf où 99 % des couples nicheurs se sont reproduits avec succès. L'analyse statistique des données (ACP₁ et ACP₂) a montré que cet indicateur évolue dans le même sens avec le nombre total de couples nicheurs (HPa). Cela a été également noté par Si Bachir *et al.* (2013) et Benharzallah (2017). Selon ce dernier

(Benharzallah, 2017), cette indication révèle la bonne qualité des habitats sélectionnés pour la nidification.

Pour le succès d'élevage (JZm), il a présenté peu de variations entre les sites étudiés tant en deuxième saison (2018-2019) qu'à la première (2017-2018) (Tableaux A14 et A17, Annexe I) avec une légère diminution à la deuxième saison. Cette diminution est causée par l'installation continue des nouveaux couples qui produisent peu de jeunes par rapport aux anciens (Nevoux *et al.*, 2008 ; Tobolka *et al.*, 2013) ; chez nous, généralement 1 à 2 cigogneaux par nouveau HPm. Ils ont affecté le succès d'élevage moyen surtout à Ben Azzouz Nord qui a reçu la plupart des nouveaux nids. Cette régression simple peut être également générée par la forte perte de nids - surtout les anciens - en deuxième saison et éventuellement par l'effet négatif des pluies printanières qui étaient plus abondantes en 2019 (Tableau A2, Annexe I). Les précipitations et les basses températures durant la saison de reproduction de l'espèce agissent négativement sur la couvaison, le succès de reproduction et la survie des jeunes (Carascal *et al.*, 1993 ; Eggers *et al.*, 2015).

Nonobstant que les sites étudiés ont manifesté peu de différences en terme du succès d'élevage (JZm), l'ACP a montré que ce paramètre reste néanmoins influencé par d'autres paramètres démographiques ; ce qui nous permet de suggérer les éventuelles causes qui contrôleraient ces variations. En 2017-2018 où le séjour de l'espèce s'est différé un peu entre les colonies, ce paramètre était moyennement positivement corrélé et le seul associé au JZm. Selon Tryjanowski & Sparks (2008), le succès de reproduction de la Cigogne blanche augmente avec son séjour allongé. Bien qu'ici, le séjour est fonction de l'arrivée des premiers individus et le départ des derniers et que les sites différaient plutôt aux dates d'arrivée. Ainsi, Gordo *et al.* (2007) ont signalé que le séjour prolongé des cigognes est favorisé par leur arrivée avancée. Chez nous, ce phénomène a été noté surtout dans les villages. Par conséquent, cela fait dire que le succès d'élevage était lié principalement à la date d'arrivée des premiers couples qui est éventuellement influencée par l'âge de ces derniers ; ceux qui arrivent les premiers sont les plus âgés et donc, ceux qui produiront plus de jeunes. Enfin, cette indication soutient notre hypothèse déjà proposée : les couples les plus anciens seraient installés au niveau des agglomérations. En 2018-2019, les sites différaient essentiellement au nombre de couples nicheurs (HPa) qui était corrélé négativement avec le succès d'élevage. Par conséquent, les colonies de petite taille ont présenté un succès d'élevage plus élevé que

celui des grandes colonies affectées par la productivité faible des nouveaux couples qui y continuent à s'installer de préférence.

V.3. Dispersion spatio-temporelle des individus

Le suivi des nids ainsi que des individus sur terrain nous a permis de décrire l'itinéraire que font ces oiseaux à partir de leurs nids au niveau de chaque site (Figure IV.26) et que cet itinéraire change au fil du temps (Figure IV.27). Bien que ces observations fussent rares, elles ont montré que cet itinéraire dépend essentiellement de la présence des milieux trophiques qui ont été différemment fréquentés par l'espèce (Figure IV.29). Selon Boukhtache (2010), les variations du régime alimentaire de la Cigogne blanche sont en relation avec les disponibilités alimentaires dans les milieux de gagnage et avec les besoins alimentaires de l'espèce selon les saisons phénologiques. A partir de ces informations, on peut dire que l'espèce est opportuniste ; ce qui explique la sélection de certains types de milieux trophiques d'une région à l'autre et que cette sélection change en fonction du temps. Par conséquent, la dynamique de ses populations va être influencée à travers la dispersion des individus sur les différents types des milieux trophiques disponibles, les fluctuations temporelles de leurs effectifs et donc, une modification éventuelle de leurs trajets.

Selon Si Bachir *et al.* (2013), on peut distinguer deux groupes de cigognes : celles qui nichent près des zones urbaines où les ressources trophiques sont représentées essentiellement par les déchets qui ne dépendent pas des conditions météorologiques ; des couples nichant en colonies situées dans des milieux suburbains ou naturels où les conditions environnementales favorisent l'abondance des espèces proies (essentiellement les orthoptères et les coléoptères terrestres) et les cigognes s'alimentent sur les deux milieux que ce soit des habitats naturels ou des terres agricoles irriguées. Pour notre cas, il s'agit donc du deuxième groupe où nous avons recensé des cigognes qui exploitent cinq types différents de milieux trophiques entre habitats naturels (prairies humides, prairies marécageuses et garaets) et autres induits par l'homme (cultures irriguées et friches). Néanmoins, la région peut comprendre un certain nombre de décharges publiques ou celles des déchets animaux issus des volailles (Hedjal, 2014) et peuvent être donc fréquentées par l'espèce.

Nos résultats et leur analyse statistique (AFC) montrent que l'espèce préfère deux types d'habitats qui sont naturels : les garaets et les prairies humides. Les premiers dominent en terme de l'abondance des effectifs plutôt élevés et sont exploités en période estivale sèche

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

(Juin-Septembre). Ils servent des lieux d'alimentation et de regroupement en masses des individus après la phase d'envol. Les deuxièmes dominant en terme de la durée de fréquentation, ils sont fréquentés plutôt en période humide (Décembre-Mai) avec des effectifs relativement moyens et représentent les milieux trophiques principaux pendant la période de reproduction proprement dite. Ces derniers représentent avec les prairies sèches les milieux de gagnage préférés en Europe (Carrascal *et al.*, 1993 ; Nowakowski, 2003). Pour les friches, elles sont également fréquentées en période humide mais avec des effectifs plus faibles ; elles représentent les habitats préférés dans la région d'El Kala, soit 37 % (Bentrad & Chalabi-Belhadj, 2017). Tandis que les deux types restants ont été occasionnellement fréquentés soit en période humide (prairies marécageuses), soit en période sèche (cultures irriguées).

Les prairies humides et garaets sont à l'origine des modifications de l'itinéraire que font les oiseaux, en fonction des sites et du temps. Ainsi, les directions principales adoptées par les cigognes sont liées directement à la présence de ces milieux, alors que celles négligées ont concerné souvent les milieux boisés et sableux. Ces milieux humides se trouvent proches des nids au niveau des sites ruraux et loin des villages ; ce qui explique également la différence entre les sites en terme de la distance de ce parcours, sachant que l'espèce réduit l'effort de vol et parcourt moins de distances lorsque les ressources trophiques sont directement disponibles dans les sites de nidification (Moritzi *et al.*, 2001).

La préférence des deux milieux trophiques mentionnés est liée à la disponibilité des proies consommées par la cigogne. Selon une étude récente, menée en Pologne (Orlowski *et al.*, 2018), la majorité de ces proies est issue des milieux herbeux et non cultivés, surtout au niveau des milieux aquatiques et des zones humides. Par contre, la proportion la plus faible de ces proies est issue des terres arables et des forêts. Ainsi, les études réalisées sur le régime alimentaire de cet échassier ont manifesté la dominance des orthoptères et des coléoptères (Tableau I.3). Ces ordres d'insectes se rencontrent surtout dans les habitats secs (herbeux) mais également près des milieux aquatiques (Tsachalidis & Goutner, 2002). Ces proies semblent indispensables, surtout que les orthoptères renferment plus d'énergie par rapport aux autres (Orlowski *et al.*, 2018) et sont qualifiés de se reproduire rapidement (Alonso *et al.*, 1991). Enfin, il a été trouvé une forte corrélation entre le nombre de poussins élevés et la proportion des prairies humides et des biotopes aquatiques présents dans les sites de nidification (Nowakowski, 2003).

Concernant cette dynamique, il est à noter que les fluctuations temporelles des effectifs en fonction des milieux trophiques sont contrôlées par plusieurs facteurs interdépendants que nous pouvons présenter comme suit :

- Les variations climatiques représentées essentiellement par les précipitations et les températures agissent sur l'hydrologie de surface et le développement de la végétation herbacée qui façonnent le paysage. Le résultat en est l'apparition de nouveaux habitats exploités par l'espèce ou à l'inverse, leur disparition selon les conditions de la saison ou de la période de l'année. En période humide, les précipitations et les températures modérées permettent un développement lent des herbes vertes dans les prairies humides et les friches ; ces milieux herbacés offrent aux cigognes des proies dominées par les insectes (Tsachalidis & Goutner, 2002). Ainsi, les prairies marécageuses exclusives à cette période sont également exploitées, notons que les milieux inondés renferment essentiellement des vers de terre comme proies (Alonso *et al.*, 1991). En revanche, en période sèche, les précipitations deviennent rares et les températures augmentent ; le terrain et la végétation deviennent plus secs à l'exception de certains points humides représentés par les garaets et les cultures irriguées qui seront alors presque les seules fréquentées.
- La phénologie de l'espèce influence l'abondance des effectifs sur les milieux de gagnage : en phase de pré-reproduction, la faible concentration des effectifs est liée au nombre faible de couples nicheurs au début de la saison, ou au rythme modéré des activités alimentaires ; le rythme de ces activités devient plus grand en phase d'élevage des poussins (Moritzi *et al.*, 2001 ; Chenchouni *et al.*, 2015) ce qui explique les effectifs maximaux en mai pour les milieux exploités en période humide (prairies humides et marécageuses et friches). Après l'envol des jeunes, les individus se regroupent en nombres parfois très importants au niveau des garaets, ou s'alimentent également dans les cultures irriguées, c'est pourquoi les effectifs y ont été maximaux à cette période estivale.
- La disponibilité et la phénologie des espèces proies sont à l'origine des variations du régime alimentaire de la Cigogne blanche (Boukhemza *et al.*, 2004) ce qui contrôle la distribution des effectifs sur ces milieux et en fonction du temps.

- Le comportement alimentaire de l'espèce est également nécessaire : elle évite en général, les profondeurs des milieux aquatiques en période humide et la végétation dense au début juin.
- Enfin, les activités de l'homme peuvent agir sur cette dynamique soit par des effets positifs ou négatifs pour l'espèce : les prairies humides pâturées sont les plus fréquentées ; tandis que le drainage des garaets réduit les aires de gagnage des cigognes en période estivale sèche.

*Conclusion générale
& perspectives*

Conclusion générale

Puisque les oiseaux migrateurs sont connus d'être fidèles à leurs territoires et renferment souvent de grands effectifs, ils ont incité les scientifiques et plus particulièrement les écologistes à mener des études concernant leur dynamique et sa relation avec l'environnement de leurs quartiers d'hiver, des routes migratoires et au niveau de leurs sites de reproduction. Notamment pour ceux qui ont changé leur régime alimentaire ou également leur éthologie et sont devenus des modèles « synanthropes » dépendant directement des activités humaines qui sont à l'origine des changements globaux de cet environnement.

L'un de ces modèles est la Cigogne blanche *Ciconia ciconia*, le plus connu du tout. Cet échassier de grande taille à caractère grégaire, avec ses effectifs et ses grands nids découverts, ainsi que sa fidélité pour ses sites de nidification représente un choix convenable aux études portant sur la dynamique des oiseaux dont le présent travail fait partie bien sûr. Une étude réalisée au sein d'un environnement à caractère humide et renferme une certaine hétérogénéité du terrain : l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja dans la région de Skikda (Nord-est de l'Algérie) et pendant deux saisons successives : 2017-2018 et 2018-2019. Elle est basée sur le recensement continu des nids de cet échassier, le suivi des individus au niveau desquels et leur dispersion sur les milieux de gagnage ; tout en adoptant la méthode des transects qui a limité notre domaine prospecté. Une étude qui implique essentiellement l'œil de l'observateur sur terrain que des mesures ou autres méthodes expérimentales. Par conséquent, les résultats obtenus ont donné des valeurs numériques, des proportions ainsi que des cartes concernant certains paramètres démographiques et leur relation avec le milieu étudié et la phénologie de l'espèce.

L'une des grandes lignes de cette thèse est que les variations spatio-temporelles de cette dynamique sont liées plutôt à la structure d'habitat qu'à la phénologie de l'espèce, si on prend en compte les sept colonies étudiées. Les sites ont présenté plutôt des variations concernant l'abondance et la distribution des effectifs reproducteurs en fonction du paysage, de l'infrastructure du milieu et de la nature de support des nids. Ainsi, l'abondance et l'itinéraire des individus fourrageurs peuvent varier considérablement selon les sites et en fonction de la nature et la disponibilité des milieux trophiques. En revanche, l'espèce semble suivre la même phénologie dans la plupart des sites et pendant les deux saisons, à l'exception de certaines différences peuvent être liées à l'âge des couples ; cette phénologie génère donc

des fluctuations temporelles des effectifs qui sont normalement liées au cycle de reproduction de la cigogne.

Le recensement des nids pendant toute la période d'étude (2017-2019) nous a permis de compter en total 235 nids de la Cigogne blanche, mais ce nombre a été réduit à 202 nids occupés à cause de la perte de 30 nids et de la présence de 3 nids vides. Les nids sont distribués inégalement sur sept colonies distinguées dont trois à la région de Zaouia (Zaouia 1, Zaouia 2 et Zaouia 3) ; trois autres à la région de Ben Azzouz (Ben Azzouz Centre, Ben Azzouz Nord-Ouest et Ben Azzouz Nord) et une seule colonie à Guerbes. Cette abondance de nids occupés (HPa = 202) est importante par rapport au nombre total de couples nicheurs de la wilaya de Skikda qui était 415 en 2007. Ainsi, cette abondance exprime une moyenne de 28,85 couples par colonie qui est nettement supérieure à la moyenne généralisée pour l'Algérie (environ 11 couples par colonie), ce qui révèle une importance numérique du modèle biologique que peut occulter la région et cela dépend en fait d'un recensement plus exhaustif.

Les nids sont distribués différemment selon la structure d'habitat en fonction du paysage, de l'infrastructure et de la nature de support des nids même à l'intérieur du même site. La plupart des colonies (6 colonies) est localisée au centre de Guerbes-Sanhadja, auteur d'oued El Kebir Ouest le cours d'eau principal de la région, cette partie qui est plus dégagée, plus humide et renferme une mosaïque d'habitats entre zones humides, prairies humides, cultures maraichères, ripisylves et aulnaies. Tandis qu'une seule colonie (Guerbes) est située à la périphérie dominée par les forêts de chêne liège et le maquis. Ainsi, les couples tendent à s'installer plutôt dans les substrats argileux que ceux sableux, avec de préférence au voisinage des prairies et zones humides. La sélection de leur habitat en fonction des trois critères mentionnés : la nature du substrat, la végétation et le caractère humide du site ont permis de noter plus de nids au site Ben Azzouz Nord (maximum) suivi par celui de Zaouia 3 et un nombre plus faible à Guerbes (minimum) et Ben Azzouz Nord-Ouest.

Le complexe de Guerbes-Sanhadja renferme une infrastructure faible dont le milieu est semi rural, bien que ce paramètre semble influencer la répartition spatiale des nids. La majorité des nids (53,65 %) et pas les colonies (3/7 colonies) reste distribuée dans sa partie rurale, mais toujours au voisinage des habitations humaines et à côté des routes principales. Ainsi, les nids sont dispersés de façon plus homogène dans les villages, avec des effectifs moyens et généralement voisins. Tandis qu'aux sites ruraux, la dispersion devient plus

hétérogène, avec des effectifs extrêmes entre faibles et grands, principalement sous forme d'agrégats répartis selon l'hétérogénéité du milieu rural qui implique une certaine structure paysagère favorisant l'installation des couples. Notre étude suggère que les milieux anthropisés peuvent représenter une faveur pour l'espèce lorsque sont situés dans un milieu favorable pour elle en terme de la structure paysagère qui répond à leurs besoins biologiques et écologiques ; puisque les milieux urbains offrent plus de supports pour la nidification et renferment une certaine sociabilité qui répond à l'éthologie de cette espèce à instinct grégaire, ils peuvent être donc exploités les premiers.

Pour la nature de supports des nids, l'espèce utilise une gamme de structures que ce soit naturelles (arbres) ou anthropisées (poteaux électriques, toits et antennes) selon leur disponibilité dans les sites. A l'instar de plusieurs études réalisées au monde, nos résultats ont montré la dominance des poteaux électriques au niveau de tous les sites échantillonnés, ils sont suivis par les arbres dont leur adoption est en accroissement progressif surtout en dehors des agglomérations. Par contre, les toits et les antennes adoptés étaient rares mais restent intéressés par les cigognes essentiellement dans les villages. La diversité et l'hétérogénéité de ces supports ont met la cigogne dans une situation sélective qui est fonction de la disponibilité et la qualité du support et non pour sa hauteur. Elle sélectionne plutôt les supports les plus stables, les plus regroupés et donc, les plus associés aux habitations humaines ; ce qui rend les poteaux en béton et métalliques les plus exploités respectivement, alors que les nids installés sur les poteaux en bois ont représenté la faible proportion. Cette sélection devient plus grande au niveau des arbres qui doivent être de grande taille et plus dégagés, ils ont concerné surtout des eucalyptus l'arbre principal adopté par les cigognes en Algérie. Enfin, nous soutenons fortement l'avis qui appuie l'importance de l'étude des supports de nids qui peuvent influencer la répartition spatiale de l'espèce et même sa reproduction.

La population étudiée a manifesté une tendance générale à augmenter comme c'est le cas noté à plusieurs régions du monde et dans la plupart des pays qui constituent l'aire de répartition de l'espèce ; généralement dès l'année 1990 et plus particulièrement pendant le présent siècle (XXI^e). Depuis 2017 jusqu'en 2019, la population de Guerbes-Sanhadja a augmenté par 39,46 %. Cette augmentation était plus forte en 2017-2018 comparativement à la saison 2018-2019 où à l'inverse, la perte de nids était plus forte. Cette perte a atteint 12,77 % des nids totaux recensés dont les nouveaux nids ont représenté 50 %, avec environ un tiers

de nouveaux nids installés chaque année tombent ou être détruits par l'homme. Elle a concerné surtout la région de Zaouia qui en a représenté plus de deux tiers où l'impact direct ou indirect de l'homme, les variations climatiques et la nature de support du nid représentent les facteurs principaux de cette perte. Par conséquent, les fluctuations des effectifs reproducteurs sont essentiellement générées par l'installation des nouveaux couples qui tendent à exploiter plutôt la partie rurale et la perte de nids qui est considérée comme un facteur limitant pouvant inhiber la croissance démographique de l'espèce, ou mettre cette tendance au sens opposé, surtout au niveau des villages où la population tend à se stabiliser.

Si on prend la règle de la « majorité », la phénologie de la Cigogne blanche n'a pas présenté de grandes différences entre les sites étudiés. Les dates d'arrivée ainsi que celles du départ en migration postnuptiale conviennent en général à celles de la littérature en Algérie : une arrivée avancée dès la fin décembre et plutôt au début janvier et un départ noté en fin juillet et au cours du mois d'août, avec d'éventuels résidents en petits nombres observés en septembre, octobre et novembre. Les accouplements concernent toute période, mais s'intensifient surtout en février et mars où la plupart des nids devient occupée par les deux sexes. Les premiers cigogneaux ont été observés sur leurs nids à la première décade de mai, à la dernière décade de juin pour les derniers. Alors que les vols ont eu lieu au cours du mois de juillet et celui d'août. Le suivi de la productivité de l'espèce a montré un taux élevé de couples qui se sont reproduits avec succès qui dépasse 96 % pour les deux saisons. Ce paramètre évolue dans le même sens avec le nombre total de couples nicheurs (HPa) et est influencé par l'âge de ces derniers, avec une faveur pour les couples les plus anciens. Le succès d'élevage (JZm) n'a pas différé significativement entre les sites pendant les deux saisons ; bien que l'ACP de certains paramètres démographiques suggère que ce paramètre peut être influencé positivement par l'arrivée avancée des couples et affecté négativement par les nouveaux couples. Dans les deux cas, il s'agit donc qu'il est influencé plutôt par l'âge des adultes qui semble également contrôler les dates de leurs arrivées.

Le succès d'élevage varie entre 1 et 4 selon les nids et entre 2,17 et 2,74 selon les sites. Il est compris entre 2,39 en 2018-2019 et 2,47 en 2017-2018, soit une moyenne de 2,43. Ces valeurs sont nettement supérieures à celles connues pour la wilaya, ils semblent proches à celles trouvées en Kabylie qui restent encore moins importants à celles trouvées dans la région d'El-Tarf, mais plus importants comparativement à d'autres régions (ex. Sétif, Constantine et Batna). Ainsi, le succès d'élevage en Algérie reste plus faible qu'en Europe où

il peut varier considérablement en fonction des pays et des années. L'analyse de nos données et de la bibliographie concernant ce paramètre que ce soit en Algérie ou en Europe révèle qu'il est plus important au sein des cigognes qui utilisent des habitats de gagnage naturels que ceux anthropisés.

Notre étude suggère qu'une population écologique nichant dans le même secteur ne devrait pas présenter localement de grandes différences pour le succès reproducteur ; car les cigognes utilisent les mêmes milieux trophiques préférés selon leur disponibilité au cours de l'année. Selon la bibliographie, ce paramètre est hautement influencé par la disponibilité trophique qui est à son tour affectée par les conditions climatiques. Par conséquent, la même population peut présenter plutôt des fluctuations temporelles vis-à-vis aux variations du climat. Pour notre cas, l'espèce préfère les milieux humides herbeux à végétation basse en période humide (essentiellement les prairies humides) et les zones humides en période estivale. Enfin, nous considérons que l'étude des milieux et des ressources trophiques est d'une grande importance ; ces derniers représentent la « boîte noire » en écologie qui peut influencer la dynamique de l'espèce à travers la répartition spatiale des individus et son séjour dans le même site, ce qui est déjà noté chez nous en deuxième saison (2018-2019) où le séjour de l'espèce en été est lié directement à la présence des zones humides.

A propos de cette thèse, il serait mieux de rappeler que pour les études écologiques, il ne faut pas se hâter et établir des conclusions dès le début, à la base de simples observations sur terrain ou des résultats préliminaires obtenus ; pour que soient des données plus significatives, chaque travail sur terrain doit être accompagné par une étude statistique adéquate. Ce qui rend logiquement les mathématiques et les statistiques les langues naturelles de la dynamique des populations.

Quelque soit le modèle biologique étudié, le suivi de la dynamique des populations animales est l'une des méthodes « clé » pour comprendre son écologie ou au moins, les facteurs écologiques principaux qui contrôlent cette dynamique. Une bonne étude doit donc bien définir la relation qui existe entre les variations spatio-temporelles des caractéristiques de la population concernée et l'ensemble des variables environnementales que ce soit abiotiques, biotiques ou encore anthropiques. Cela va définir les besoins écologiques de l'espèce étudiée qui déterminent encore son habitat et son éthologie. Le résultat est souvent la description de deux environnements éventuels : l'un soit idéal ou convenable pour cette espèce qui doit maintenir son comportement usuel, l'autre soit défavorable et pouvant révéler de grandes

perturbations, ce qui rend l'espèce obligée de corriger ou modifier son éthologie. On note finalement que la dynamique d'une espèce donnée doit être liée à trois éléments essentiels : la structure de son habitat, son éthologie et l'impact des activités humaines. Souvent, l'espèce répond aux modifications de son environnement par un changement de son éthologie malheureusement, l'homme ne change pas beaucoup son comportement face à ces modifications accentuées !

Perspectives

Puisque c'est la première étude menée dans la région, concernant la dynamique de la Cigogne blanche, nous espérons que notre étude soit complétée par d'autres travaux et pour cela nous proposons les points suivants :

- Continuer le même travail pour des périodes plus étalées sur une échelle plus grande pour suivre d'une part, les variations temporelles des paramètres étudiés et leurs relations avec les changements de l'habitat local qui révèle des pressions anthropiques continues comme a été souligné par Toubal et al, en 2014. D'autre part, pour vérifier les suggestions que notre étude a présentées.
- Faire des études similaires à d'autres régions de la wilaya, voir ailleurs pour comparer les résultats, notamment ceux qui caractérisent l'habitat de l'espèce (exemples : la nature du paysage, l'infrastructure du milieu, la nature des supports des nids et les types des milieux de gagnage). Ainsi, la récolte d'une base de données de ces variables va permettre une modélisation de l'habitat de cette espèce à des fins préservatives.
- Faire des études plus détaillées concernant le régime alimentaire et la reproduction de l'espèce, deux paramètres manquants dans la région.
- Contribuer à l'étude de son éthologie.
- Contribuer localement au baguage des jeunes qui vont certes permettre de mieux comprendre la dynamique de ces oiseaux migrants.
- Enfin, nous conseillons vivement les autorités locales ainsi que les établissements concernés de lancer des programmes de gestion de cet éco-complexe, notamment pour préserver les milieux naturels tels que les zones humides et les prairies naturelles dont l'espèce dépend grandement et l'implication des plateformes artificielles spécialement érigées pour elle. Par conséquent, des programmes de sensibilisation des habitants locaux seront sans doute très utiles.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Aebischer A. & Fasel A. (2010). Les 10 ans de « max » suivi à long terme d'une Cigogne blanche *Ciconia ciconia* par satellites. *Nos Oiseaux*, 57 : 165-176.
- 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. Ornith.*, 150:147–153. DOI 10.1007/s10336-008-0329-3
- Anonyme (2012). Cahiers d'Habitat « Oiseaux » – MEEDDAT- MNHN – Fiche projet (http://www.academia.edu/6311270/Cahiers_dHabitat_Oiseaux-MEEDDATMNHN_Fiche_projet)
- Archaux F., Balança G., Henry P. & Zapata G. (2004). Wintering of White Storks in Mediterranean France. *Waterbirds*, 27(4): 441-445.
- Azafzaf H. (2002). Statut Actuel de la Population de la Cigogne blanche en Tunisie. *Alauda*, 70 (3) : 387-392.
- Babouri S., Metallaoui S. & Heddami S. (2020). Abundance and spatial distribution of the structure supporting the nest of White Stork *Ciconia ciconia* in Guerbes-Sanhadja wetland eco-complex, northeastern of Algeria. *Environmental Science and Pollution Research*, 27: 45974-45982. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11323-9>
- Baccini A. (2010). *Statistique Descriptive Multidimensionnelle (pour les nuls)*. Publications de l'Institut de Mathématiques de Toulouse, Université Paul Sabatier, Toulouse, 33 p.
- Bagnouls F. & Gaussen H. (1957). Les climats biologiques et leurs classifications. *Ann. Géogr. Fr.*, 355: 193-220.
- Barbraud C., Barbraud J. C. & Barbraud M. (1999). Population dynamics of the White Stork *Ciconia ciconia* in western France. *Ibis*, 141 : 469-479.
- Baudoin G. (1973). Analyse des pelotes de rejection des Cigognes (*Ciconia ciconia*) nicheuses à Hachy en 1972. *Aves*, 10 : 113-121.
- Belouahem-Abed D. (2012). *Etude écologique des peuplements forestiers des zones humides dans les régions de Skikda, Annaba et El Tarf (Nord-Est algérien)*. Thèse de Doctorat d'état, univ. Badji Mokhtar – Annaba, 252 p.
- Belouahem-Abed D., Belouahem F. & Bélair G. (2009). Biodiversité floristique et vulnérabilité des aulnaies glutineuses de la Numidie algérienne (N.E Algérie). *European Journal of Scientific Research*, 32 (3) : 329-361.

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

- Ben Rabah S. (2006). Etat actuel des ressources en eau dans la wilaya de Skikda (essai de synthèse) bilan – gestion – perspective. Mémoire de Magister, univ. Badji Mokhtar, Annaba, 156 p.
- BeNatur (2012). *White Stork (Ciconia ciconia) Joint Transnational Action Plan*. Túrkeve, Hungary, 27 p.
- Benderradji M. L. (1988). *Sensibilité des milieux naturels et problèmes d'aménagements dans les secteurs de Guerbès, Benazzouz-El Marsa (Nord-Est algérien)*. Thèse de Doctorat de 3ème cycle, univ. de Strasbourg I.
- Benderradji M. L. (2000). *Les milieux humides de l'extrême Nord-Est algérien de Guerbès aux confins algéro-tunisiens : Eco géographie et aménagement*. Thèse d'Etat, université Mentouri- Constantine. 497p.
- Benharzallah N. (2017). *Contribution à l'étude de la bio-écologie de la Cigogne blanche (Ciconia ciconia, Aves, Ciconiidae) dans le Constantinois*. Thèse de Doctorat en Sciences, Eco. Anim. Univ. El Hadj Lakhdar, Batna, 146 p.
- Benharzallah N. Si Bachir A., Taleb F. & Barbraud C. (2015). Factors affecting growth parameters of White Stork nestlings in eastern Algeria. *Journal of Ornithology*, 156: 601–612.
- Bentradi S. & Chalabi-Belhadj G. (2017). Comportement alimentaire de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia* L.) dans le complexe de zones humides d'El Kala. *Bull. Soc. zool. Fr.*, 143(1-4) : 49-60.
- Bialas J.T., Dylewski L. & Tobolka M. (2020). Determination of nest occupation and breeding effect of the white stork by human-mediated landscape in Western Poland. *Environ Sci Pollut Res*, 27: 4148-4158. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06639-0>
- Birdlife International (2015). European Red List of Birds. *Ciconia ciconia* (Linnaeus, 1758).
- BirdLife International (2016). *Ciconia ciconia*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T22697691A86248677. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T22697691A86248677.en>
- BirdLife International (2017). Species factsheet: *Ciconia ciconia*. Downloaded from <http://www.birdlife.org>, 23/12/2017.
- BirdLife International (2018). Species factsheet: *Ciconia stormi*. Downloaded from <http://www.birdlife.org>, 01/02/2018.

- Blondel J. (1975). Analyse des peuplements d'oiseaux d'eau. Elément d'un diagnostic écologique. *Rev. Ecol. Terre et Vie*, 29 : 533-589.
- Bocheński M. & Jerzak L. (2006). Behaviour of the White Stork *Ciconia ciconia* : A review. In P. Tryjanowski, T.H. Sparks & L. Jerzak (Eds.), *The White Stork in Poland : Studies in biology, ecology and conservation*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, pp. 295-324.
- Bouet G. (1956). Une mission ornithologique en Algérie en 1955. Nouvelles recherches sur les Cigognes. *L'Oiseau et R. F. O.*, 26: 227-240.
- Bougrain-Dubourg A. (2001). Réchauffement climatique : Premiers signes chez les oiseaux. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*. Institut national de la recherche agronomique, délégation permanente à l'environnement, paris, pp. 75-77.
- Boukhamza M., Righi M., Doumandji S., & Hamdine W. (1995). Le régime alimentaire de la Cigogne Blanche *Ciconia ciconia* dans une région de Kabylie (Algérie). *Alauda*, 63: 199-207.
- Boukhemza M., Doumandji S., Voisin C. & Voisin J.F. (2004). Comparative utilization pattern of trophic resources by white storks *Ciconia ciconia* and cattle egrets *Bubulcus ibis* in Kabylia (Algeria). *Rev. Écol. (Terre Vie)*, 59 : 559-580.
- 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. (2010). *Contribution à l'étude de la niche écologique de la Cigogne blanche Ciconia ciconia L., 1758 (Aves, Ciconiidae) et du Héron garde-bœufs Bubulcus ibis L., 1758 (Aves, Ardeidae) dans la région de Batna*. Thèse Magister, Agro., univ. Batna, 196 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. Actes du Séminaire International sur la Biodiversité Faunistique en zones Arides et semi-arides, université Kasdi Merbah Ouargla, 7 p.
- Boumezbeur, A. (2002). *Atlas des 26 zones humides algériennes d'importance internationale*. DGF, 89p.
- Bouriach M., Samraoui F., Souilah R., Houma I., Razkallah I., Alfarhan A.H. & Samraoui B. (2015). Does core-periphery gradient determine breeding performance in

a breeding colony of White Storks *Ciconia ciconia* ? *Acta Ornithologica*, 50(2):149-156. DOI: <http://dx.doi.org/10.3161/00016454AO2015.50.2.003>

- Burnel A., De Gottal P. & Duchesne P. (2004). L'hivernage et la nidification de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) en Hesbaye. *Aves*, 41 (1-2) : 65 – 74.
- Cano Alonso L. S., Hopwood C. R. & Fernández M. (2003). Predominance of maternal investment during the incubation period in the Black Stork (*Ciconia nigra*). *Aves*, 40 (1-4) : 72-74.
- Carrascal L. M., Bautista L. M. & Lázaro E. (1993). Geographical variation in the density of the white stork *Ciconia ciconia* in Spain: Influence of habitat structure and climate. *Biological Conservation*, 65 : 83-87.
- 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 Biology Research* 8 (1) : 1-13. Doi: 10.3184/175815515X14232310459990
- Chenchouni H. (2016). Variation in White Stork (*Ciconia ciconia*) diet along a climatic gradient and across rural-to-urban landscapes in North Africa. *Int J Biometeorol*. En ligne, DOI 10.1007/s00484-016-1232-x
- Chenchouni H. (2017). *Contribution à l'étude de la bio-écologie de la Cigogne blanche (Ciconia ciconia) dans la région de Batna (Nord-est algérien)*. Thèse de Doctorat en Sciences, Ecol. et Env. Univ. El Hadj Lakhdar, Batna, 166 p.
- Cheriak L., Barbraud C., Doumandji S. & Bouguessa S. (2014) Diet variability in the White Stork *Ciconia ciconia* in eastern Algeria. *Ostrich*, 85: 201–204.
- Cherkaoui S.I., Dakki M., Selmi S.Rguibi Idrissi H. & Thévenot M. (2007). Les oiseaux de la subéraie de la Ma'amora (Maroc) : phénologie du peuplement, statut des espèces nicheuses et évolution depuis le début du vingtième siècle. *Alauda*, 75 (1): 15-32.
- Collin A. (1973). Nidification de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) en 1972 à Hachy (Lorraine Belge). *Aves*, 10 : 29-69.
- Comité Départemental pour la Protection de la Nature et de l'Environnement [C. D. P. N. E.] (2009). Document d'Objectifs du site FR2410001 « Vallée de la Loire du Loir-et-Cher ». pp. 39-42.

- Conseil Général des Alpes Maritimes (2012). Document d'Objectifs Natura 2000 de la Zone de Protection Spéciale (Z.P.S.) FR9312025 « Basse vallée du Var » - Annexe Fiches espèces, pp. 112-116.
- Cordonnier P. (1979). La nidification de la cigogne blanche *Ciconia ciconia* (L.) en Dombes. *Le Bièvre*, 1 (2) : 75-76 - Parc Ornithologique, O1 330 VI LLARS-LES-DOBES.
- Dallinga J. H. & Scoenmakers S. (1987). Regional decrease in the number of white storks (*Ciconia c. ciconia*) in relation to food resources. *Colonial Waterbirds* 10 (2) : 167-177.
- Daniluk J., Korbak-Daniluk A. & Mitrus C. (2006). Changes in population size, breeding success and nest location of a local White Stork *Ciconia ciconia* population in Eastern Poland. The white stork in Poland: studies in biology, ecology and conservation. Bogucki Wyd Nauk, Poznan, 15-2.
- Darman Y. (2003). Amur wetlands conservation in the breeding area of Black Stork (*Ciconia nigra*) and Oriental White Stork (*Ciconia boyciana*). *Aves*, 40 (1-4) : 202-205.
- Del Hoyo J., Elliott A. & Sargatal J. (1992). *Handbook of the Birds of the World*. Volume 1: Ostrich to Ducks. Lynx Edicions. ISBN 84-87334-10-5.
- Delacour J. (1931). Les Cigognes. *La Terre et la Vie*, 11 : 675-685. Disponible sur http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/60101/LATERRETLAVIE_1931_11_675.pdf?sequence=1 , 21/03/2017.
- Denac D. (2006). Resource-dependent weather effect in the reproduction of the White Stork *Ciconia ciconia*. *Ardea*, 94 (2): 233-240.
- Denac D. (2010). Population dynamics of the White Stork *Ciconia ciconia* in Slovenia between 1999 and 2010. *Acrocephalus*, 31 (145/146): 101-114.
- Direction Générale des Forêts [D.G.F.] (2007). A/S Projet de « Plan de gestion intégrée du complexe des zones humides de Guerbès-Sanhadja », 17 p.
- Djeddou N., Bada N., Chenchouni H. & Si Bachir A. (2007). Données sur la biologie de la reproduction et les besoins alimentaires de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* en période de nidification dans la colonie d'El Madher (Batna, Algérie). Actes des Journées Internationales sur la Zoologie Agricole et Forestière, Institut National Agronomique, El Harrach, Alger (08-10 avril 2007), pp. 267-274.

- Djerdali S., Tortosa F. S. & Doumandji S. (2013). Effet de la taille du nid sur la reproduction chez la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) à Sétif (Algérie). Travaux de l'Institut Scientifique, Rabat, Série Zoologie, 49 : 87-91.
- Djerdali S., Casado J.G. & Tortosa F.S. (2016a). Food from dumps increases the reproductive value of last laid eggs in the White stork *Ciconia ciconia*. *Bird Study*, 63 : 107-114.
- Djerdali S., Casado J.G. & Tortosa F.S. (2016b). The effects of colony size interacting with extra food supply on the breeding success of the White Stork (*Ciconia ciconia*). *J. Ornithol.* En ligne, DOI 10.1007/s10336-016-1343-5
- Eggers U., Arens M., Firla M. & Wallschläger D. (2015). To fledge or not to fledge: factors influencing the number of eggs and the eggs-to-fledglings rate in White Storks *Ciconia ciconia* in an agricultural environment. *J Ornithol*, en ligne, DOI 10.1007/s10336-015-1182-9
- Emberger L. (1955). Une classification biogéographique des climats. *Rev. Trac. Bot.Géol. Zool. Scien.* Montpellier, France, 343 p.
- Fellag M. (2006). *Ecologie trophique des poussins de la Cigogne blanche Ciconia ciconia (Linné, 1758) dans la vallée du Sébaou, en Kabylie (Algérie)*. Thèse Magister, Scie. Agro., INA – El Harrach, 179 p.
- Franchimont, J. (1986). Les lieux d'alimentation du Héron garde-boeufs (*Bubulcus ibis*) dans le Nord-ouest Marocain. *Aves*, 23(4): 216-224.
- Fulin M., Jerzak L., Sparks T.H. & 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. DOI: 10.2478/s11756-009-0037-3
- Gill F. & Donsker D. (Eds) (2013). IOC World Bird List (v7.1) doi : 10.14344/IOC.ML.7.1.
- Gadenne H. (2012). *Les effets des changements climatiques et des changements d'usage sur les oiseaux d'eau migrateurs : une approche mécaniste chez un oiseau emblématique, la Cigogne blanche*. ThD, Biol. de l'Env., des Pop., Ecol., univ. Poitiers, 222 p.
- Gadenne H., Conulier T., Eraud C., Barbraud J.C. & Barbraud C. (2014). Evidence for density-dependent habitat occupancy at varying scales in an expanding bird population. *Popul Ecol*, en ligne, DOI 10.1007/s10144-014-0435-4

- Göcek Ç. (2006). *Breeding success and reproductive behavior in a white stork (Ciconia ciconia) colony in Ankara*. ThD, Middle East Technical University, Turquie, 78 p.
- Gordo O. & Sanz J.J. (2006). Climate change and bird phenology: a long-term study in the Iberian Peninsula. *Global Change Biology*, 12: 1993-2004. doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01178.x
- Gordo O., Sanz J.J. & Lobo J.M. (2007). Spatial patterns of white stork (*Ciconia ciconia*) migratory phenology in the Iberian Peninsula. *J Ornithol*, 148:293-308. DOI 10.1007/s10336-007-0132-6
- Gordo O., Tryjanowski P., Kosicki J.Z. & Fulin M. (2013). Complex phenological changes and their consequences in the breeding success of a migratory bird, the white stork *Ciconia ciconia*. *Journal of Animal Ecology*, 82: 1072-1086. doi: 10.1111/1365-2656.12084
- Gotkiewicz W. & Wittbrodt K. (2019). White stork (*Ciconia ciconia* L.) as an indicator of natural environment status in agricultural areas, illustrated with an example of Masurian Landscape Park. *Environmental Protection and Natural Resources*, 30, 1(79) : 1-6. DOI 10.2478/oszn-2019-0001
- Goutner V. & Tsachalidis E. P. (2007). Brood size of the White Stork in Greece. *Waterbirds*, 30: 152-157.
- Grand B. (2007). Tentative de reproduction de la Cigogne blanche en val de Saône en 2005. *Sci. Bourgogne-Nature*, 6 : 26-28.
- Grishchenko V., Kanev Nature Reserve & Sapowednik K. (2013). Numbers of the White Stork *Ciconia ciconia* in Ukraine in 2004-2005. NABU-Bundesverband, Berlin, Germany.
- Gyalus A., Végvári Z. & Csörgő T. (2018). Changes in the nest sites of White Stork (*Ciconia ciconia*) in Hungary. *Ornis Hungarica*, 26 (1): 65-88. DOI: 10.1515/orhu-2018-0005
- Hedjal S. (2014). *Ressources en eau et environnement du complexe de zones humides de Sanhadja Wilaya. Skikda (Nord Est Algérien)*. Mémoire de Magister Géol. Université Badji Mokhtar, Annaba, 101 p.

- Heikkinen R. K., Luoto M., Virkkala R. & Rainio K. (2004). Effects of habitat cover, landscape structure and spatial variables on the abundance of birds in an agricultural–forest mosaic. *Journal of Applied Ecology*, 41: 824–835.
- Infante O. & Peris S. (2003). Bird nesting on electric power supports in northwestern Spain. *Ecological Engineering*, 20 (4): 321-326. [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(03\)00013-2](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(03)00013-2)
- Janiszewski T., Minias P. & Wojciechowski Z. (2014). Timing of arrival at breeding grounds determines spatial patterns of productivity within the population of white stork (*Ciconia ciconia*). *Popul Ecol*, 56: 217-225. DOI 10.1007/s10144-013-0406-1
- Janiszewski T., Minias P. & Wojciechowski Z. (2015). Selective forces responsible for transition to nesting on electricity poles in the white stork *Ciconia ciconia*. *Ardea*, 103 (1): 39-50. <https://doi.org/10.5253/arde.v103i1.a4>
- Janss G.F.E. & Sanchez I. (1997). Productivity of white storks at different nest sites. *Ardeola*, 44 (1) : 101-103.
- Jespersen P. (1949). Sur les dates d'arrivée et de départ de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia* L.) en Algérie. *Bull Soc Hist Nat Afr Nor*, 40: 139-159.
- J. Quinn T. (2014). Population Dynamics. In N. Balakrishnan, T. Colton, B. everitt, W. Piegorisch, F. Ruggeri & J. L. Teugels (eds.). Wiley Stats Ref : Statistics Reference Online. doi : 10.1002/9781118445112.stat07744
- Jodra S. (2012). *Les Cigognes, le genre Ciconia*. En ligne sur Imago Mundi, encyclopédie gratuite en ligne. <http://www.cosmovisions.com/cigognes.htm>, 24 /03/2017.
- Jovani R. & J.L. Tella (2004). Age-related environmental sensitivity and weather mediated nestling mortality in white storks *Ciconia ciconia*. *ECOGRAPHY*, 27: 611-618.
- Kahl M. P. (1972). A revision of the family *Ciconiidae* (Aves). *J. ZOOL*. 167 : 451-461.
- Khelili N. (2012). *Contribution à l'étude écologique de la reproduction des Cigognes blanches Ciconia ciconia dans la Wilaya de Tébessa (Est de l'Algérie)*. Mémoire de Magister en biologie écologie animale, univ. Tébessa, 126 p.

- Kopij G. (2013). Reproductive performance in relation to population dynamics in the white stork *Ciconia ciconia* nesting in neighboring woodland and farmland. *Alauda*, 81 (3): 73-76.
- Kopij G. (2017). Changes in the number of nesting pairs and breeding success of the White Stork *Ciconia ciconia* in a large city and a neighbouring rural area in South-West Poland. *Ornis Hungarica*, 25(2): 109-115. DOI: 10.1515/orhu-2017-0018
- Kósa F. & Papp T. (2007). Distribution, population size and dynamics of the white stork (*Ciconia ciconia* L.) in the Hârtibaciu river basin (Transylvania, Romania). *Transylv. Rev. Syst. Ecol. Res.*, 4: 169-178.
- Kosicki J.Z. & Indykiewicz P. (2011). Effects of breeding date and weather on nestling development in White Storks *Ciconia ciconia*. *Bird Study*, 58(2): 178-185. DOI:10.1080/00063657.2011.554531
- Kwieciński Z., Kwiecińska H., Ratajszczak R., Ćwiertnia P. & Tryjanowski P. (2006). Food selection of the white stork *Ciconia ciconia* under captive conditions. In P. Tryjanowski, T.H. Sparks & L. Jerzak (Eds.). *White Stork study in Poland : Biology, ecology and conservation*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, pp. 21-29.
- Kwieciński Z., Rosin Z. M., Dylewski L. & Skórka P. (2017). Sexual differences in food preferences in the white stork: An experimental study. *Sci Nat*, 104 : 39. Doi : 10.1007/s00114-017-1457-5
- Lepage D. (2013). Avibase (ioc v7.0.1), the world bird database.
- Lévêque C. & Mounolou J. C. (2008). *Biodiversité : Dynamique biologique et conservation* (2^e édition). Dunod, Paris.
- Lorgé P., Melchior Ed., Zwick I. (2016). *Les oiseaux du Luxembourg*. Natur&emwelt Fondation Hëllef fir d'Natur, p. 12.
- Loury P. & Puissauve R. (2016). Fiches d'information sur les espèces aquatiques protégées : Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* (Linnaeus, 1758). Service du patrimoine naturel du MNHN & Onema, 4 p.
- LPO (2011). *La Cigogne blanche*. Mise à jour en 01/04/2016, <https://www.lpo.fr/les-cigognes-blanches/le-retour-de-la-cigogne-blanche-en-france-et-en-charente-maritime>, 23/03/2017.
- LPO (2013). L'Avifaune française et le changement climatique : espèces indicatrices, 26 p.

- Mammeria A.B., Btam I. & Houhamdi M. (2012). La Cigogne blanche *Ciconia ciconia* dans les zones humides de la wilaya d'El-Tarf (nord-est algérien) (1996-2011). *Bull. Soc. zool. Fr.*, 137(1-4): 103-111.
- Mammeria A.B., Triplet P. & Bitam I. (2018). The white stork *Ciconia ciconia* in the northeast of Algeria, and its relation with climatic change between 1996 and 2014. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. doi: 10.1016/j.ecss.2018.01.001.
- Mangin C., Gatefait J. M. (2011). Liste rouge des vertébrés terrestres de Franche-Comté, Cigogne blanche *Ciconia ciconia*.
- Mauhin F. (2008). *Initiation à l'identification des oiseaux*. Editions Weyrich, p. 4.
- Mayeur-Jaouen C. (2013). La cigogne : ses noms, ses visages, ses voyages. *Presses de l'Ifpo* : 357-373. En ligne, <http://books.openedition.org/ifpo/5727>, 12 /06/2018.
- Metallaoui S. & Houhamdi M. (2008). Données préliminaires sur l'avifaune aquatique de la Garaet Hadj-Tahar (Skikda, Nord-Est algérien). *African Bird Club Bulletin*, 15: 71–76.
- Metallaoui S. (2010). Ecologie de l'avifaune aquatique hivernante dans Garaet Hadj-Tahar (Numidie occidentale, Nord-Est de l'Algérie). ThD Bio. Anim. & Env. Université Badji Mokhtar, Annaba – Algérie, 180 p.
- Metallaoui S., Dziri H., Bourennane M. & Benguiba M. (2013). Valeurs ornithologique de l'éco-complexe de Guerbès-Sanhadja (Skikda, Nord-est de l'Algérie). *Bulletin of The Mediterranean Waterbirds*, 1: 9-17.
- Michev T., Petrov Ts. & Profirov L. (1985). Status, breeding, distribution, numbers and conservation of the White stork in Bulgaria. In *White stork status and Conservation, Walsrode*, 14-19(10): 137-143.
- Moali-Grine N., Moali A. & Isenmann P. (1995). The White Stork (*Ciconia ciconia*) census 1993 in Algeria. *Die Vogelwarte*, 38: 35-40.
- Moali- Grine N., Moali A. & Isenmann P. (2004). L'essor démographique de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* en Algérie entre 1995 et 2005. *Alauda*, 72(1) :47-52.
- Moali-Grine N., Moali A. & P. Isenmann (2013). The White Stork (*Ciconia ciconia*) breeding census in Algeria (2004 -2005). In NABU, *White Stork populations across the world – Results of the 6th International White Stork Census 2004/05*. Berlin.
- Moali-Grine N., Moali L., Moali A. (2012). Distribution et écologie de la reproduction de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) en Algérie. *Rev. Écol. (Terre Vie)*, 67 : 59-69.

- Morin J., Guilot G. & Norwood J. (2017). *Le guide des oiseaux de France* (nouvelle édition). Bellin / Humensis, Paris, pp. 43, 46. ISBN 978-2-41-001224-8
- Moreira F., Martins R.C. Catry I. & D'Amico M. (2018). Drivers of power line use by white storks: a case study of birds nesting on anthropogenic structures. *J. Appl. Ecol.*, 55 (5): 2263-2273. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13149>
- 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.
- Muséum d'Histoire Naturelle de la ville de Genève [M. H. N. G.]. (2013). *Les oiseaux en questions*. P. 28.
- Muséum national d'Histoire naturelle [Ed.] (2017). Inventaire National du Patrimoine Naturel. <https://inpn.mnhn.fr>, 25 /12/2017.
- NABU (2013). White Stork populations across the world – Results of the 6th International White Stork Census 2004/05. Berlin.
- Nevoux M. (2008). *Réponse démographique des populations longévives aux changements climatiques : Importance de la variabilité spatio-temporelle et de l'hétérogénéité individuelle*. ThD en Biologie des populations – écologie, Univ. La Rochelle, Poitou-Charentes, France, 190 p.
- Nevoux M., Barbraud J.C. & Barbraud C. (2008). Nonlinear impact of climate on survival in a migratory white stork population. *Journal of Animal Ecology*, 77: 1143-1152.
- Nowakowski J. (2003). Habitat structure and breeding parameters of the white stork *Ciconia ciconia* in the Kolno Upland (NE Poland). *Acta Ornithologica*, 38 (1) : 39-46. Doi : 10.3161/068.038.0109
- Office fédéral de l'environnement OFEV (2010). Plan d'action Cigogne blanche Suisse. Berne.
- Office National des Statistiques - Alger - (O.N.S.) (2011). *L'armature urbaine RGPH 2008 /Les principaux résultats de l'exploitation exhaustive*, 220 p.
- Orłowski G., Karg J., Jerzak L., Bocheński M., Profus P., Książkiewicz-Parulska Z., Zub K., Ekner-Grzyb A. & Czarnecka J. (2018). Data exploration on diet, and composition, energy value and functional division of prey items ingested by White

Storks *Ciconia ciconia* in south-western Poland: Dietary variation due to land cover, reproductive output and colonial breeding. *Data in Brief*, 21: 1186-1203. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.10.064>

- Prinsen H.A.M., Boere G.C., Pires N. & Smallie J.J. (2011). Synthèse des conflits entre oiseaux migrateurs et lignes électriques dans la région Afrique-Eurasie. CMS Série technique N° XX, AEWA Série technique N° XX. Bonn, Allemagne.
- Radović A., Kati V., Perčević M., Denac D. & Kotrošan D. (2014). Modelling the spatial distribution of White Stork *Ciconia ciconia* breeding populations in Southeast Europe. *Bird Study*, 1-9. <http://dx.doi.org/10.1080/00063657.2014.981502>
- Ramade F. (2008). *Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité*. Dunod, Paris.
- Sæther B. E., Grøtan V., Tryjanowski P., Barbraud C., Engen S., & Fulin M. (2006). Climate and spatio-temporal variation in the population dynamics of a long distance migrant, the white stork. *Journal of Animal Ecology*, 75: 80-90.
- Samraoui B. & De Belair G. (1997). The Guerbès-Sanhadja wetlands. Part I Overview. *Ecologie*, 28 (3) : 232-250.
- Samraoui B. (1998). White Storks wintering in northeast Algeria. *Br. Birds*, 91: 377-388.
- Samusenko I. (2004). Some aspects of White Stork *Ciconia ciconia* population dynamics in the region of Chernobyl's accident. In A. Anselin (ed.). Bird Numbers 1995, Proceedings of the International Conference and 13th Meeting of the European Bird Census Council, Pärnu, Estonia. *Bird Census News*, 13 (2000):157-160.
- 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 boeufs (Ardea ibis)*. Thèse de magister, université de Tébessa, 194p.
- Sbiki M. (2017). *Contribution à l'étude du régime alimentaire et de la biologie de reproduction de la Cigogne blanche (Ciconia ciconia, Aves, Ciconiidae) et du Héron garde-bœufs (Ardea ibis, Aves, Ardeidae) dans la région de Tébessa*. Thèse de Doctorat en Sciences, université de Batna 2, 184 p.
- Schaub, M., Kania W. & Köppen U. (2005). Variation of primary production during winter induce synchrony in survival rates in migratory white storks *Ciconia ciconia*. *Journal of Animal Ecology*, 74 : 656-666.

- Schlegel H. (1864). *Ciconiae*. Muséum des Pays-Bas, 26 p.
- Schüz E. (1936). The white stork as a subject of research. *Bird-Banding*, 7 (3) : 99-107.
- Schüz E. (1952). Zur Methode der Storchforschung. *Beitr. Vogelk.*, 2: 287.
- Senra A. & Alés E. (1992). The decline of the white stork *Ciconia ciconia* population of western Andalusia between 1976 and 1988: Causes and proposals for conservation. *Biological Conservation*, 61: 51-57.
- 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*). *J. Ornithol.*, 154: 481-489.
- Slikas B. (1997). Phylogeny of the Avian family *Ciconiidae* (Storks) based on Cytochrome b sequences and DNA–DNA hybridization distances. *Academic Press*, 8 (3) : 275-300.
- Steadman D. W., Arroyo-Cabrales J., Johnson E. & Guzman A. F. (1994). New information on the late pleistocene birds from San Josecito cave, Nuevo León, Mexico. *The Condor*, 96 : 577-589.
- Tarrajat A. (1957). Les Cigognes blanches (*Ciconia ciconia*). *Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon*, 26 (7) : 201-203. Doi : <https://doi.org/10.3406/linly.1957.7914>
- Tobolka M., Kuźniak S., Zolnierowicz K.M., Sparks T.M. & Tryjanowski P. (2013). New is not always better: low breeding success and different occupancy patterns in newly built nests of a long-lived species, the white stork *Ciconia ciconia*. *Bird Study*, 60(3): 399-403. DOI: 10.1080/00063657.2013.818934
- Tobolka M., Zolnierowicz K.M. & Reeve N.F. (2015). The effect of extreme weather events on breeding parameters of the White Stork *Ciconia ciconia*. *Bird Study*, 62 (3): 377-385.
- Tobolka M., Dylewski L., Wozna J.T. & Zolnierowicz K.M. (2018). How weather conditions in non-breeding and breeding grounds affect the phenology and breeding abilities of white storks. *Science of the Total Environment*, 636: 512-518. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.253>

- Tortosa F. S. & Redondo T. (1992). Motives for parental infanticide in White Storks *Ciconia ciconia*. *ORNIS SCANDINAVICA*, 23 : 185-189.
- Toubal O., Boussehaba A., Toubal A., Samraoui B. (2014). Biodiversité méditerranéenne et changements globaux : Cas du complexe de zones humides de Guerbès-Senhadja (Algérie). *Physio-Géo*, 8 : 273-295.
- Tricot J. (1973). Dynamique de population de la Cigogne blanche (*Ciconia c. ciconia*) en Europe occidentale et centrale. *AVES*, 10 : 122-151.
- Tryjanowski P., Sparks T. H., 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. DOI: 10.1080/00063650409461357
- Tryjanowski P., Sparks T. H. & Profus P. (2005). Uphill shifts in the distribution of the white stork *Ciconia ciconia* in southern Poland: the importance of nest quality. *Diversity and Distributions*, 11: 219-223.
- Tryjanowski P. & Sparks T. H. (2008). The relationship between phenological traits and brood size of the white stork *Ciconia ciconia* in western Poland. *Acta Oecologica*, 33: 203-206. doi:10.1016/j.actao.2007.10.010
- Tryjanowski P., Kosicki J., Kuźniak S. & Sparks T.H. (2009a). Long-term changes and breeding success in relation to nesting structures used by the white stork, *Ciconia ciconia*. In *Annales Zoologici Fennici*, 46 (1): 34-38. Finnish Zoological and Botanical Publishing Board. <https://doi.org/10.5735/086.046.0104>
- Tryjanowski P., Sparks T. H. & Profus P. (2009b). Severe flooding causes a crash in production of white stork (*Ciconia ciconia*) chicks across Central and Eastern Europe. *Basic and Applied Ecology*, 10 : 387–392.
- Tsachalidis E. P. T. & Goutner V. (2002). Diet of the white stork in Greece in relation to habitat. *Waterbirds*, 25 (4) : 417-423.
- Vergara P. & Aguirre J. I. (2006). Age and breeding success related to nest position in a White stork *Ciconia ciconia* colony. *Acta Oecologica*, 30: 414-418. doi:10.1016/j.actao.2006.05.008
- Vergara P., Aguirre J. I. & Fernández-Cruz M. (2007). Arrival date, age and breeding success in white stork *Ciconia ciconia*. *Avian Biol.* 38: 573-579. doi: 10.1111/j.2007.0908-8857.03983.x

- Vergara P., Gordo O. & Aguirre J. I. (2010). Nest size, nest building behavior and breeding success in a species with nest reuse : The White Stork *Ciconia ciconia*. *Ann. Zool. Fennici*, 47 : 184-194.
- Vila J.M. (1980). *La chaîne alpine de l'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens*. Thèse de Doctorat d'État, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 665 p.
- Wierzbicka A. (Ed.) (2017). *A guide to the protection of the white stork* (Edition II). The Polish Society for Bird Protection, Białystok, Poland.
- Wojciechowski Z. & Janiszewski T. (2006). The effect of biotopic conditions on the density of a white stork population in Central Poland. In P. Tryjanowski, T.H. Sparks & L. Jerzak (eds.). *The white stork in Poland: studies in biology, ecology and conservation*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, pp. 241-250.
- Wood D. S. (1984). Concordance between classifications of the *Ciconiidae* based on behavioral and morphological data. *J.Orn.*, 125: 25-37.
- Yavuz K. E., Yavuz N., Tavares J. & Baris Y. S. (2012). Nesting habits and breeding success of the White Stork, *Ciconia ciconia*, in the Kizilirmak delta, Turkey. *Zoology in the Middle East*, 57 : 19-26.
- Zennouche O. (2002). *Contribution à la bio-écologie de la Cigogne blanche Ciconia ciconia L. 1775 dans la région de Bejaia*. Thèse de Magister, Biologie de Conservation et Ecodéveloppement, Univ. A. Mira, Bejaïa, 100 p.

Webographie

- Oiseaux.net (2017). <http://www.oiseaux.net/oiseaux/ciconiides.html>, 24/12/2017.
- Encyclopedia of Life [E. O. L.] (2015). http://www.eol.org/data_objects/32399281, 23/12/2017.
- Wikipedia (2017). <https://fr.wikipedia.org/wiki/Cigogne>, 24/03/2017.
- Futura-Sciences (2017). <http://www.futura-sciences.com/planete/definitions/zoologie-cigogne-blanche-12422/>, 26/12/2017.

Annexe I. Tableaux

Tableau A1. Données climatiques de la station météorologique de Skikda (1997-2019) (Les chiffres en gras représentent les valeurs minimales et maximales).

	T° Min. (°C)	T° Max. (°C)	T° Moy. (°C)	PP. (mm)	V.V. (km /h)	H. (%)
Janvier	9,06	16,86	12,87	120,76	12,52	70,78
Février	9,56	16,81	13,76	92,36	12,92	67,17
Mars	11,13	18,43	15,42	65,30	13,73	67,35
Avril	12,25	21,30	17,39	49,60	11,54	68,55
Mai	16,51	23,74	20,75	45,93	10,84	69,82
Juin	19,38	26,73	23,49	11,58	11,07	68,6
Juillet	21,90	27,68	25,07	1,15	11,68	68,24
Aout	22,33	29,34	26,07	9,55	11,14	67,80
Septembre	20,27	26,89	23,50	53,09	10,73	69,49
Octobre	16,80	25,11	21,27	70,14	11,74	67,55
Novembre	12,84	20,49	16,84	103,16	13,29	68,69
Décembre	10,30	16,79	14,18	113,28	14,31	69,21
Moyenne annuelle	15,19	22,51	19,21	61,32	12,12	68,60

T° Min. : température mensuelle moyenne minimale ; T° Max. : température mensuelle moyenne maximale ; T° Moy. : température mensuelle moyenne ; PP. : précipitations ; V.V. : vitesse moyenne du vent ; H. : humidité relative de l'air.

Tableau A2. Données climatiques de la station météorologique de Skikda pour les années 2018 et 2019 (Les chiffres en gras représentent les valeurs minimales et maximales).

	T° Min. (°C)		T° Max. (°C)		T° Moy. (°C)		PP. (mm)		V.V. (km /h)	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Janvier	10,4	9,2	18	14,4	15	12,3	41,66	204,2	12,7	16,3
Février	8,3	9,1	15,4	15,9	12,6	13,2	86,85	62,98	13,9	16,9
Mars	12,1	10,5	18,5	18,5	16	15,6	67,29	103,37	14,1	14,1
Avril	13,5	12,7	20,4	19,3	18	17	35,31	20,57	13,5	13,2
Mai	15,7	14,5	21,5	21,3	19,4	19,2	46,99	59,68	14,9	15
Juin	18,5	19,7	25,8	26,1	23,8	23,9	0	3,05	15,1	13,8
Juillet	22,7	23,2	29,7	29,9	27,6	27,9	0	0,25	14	13,6
Aout	22,3	24,9	27,4	31,7	27,4	29,5	32,52	7,87	14,4	11
Septembre	22,1	21,5	28,5	27,9	26,4	25,8	18,55	186,93	14,1	10,8
Octobre	17,6	17,9	24,7	25,9	22	23,1	186,69	122,94	13,8	11,5
Novembre	13,5	12,7	20,9	19,5	18	16,7	53,59	135,88	12,6	12,9
Décembre	11,4	12,5	17,8	19,1	13,1	16,3	46,47	56,63	12,9	12,1
Moyenne annuelle	15,67	15,7	22,38	22,45	19,94	20,04	51,32	80,63	13,83	13,43

T° Min. : température mensuelle moyenne minimale ; **T° Max.** : température mensuelle moyenne maximale ;
T° Moy. : température mensuelle moyenne ; **PP.** : précipitations ; **V.V.** : vitesse moyenne du vent.

Tableau A3. Fiche technique appliquée dans le recensement des nids de la Cigogne blanche au niveau de Guerbes-Sanhadja (réalisation personnelle).

N° nid	Site							Année obs.	Type support					Ancien nid	Nouv. nid	Hauteur (m)
	B.A.C	B.A.NO	B.A.N.	Z1	Z2	Z3	GBS.		Arbre	poteau B M		pylône	Const.			
01																
02																
03																
04																
05																
06																
07																
08																
09																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																

Tableau A4. Nombre de nids totaux de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) recensés en fonction des saisons au niveau de Guerbes-Sanhadja.

Sites	Saison 2017-2018			Saison 2018-2019		
	Anciens nids	Nouveaux nids	Nids totaux	Anciens nids	Nouveaux nids	Nids totaux
Zaouia 3	22	10	32	27	9	36
Zaouia 2	21	5	26	23	7	30
Zaouia 1	20	5	25	25	0	25
Ben Azzouz Nord-Ouest	18	0	18	17	1	18
Ben Azzouz Centre	27	4	31	30	2	32
Ben Azzouz Nord	23	18	41	40	25	65
Guerbes	16	2	18	18	0	18
Total	147	44	191	180	44	224

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

Tableau A5. Résultats finaux des nombres de nids totaux de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) recensés au niveau de Guerbes-Sanhadja.

Sites	Nombre de nids totaux (2017-2019)
Zaouia 3	41
Zaouia 2	33
Zaouia 1	25
Ben Azzouz Nord-Ouest	19
Ben Azzouz Centre	33
Ben Azzouz Nord	66
Guerbes	18
Total	235

Tableau A6. Nombre de nids perdus de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) recensés au niveau de Guerbes-Sanhadja.

Sites	Saison 2017-2018	Saison 2018-2019	Total
Zaouia 3	5	5	10
Zaouia 2	3	6	9
Zaouia 1	0	2	2
Ben Azzouz Nord-Ouest	1	2	3
Ben Azzouz Centre	1	1	2
Ben Azzouz Nord	1	2	3
Guerbes	0	1	1
Total	11	19	30

Tableau A7. Nombre de nids recensés restants de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) au niveau de Guerbes-Sanhadja.

Sites	Nombre de nids restants (2017-2019)
Zaouia 3	31
Zaouia 2	24
Zaouia 1	23
Ben Azzouz Nord-Ouest	16
Ben Azzouz Centre	31
Ben Azzouz Nord	63
Guerbes	17
Total	205

Tableau A8. Nombre de couples nicheurs (HPa) de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) en fonction des sites au niveau de Guerbes-Sanhadja.

Sites	HPa (2017-2019)
Zaouia 3	31
Zaouia 2	24
Zaouia 1	22
Ben Azzouz Nord-Ouest	14
Ben Azzouz Centre	31
Ben Azzouz Nord	63
Guerbes	17
Total	202

Tableau A9. Augmentation et perte de nids de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) en fonction des sites dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja (2017-2019).

Sites	Augmentation (%)	Perte (%)
Zaouia 3	40,91	24,39
Zaouia 2	14,29	27,27
Zaouia 1	15,00	8,00
Ben Azzouz Nord-Ouest	0,00	15,79
Ben Azzouz Centre	14,81	6,06
Ben Azzouz Nord	173,91	4,55
Guerbes	6,25	5,56
Toute la population	39,46	12,77

Tableau A10. Augmentation et perte saisonnières des nids de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) en fonction des sites dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja.

Sites	Augmentation (%)		Perte (%)	
	2017-2018	2018-2019	2017-2018	2018-2019
Zaouia 3	22,73	14,81	15,63	13,89
Zaouia 2	9,52	4,35	11,54	20,00
Zaouia 1	25,00	0,00	0,00	8,00
Ben Azzouz Nord-Ouest	0,00	0,00	5,56	11,11
Ben Azzouz Centre	11,11	3,33	3,23	3,13
Ben Azzouz Nord	73,91	57,50	2,44	3,08
Guerbes	12,50	0,00	0,00	5,56
Toute la population	22,45	13,89	5,76	8,48

Tableau A11. Paramètres démographiques de reproduction de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja (2017-2018).

Sites	HPa	HPm	HPm (%)	JZG	JZm
Zaouia 3	27	24	88,89	65	2,71
Zaouia 2	23	23	100	63	2,74
Zaouia 1	25	25	100	63	2,52
Ben Azzouz Nord-Ouest	15	15	100	36	2,4
Ben Azzouz Centre	30	28	93,33	70	2,5
Ben Azzouz Nord	40	40	100	92	2,3
Guerbes	18	18	100	39	2,17
Toute la population	178	173	97,19	428	2,47

Tableau A12. Paramètres démographiques de reproduction de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) dans l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja (2018-2019).

Sites	HPa	HPm	HPm (%)	JZG	JZm
Zaouia 3	31	29	93,55	67	2,31
Zaouia 2	24	22	91,67	53	2,41
Zaouia 1	22	22	100	55	2,5
Ben Azzouz Nord-Ouest	14	14	100	35	2,5
Ben Azzouz Centre	31	31	100	74	2,39
Ben Azzouz Nord	63	59	93,65	137	2,32
Guerbes	17	17	100	42	2,47
Toute la population	202	194	96,04	463	2,39

Tableau A13. Statistiques élémentaires de la distribution spatiale des nids de la Cigogne blanche au niveau de Guerbes-Sanhadja.

Habitat	Min.	Max.	Moy.	Ecart type	CV (%)
Villages	17	31	23,75	5,74	24,16
Milieux ruraux	16	63	36,67	24,01	65,47
Tous les sites	16	63	29,29	16,01	54,66

S. BABOURI, 2021 : variations spatio - temporelles de la dynamique d'une population d'oiseau d'eau : la Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* dans la région de Skikda.

Tableau A14. Données initiales et résultats préliminaires univariés de l'ACP₁ (saison 2017-2018).

Site	HPa	HPm	Séjour	JZG	JZm
Zaouia 3	27	24	229	65	2,71
Zaouia 2	23	23	245	63	2,74
Zaouia 1	25	25	241	63	2,52
Ben Azzouz Nord-Ouest	15	15	224	36	2,4
Ben Azzouz Centre	30	28	250	70	2,5
Ben Azzouz Nord	40	40	224	92	2,3
Guerbes	18	18	212	39	2,17
Minimum	15	15	212	36	2,17
Maximum	40	40	250	39	2,74
Moyenne	25,43	24,71	232,14	61,14	2,48
Ecart-type	8,22	8,04	13,61	19,04	0,21

Tableau A15. Matrice de corrélation de Pearson de l'ACP₁ (saison 2017-2018).

Variables	HPa	HPm	Séjour	JZG	JZm
HPa	1	0,99	0,23	0,98	0,03
HPm	0,99	1	0,20	0,97	-0,04
Séjour	0,23	0,20	1	0,38	0,69
JZG	0,98	0,97	0,38	1	0,21
JZm	0,03	-0,04	0,69	0,21	1

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification $\alpha=0,05$

Tableau A16. Corrélations variables-facteurs (principaux) de l'ACP₁ (saison 2017-2018).

Variables	F1	F2
HPa	0,97	-0,24
HPm	0,95	-0,30
Séjour	0,46	0,80
JZG	0,99	-0,07
JZm	0,24	0,90

Tableau A17. Données initiales et résultats préliminaires univariés de l'ACP₂ (saison 2018-2019).

Site	HPa	HPm	Séjour	JZG	JZm
Zaouia 3	31	29	234	67	2,31
Zaouia 2	24	22	244	53	2,41
Zaouia 1	22	22	244	55	2,5
Ben Azzouz Nord-Ouest	14	14	253	35	2,5
Ben Azzouz Centre	31	31	233	74	2,39
Ben Azzouz Nord	63	59	244	137	2,32
Guerbes	17	17	223	42	2,47
Minimum	14	14	223	35	2,31
Maximum	63	59	253	137	2,5
Moyenne	28,86	27,71	239,29	66,14	2,41
Ecart-type	16,36	15,05	9,89	33,99	0,08

Tableau A18. Matrice de corrélation de Pearson de l'ACP₂ (saison 2018-2019).

Variables	HPa	HPm	Séjour	JZG	JZm
HPa	1	1,00	0,07	1,00	-0,77
HPm	1,00	1	0,06	1,00	-0,75
Séjour	0,07	0,06	1	0,07	0,19
JZG	1,00	1,00	0,07	1	-0,73
JZm	-0,77	-0,75	0,19	-0,73	1

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification $\alpha=0,05$

Tableau A19. Corrélations variables-facteurs (principaux) de l'ACP₂ (saison 2018-2019).

Variables	F1	F2
HPa	0,99	0,08
HPm	0,99	0,07
Séjour	0,01	0,99
JZG	0,98	0,08
JZm	-0,84	0,28

Tableau A20. Tableau de contingence de la distribution mensuelle des individus sur les milieux trophiques (2017-2019).

	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juil.	Aou.	Sep.
PH	1	63	125	100	140	216	91	11	5	0
PM	0	16	15	8	14	42	0	0	0	0
FR	0	19	25	19	19	44	13	0	0	0
CI	0	0	0	0	0	0	74	74	12	6
GAR	0	0	0	0	0	4	297	1501	1115	8

PH = prairie humide ; **PM** = prairie marécageuse ; **FR**= friche ; **CI** = cultures irriguées ; **GAR** = garaet.

Annexe II. Photographies

Galerie photos (personnelles) prises par Saddam BABOURI



Photo A1. Une Cigogne blanche morte éventuellement électrocutée (Douar El Zouaraâ, Ben Azzouz, avril 2018).



Photo A2. Un nid de la Cigogne blanche placé sur une plateforme artificielle métallique installée sur un poteau électrique en béton, localisé dans un champ de céréales (Guerbes-Sanhadja, secteur de Berrahal, Annaba, avril 2018).



Photo A3. Un nid de la Cigogne blanche placé sur un interrupteur à commande manuelle (IACM) d'un poteau électrique en béton (Guerbes-Sanhadja, secteur de Berrahal, Annaba, janvier 2020).



Photo A4. Un nid de la Cigogne blanche à forme allongée, un cas particulier des nids placés sur les équipements d'éclairage (village El Dahrania, Zaouia V.S.A., janvier 2020).



Photo A5. Un nid de la Cigogne blanche placé sur un anti-nid (Guerbes-Sanhadja, secteur de Berrahal, Annaba, janvier 2020).



Photo A6. Les dômes des mosquées représentent les structures dominantes qui portent les nids de la Cigogne blanche installés sur des toits (village El Dahrania, Zaouia V.S.A., janvier 2020).



Photo A7. Un nid de la Cigogne blanche porté et soutenu par les câbles d'un poteau électrique en bois (Bordj du Caïd Lakhdar, Ben Azzouz, janvier 2020).



Photo A8. Un nid de la Cigogne blanche placé sur un arbre élagué de Lilas de Perse (*Melia azedarach*) (village El Dahrania, Zaouia V.S.A., janvier 2020).



Photo A9. Un nid de la Cigogne blanche placé sur un poteau électrique métallique nain (Douar El Zouaraâ, Ben Azzouz, mai 2019).



Photos A10 et A11. Une même plateforme artificielle métallique en deux saisons successives : vide en 2017-2018 et occupée par un nid de la Cigogne blanche en 2018-2019 (près de Zaouia V.S.A., Ben Azzouz, **A10** : avril 2018 ; **A11** : janvier 2019).

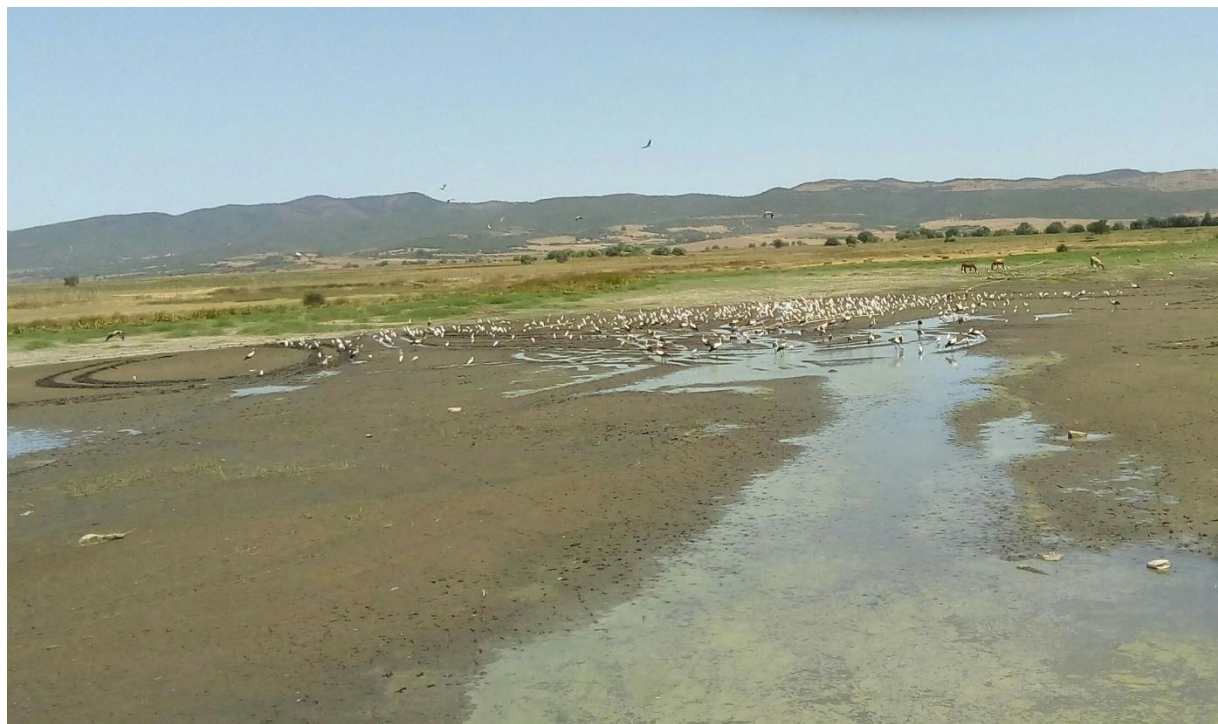


Photo A12. Regroupement mixte des cigognes blanches *Ciconia ciconia* et des hérons garde-bœufs *Bubulcus ibis* au niveau de Garaet Moussissi en été, Guerbes-Sanhadja (juillet 2018).



Photos A13 et A14. Prairie humide à basse végétation en période humide (A) et à végétation dense et sèche en période estivale (B) (Guerbes-Sanhadja, secteur de Berrahal, Annaba, A : janvier 2020 ; B : juin 2018).

Résumés

Résumé :

La Cigogne blanche *Ciconia ciconia* est une espèce d'oiseaux migrateurs très connue a fait l'objet de plusieurs études dans le monde et en Algérie. Dans la région de Skikda, l'espèce est déjà présente sous forme de colonies en plusieurs sites : Ramdan Djamel, El Hadaiek, Skikda ville, Tamalous, Azzaba, etc. et surtout dans l'éco complexe de Guerbes Sanhadja où nous avons recensé une importante population. L'étude de la dynamique de cette population migratrice a été réalisée pour la première fois dans l'éco-complexe.

Le présent travail a pour but de suivre *in situ* et de comprendre les variations spatio-temporelles ainsi que leurs origines de la dynamique de cette espèce, en terme de l'abondance et la distribution des nids en fonction de la structure d'habitat, la phénologie de reproduction ainsi que la dispersion des individus sur les milieux trophiques. Pour la réalisation de cette étude, nous avons choisi trois sites différents de cet éco-complexe : celui de Ben Azzouz, Zaouia et Guerbes. L'étude est basée sur le recensement de tous les nids construits dans chaque site, le suivi régulier des individus au niveau de ces derniers et leur répartition sur les différents milieux présents. Soit trois sorties par mois, dès l'arrivée de l'espèce en début de l'hiver jusqu'au départ en migration postnuptiale à la fin de l'été et ce durant deux saisons successives : 2017-2018 et 2018-2019. Nos données collectées ont révélé une grande sélection par l'espèce de son habitat de nid, notamment pour la structure paysagère qui caractérise les sites de nidification et la nature de supports des nids au sein des colonies. Par contre, les sites étudiés n'ont pas présenté de variations significatives concernant la phénologie et le succès de la reproduction. Notre étude appuie l'importance de préserver les habitats naturels des populations animales et révèle ainsi que la dynamique des oiseaux dépend de trois facteurs essentiels toujours en interaction : la structure d'habitat ; les facteurs anthropiques et des facteurs individuels liés à l'espèce elle-même, notamment l'âge des individus et l'éthologie générale des oiseaux.

Mots-clés : *Ciconia ciconia*, nid, dynamique, habitat, Guerbes Sanhadja.

Abstract:

The White stork *Ciconia ciconia* is a well-known migratory bird species which have been involved in many studies in the world and in Algeria. In the region of Skikda, the species is already present in colonies in several sites: Ramdan Djamel, El Hadaiek, the town of Skikda, Tamalous, Azzaba, etc., and especially in Guerbes-Sanhadja eco-complex where we have recorded an important population. This is the first study realized in the eco-complex concerning the dynamics of this migrant population.

The aim of this paper was to follow *in situ* and understand the spatiotemporal variations and their origins of the species dynamics, in terms of the abundance and distribution of nests regarding the habitat structure, reproduction phenology and also dispersion of individuals on the trophic fields. To realize this work, we have selected three different sites of the Guerbes-Sanhadja eco-complex (north-east of Skikda): Ben Azzouz, Zaouia and Guerbes. The study is based on a census of all nests added in every site then, following them and also recording individuals distributed on different trophic grounds. So, three visits per month have been considered in the study period, from the species arrivals in earlier winter until the departures at the end of summer, and this during two consecutive breeding seasons: 2017-2018 and 2018-2019. Our data collected have revealed a high selection by the species of its nest habitat, particularly the land cover of nesting sites and the structure supporting the nests inside the colonies. By contrast, the studied sites have shown no significant variations in terms of reproduction phenology and breeding success. Our study supports the importance of preserving natural habitat of animal populations, and exposes also that birds' dynamics depend mainly on three factors being always in interaction: habitat structure, human factors and individual factors linked to the species itself, especially about age and general ethology of birds.

Key words: *Ciconia ciconia*, nest, dynamics, habitat, Guerbes Sanhadja.

الملخص:

يعتبر اللقلق الأبيض *Ciconia ciconia* نوعا جد معروف من الطيور المهاجرة، وقد تناوله الباحثون في دراسات عديدة في مختلف أنحاء العالم و كذلك في الجزائر. يتواجد هذا النوع في منطقة سكيكدة على شكل مستعمرات موزعة على عدة أماكن نذكر منها: رمضان جمال، الحدائق، مدينة سكيكدة، تمالوس، عزابة... وخصوصا على مستوى المحمية الطبيعية غرباز-صنهاجة أين تمكنا من إحصاء أعداد مهمة من جماعته. وبالتالي تتم دراسة ديناميكية هذه الطيور المهاجرة لأول مرة في المحمية.

الغرض من هذه الدراسة هو تتبع ومحاولة فهم التغيرات الزمكانية وكذا مسباتها لديناميكية هذا الطائر مباشرة في بيئته الطبيعية، عبر دراسة أعداد أعشاشه وتوزيعها المكاني تبعا لبنية أوساط معيشته، الظواهر والتغيرات الحاصلة أثناء موسم التكاثر وكذلك التوزيع الميداني للأفراد على حسب أوساط التغذية المتوفرة. ولإنجاز هذا العمل قمنا باختيار ثلاثة مواقع مختلفة من محمية قرباز-صنهاجة (شمال-شرق ولاية سكيكدة) و هي : بن عزوز، الزاوية و غرباز. تعتمد هذه الدراسة على طريقة الإحصاء المتواصل لجميع الأعشاش المبنية على مستوى كل موقع ومن تم تتبعها زمنيا وكذلك لأعداد الأفراد المتواجدة في مختلف أوساط التغذية. حيث برمجتنا ثلاثة خرجات ميدانية لكل شهر، وذلك انطلاقا من فترة قدوم هذه الطيور إلى الموقع في أوائل فصل الشتاء إلى غاية مغادرتها له في أواخر فصل الصيف، وقد أنجزت هذه الدراسة خلال موسمي تكاثر متتاليين هما: 2017-2018 و 2018-2019. أظهرت البيانات المتحصل عليها انتقاء عال من طرف النوع للوسط الذي يشغله العش، خاصة فيما يتعلق بخصائص المظهر الطبيعي الذي يميز أوساط التعشيش و طبيعة المواقع التي تبنى عليها الأعشاش ضمن هته المستعمرات. في المقابل، فإن الأماكن المدروسة لم تبرز اختلافات ملفتة فيما يتعلق بالظواهر الحاصلة أثناء موسم التكاثر و كذا من حيث إنتاجية العملية التكاثرية. تؤكد دراستنا على ضرورة الحفاظ على الوسط الطبيعي للمجموعات الحيوانية، و تبين أيضا أن ديناميكية الطيور تتأثر بثلاثة عوامل رئيسية في تفاعل مستمر و هي : بنية الوسط، تأثيرات العامل البشري و عوامل فردية متعلقة بالنوع بحد ذاته، لاسيما السن و السلوك العام للطيور.

الكلمات الدالة: *Ciconia ciconia*، عش، ديناميكية، وسط، غرباز-صنهاجة.

Article de la thèse



Abundance and spatial distribution of the structure supporting the nest of White Stork *Ciconia ciconia* in Guerbes-Sanhadja wetland eco-complex, northeastern of Algeria

Saddam Babouri^{1,2} · Sophia Metallaoui^{1,2} · Salim Heddami^{2,3}

Received: 16 April 2020 / Accepted: 18 October 2020
© Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2020

Abstract

In the present investigation, the spatial distribution of the nest of White Stork *Ciconia ciconia* was examined. Spearman's rank-order correlations test and the principal component analysis (PCA) were applied to a total of 227 nests recorded in the Guerbes-Sanhadja wetland eco-complex, northeastern of Algeria, over seven sites, for which the *percentage of occupied nests* reaches 89% (202 nest were occupied). Our goals are twofold: to explore the variation and distribution of the structure supporting the nest and to explain their spatial variability. The Spearman's rank-order correlation test show that *steel electricity poles* had non-significant correlations with tree, and only concrete *electricity poles structure* had statistically significant positive correlation with mobile phone antennas structure ($R = 0.757$; at $p < .05$), and the roofs of houses had statistically significant positive correlation with mobile phone antennas structure ($R = 0.825$; at $p < .05$). According to the PCA results, it was observed that the PC1, which explains 50.86% of the total inertia, further represents and synthesizes the dominant structure supporting the nest, i.e., tree, *steel electricity poles*, and *concrete electricity poles*, which were *strongly* correlated with PC1, having a component loading nearly equal to 0.766, 0.821, and -0.929 , respectively, while the PC2, which explains 30.30% of the total inertia, includes the structure rarely recorded in the studied region, i.e., *wooden electricity poles* and the roofs of houses.

Keywords White Stork · *Ciconia ciconia* · Guerbes-Sanhadja · Habitat structure · Algeria · PCA

Introduction

Over the last few years, studies of the birds regarding many biological features, such as migratory behavior, breeding performance, fitness components, population dynamics, or geographical distribution, have significantly increased (Gordo et al. 2007; Tobolka et al. 2013). One of these birds is the White Stork (*Ciconia ciconia*), a common species which has received great attention worldwide especially

in Europe (e.g., Orłowski et al. 2019; Kamiński et al. 2020; Zbyryt et al. 2020). Concerning its population dynamics, the White Stork has suffered a decrease period in Western Europe in the last century, which is declining generally and has already disappeared from some regions (Dallinga and Schoenmakers 1987a, b; Orłowski et al. 2019; Kamiński et al. 2020). The decrease was strongest in the northwest. Several factors have been put forward to explain this decrease, including alterations of the breeding habitat, changes in European climate, extension of overhead power lines, use of pesticides, increased shooting around the Mediterranean and in parts of Africa, and worsening food resources in the wintering area (Dallinga and Schoenmakers 1987a, b; Kamiński et al. 2020). In the 1970s, after that decline period, several reintroduction programs were undertaken in several countries in northwest Europe (Archaux et al. 2004; Massemin-Challet et al. 2006). Consequently the White Stork populations in Western Europe have significantly increased.

In the current century, despite the censuses throughout the world which indicate generally an increasing and not yet

Responsible Editor: Philippe Garrigues

✉ Salim Heddami
heddamssalim@yahoo.fr

- ¹ Department of Natural and Life Sciences, Faculty of Sciences, University 20 Aouït 1955, 21000 Skikda, Algeria
- ² Laboratory of Research in Biodiversity Interaction Ecosystem and Biotechnology 'LRIBEB', University 20 Aouït 1955, Route El Hadaik, 26 Skikda, BP, Algeria
- ³ Hydraulics Division, Agronomy Department, Faculty of Science, University 20 Aouït 1955, 21000 Skikda, Algeria

threatened species (Birdlife International 2016), there are, however, several studies which prove some decreases in population sizes or at least stable colonies with low breeding success (e.g., Kósa and Papp 2007; Denac 2010; Tobolka et al. 2013, 2015, 2018). According to these studies, the authors indicated a pre-existing relationship between decreases or changes in population dynamics, and especially, transformation or degradation of the habitat for this species, i.e., the human-induced factors are major. Thus, one could explain why many studies have been focused on the impact of habitat structure and other spatial variables on the population parameters of this species (e.g., Dallinga and Schoenmakers 1987a, b; Carrascal et al. 1993; Steiner and Spaari 2001; Gordo et al. 2007; Bialas et al. 2020). Therefore, studying habitat for investigating in what these changes are is very useful to protect the species, particularly because it is known for its high rate of nest site fidelity (Vergara et al. 2006).

In this context, our study was carried out in the Guerbes-Sanhadja eco-complex in the region of Skikda, northeastern of Algeria, in which many breeding pairs still inhabit the region. In Algeria, the White Stork is a breeding bird in the Mediterranean part of country, i.e., from coast to the Hauts-Plateaux. The total number of breeding pairs was found to be 6601 in 2007, the highest numbers were found in the eastern and central regions, accounting for 70% and 27.5%, respectively, while only 5.6 % was found in the western regions. The pairs nesting outside of human settlements often breed in colonies on trees. In the cities, some pairs have adopted new buildings to nest, so human-made supports (roofs of houses, electricity poles, and pylons) still represent more than half of the total number of nest supports (Moali-Grine 2007). Census conducted between 1995 and 2007 show that the breeding population has increased considerably, but comparatively to 1955, the number of nests has decreased from 8800 to 6601. The most studies concerning this bird in Algeria have been interested on diet, food supply, and feeding strategy as many published articles attest (e.g., Cheriak et al. 2014 ; Benharzallah et al. 2015 ; Chenchouni et al. 2015). However, some authors are interested in population dynamics and geographical distribution (Mammeria et al. 2012, 2019; Si Bachir et al. 2013) and in the reproduction parameters (Bouriach et al. 2015). But, these articles have almost involved the impact of climate change and the environmental factors interacting with those biological features.

The aim of this paper was to investigate the spatial variability in the White Stork breeding in the Guerbes-Sanhadja wetlands eco-complex during three breeding seasons in the Skikda region (northeastern Algeria), where many changes and pressures related to human activities occurs. Furthermore, we are seeking the spatial distribution and the abundance of nest-supporting structures.

Materials and methods

Study area

This study was conducted in the Guerbes-Sanhadja wetlands eco-complex (36° 46'–37°1' N, 7° 8'–7° 25' E) at Skikda province, northeastern of Algeria (Fig. 1). The wetlands complex was classified as a Ramsar site in 2001 and 2002 and is an important bird area IBA (IBA code: DZ009) (Birdlife International 2002). The surface area of the wetlands complex is about 42,100 ha, and itself surface is around 20,000 ha. The Kebir Wadi is the main river in the region having a catchment area of about 230 km² (Hedjal et al. 2018). Guerbes-Sanhadja wetlands show heterogeneity of the environments: grasslands (26%), scrubs (20%), wetlands (12%), cork oak forests (5%), and the market gardening covers about 17% of the total area, which testifies the agricultural vocation of the region. The Guerbes-Sanhadja wetlands are located in the bioclimatic region going from the mild subhumid to the hot subhumid with the predominance of the latter, and a dry period with 4 months, from May to September (Samraoui and de Belair 1997). The average temperature is around 18 °C, annual precipitation generally exceeds 700 mm, and the region is exposed to strong winds (Samraoui and de Belair 1997; Toubal et al. 2014; Hedjal et al. 2018). Seven breeding sites for the White Stork were selected and systematically studied. The choice of the sites is essentially based on accessibility: roads and tracks, means of transport, possibility of free movement on the site, and visibility of nests. They are located rather in the town of Ben Azzouz which occupies most of the surface of the eco-complex (239 km²) and together form a diversified environment with a mosaic of landscapes: *Alnus glutinosa*, riparian forest with elm and ash, dunes, scrub and cork oak forests, wet meadows, flooded areas of El Kebir Wadi, wetlands, market gardening, fallow land, and orchards (Samraoui and de Belair 1997; Toubal et al. 2014; Hedjal et al. 2018).

Breeding sites and correlation analysis

The study was conducted over the period from 2017 to 2019 at the Guerbes-Sanhadja wetlands eco-complex, northeastern of Algeria, and broadly comprises seven sites including (i) Zaouia 1, (ii) Zaouia 2, (iii) Zaouia 3, (iv) Guerbes, (v) Ben Azzouz Northwest, (vi) Ben Azzouz Center, and (vii) Ben Azzouz North (Fig. 2). A total of 227 White Stork nest were accounted from the seven sites and comprising six types of structure supporting the nest of White Stork (See Table 1 for a summary): (i) steel electricity poles (SEP), (ii) wooden electricity poles (WEP), (iii) concrete electricity poles (CEP), (iv) tree, (v) mobile phone antennas (MPA), and (vi) roofs of houses (ROH), respectively (Fig. 3). The percentage of occupied nests reaches 89% (202 nest were occupied). The statistics of the data

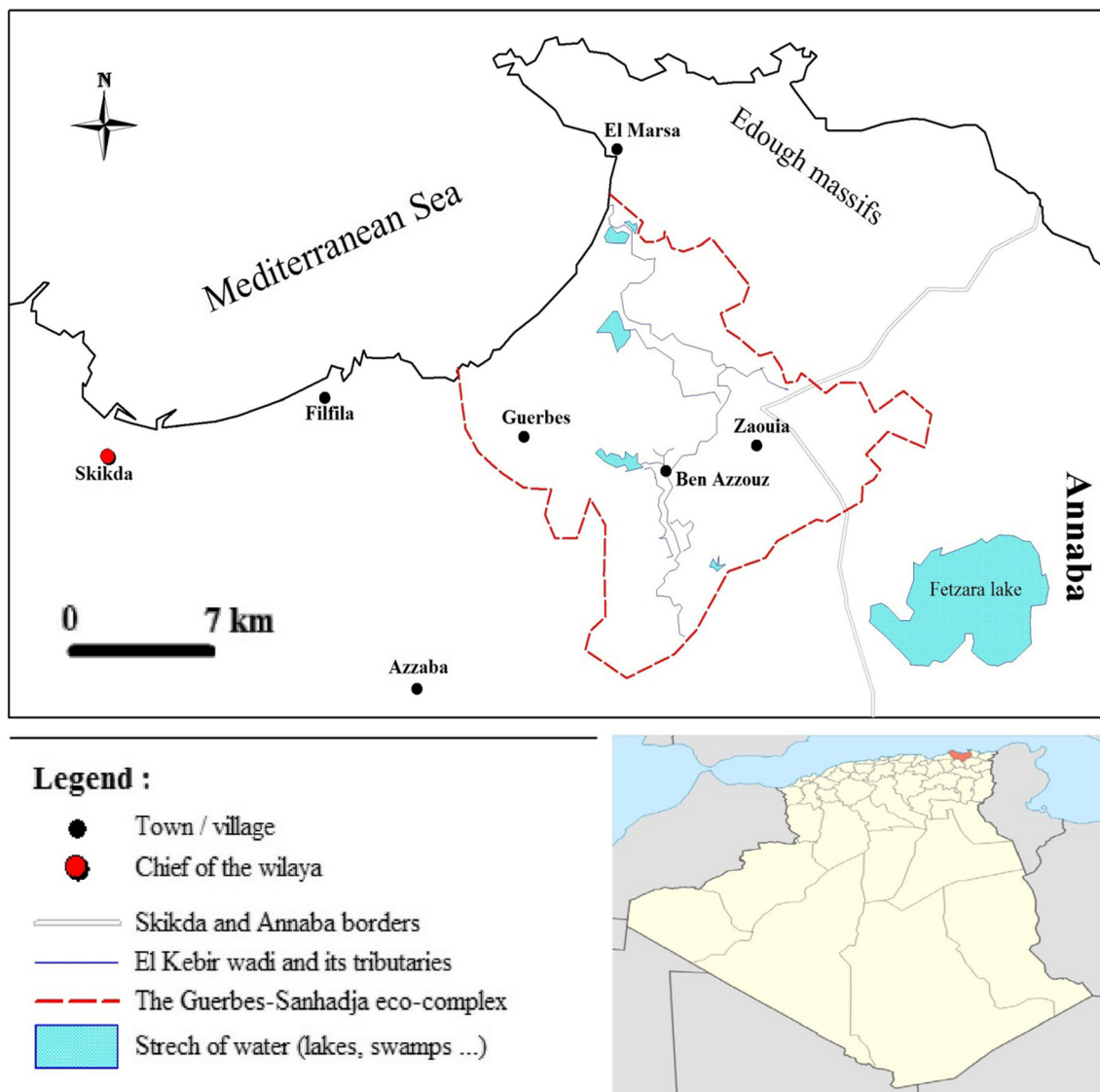


Fig. 1 Map location of the Guerbes-Sanhadja wetland eco-complex

set in terms of mean, maximal, minimal, and standard deviation are shown in Table 1. The *SEP support values vary from 1 to 40*, accounting for 30.40% of all values over the studied region. Most of support are concentrated at Ben Azzouz North (40 nests), while the lowest values (1 nest) was recorded in Ben Azzouz Center. Small difference is found between the values of the *WEP*, *MPA*, and *ROH*, which were the lowest accounted support in the studied region, accounting for 1.32%, 1.76%, and 2.64% of all values, respectively, and this statement lead to conclude that these types of supports were not suitable for the White Stork in the Guerbes-Sanhadja wetlands eco-complex. The *CEP* usually appears to be the larger accounted support in the studied region. The value of the *CEP* varies from 2 to 23, with a mean value of 14.29 and a standard deviation of 7.39. The maximum *CEP* value of 23 appears in Zaouia 2, and the minimum value of 2 appears in Ben Azzouz North. The tree

supports values vary from 0 to 24, with a mean value of 6.43 and a standard deviation of 8.14. The maximum value of 24 appears in Ben Azzouz North, and the minimum value of 0 appears in Guerbes. Compared with *SEP* and *CEP* supports, the order of tree is much lower. In order to identify possible correlation between the various habitats structures, we employed the non-parametric Spearman's rank-order correlation test (due to non-normally distributed data), and the correlation matrix is derived and is shown in Table 2. According to Table 2, Spearman's rank-order correlation varied significantly in the range [-0.076 to 0.825], and the analysis demonstrated that only two combinations of structures were strongly correlated, namely, *CEP* and *MPA* (Spearman $R = 0.757, p < 0.05$, Table 2) and *ROH* and *MPA* (Spearman $R = 0.825, p < 0.05$, Table 2). For the first combination (*CEP/MPA*), considering their frequency, as well as their abundance across the study area, they are in

Table 1 Types of the habitat structure of the nests over the 7 locations considered in this study

Sites	Habitat structure supporting the nests of the white Stork					
	SEP	CEP	WEP	Tree	MPA	ROH
Zaouia 3	11	18	0	8	0	0
Zaouia 2	2	23	0	3	1	2
Zaouia 1	6	16	0	2	0	1
Ben Azzouz Northwest	2	9	3	5	0	0
Ben Azzouz Centre	1	21	0	3	3	2
Ben Azzouz North	40	2	0	24	0	1
Guerbes	7	11	0	0	0	0
Total	69.00	100.00	3.00	45.00	4.00	6.00
Mean	9.86	14.29	0.43	6.43	0.57	0.86
Maximal	40	23	3	24	3	2
Minimal	1	2	0	0	0	0
Standard deviation	13.75	7.39	1.13	8.14	1.13	0.90

SEP steel electricity poles, WEP wooden electricity poles, CEP concrete electricity poles, Tree, MPA mobile phone antennas, ROH roofs of houses

fact the two opposed structures: the highest (CEP, $N = 100$, Table 1) and the smallest (MPA, $N = 4$, Table 1).

Principal component analysis

Principal component analysis (PCA) is one of the most well-known exploratory and extraction method used for identifying sources of variation in multivariate data. The PCA was used to explore and highlight the relationships between structures, as well as to investigate which was the most important structure that helps explain the discrimination obtained between the different sites across the study area. The PCA works by transforming the initial data variables (i.e., the structure supporting the nest) into new synthetic variables called component or factors which were able to explain the maximum variation (inertia) (Jolliffe 2002), by recording the major part of the available information. This should be achieved by

replacing the original variables by a small number of new variables called principal components (PC). In the present study, the variables were grouped into six, i.e., steel electricity poles, wooden electricity poles, concrete electricity poles, tree, mobile phone antennas, and roofs of houses, and assigned among the seven sites described above, and the obtained result was discussed hereafter.

Results

In the present study, we used the PCA method to quantify the distribution of the nest, and type of the structure supporting the nest of White Stork (*Ciconia ciconia*) in the Guerbes-Sanhadja wetland eco-complex across all studied sites during a period of 3 years, between 2017 and 2019. PCA was applied on the recorded data composed of six variables representing the type of the structure supporting the nest across seven sites (Table 3). Therefore, there will be six columns consisting of 7 lines in the final table. The components loading vary within the range of $[-1.0, +1.0]$. The high degree of contribution to the component corresponds to values close to 1. It was observed that for all year in both the sampling sites, the first two PC's (PC1 and PC2) have inertia or eigenvalue greater than 1 ($\lambda_1 = 3.052, \lambda_2 = 1.818$) and explaining $\approx 81\%$ of the inertia (Table 3), and then contain maximum information. The subsequent PC's merely accounted for 19% of total variability explained and thus were not taken into consideration, consequently, and according to the Kaiser's rule (Kaiser 1960), which is based on the principal of retaining the components which have a value superior to 1, only the first two components were extracted and analyzed hereafter.

Table 2 Summary of nonlinear Spearman's rank-order correlations between nesting structures (2017–2019; $N = 227$) in Guerbes-Sanhadja wetland eco-complex

	SEP	CEP	WEP	Tree	MPA	ROH
SEP	1.000					
CEP	-0.559	1.000				
WEP	-0.309	-0.408	1.000			
Tree	0.391	-0.306	0.206	1.000		
MPA	-0.742	0.757**	-0.255	-0.157	1.000	
ROH	-0.486	0.567	-0.432	-0.076	0.825**	1.000

Marked correlations are significant at $p < .05$

** Statistics are significant at 95% significance level

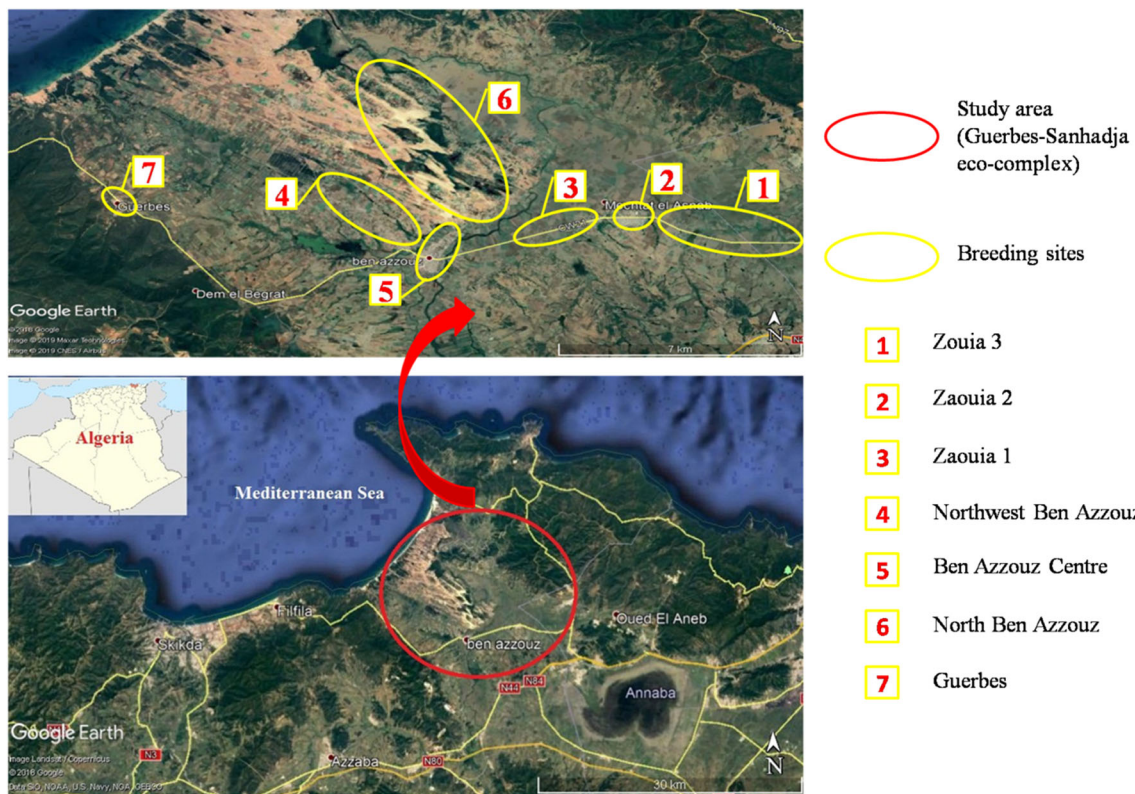


Fig. 2 Geographical distribution of the White Stork breeding sites studied in the Guerbes-Sanhadja eco-complex

The total variance explained by PCA analysis is presented in Tables 3 and 4. The first component (PC1), with an eigenvalue of 3.052, explains 50.86% of the total variance and includes four variables, namely, tree and SEP which were strongly correlated with PC1 having a component loading nearly equal to 0.766 and 0.821, respectively (Table 4, Fig. 4a). At the opposite on PC1, we can find two variables,

namely, CEP and MPA with a component loading of -0.929 and -0.736 , respectively. Overall, PC1 represents and synthesizes the dominant structure supporting the nest in the studied region. According to Table 2, the SEP was positively correlated with the tree (Spearman $R = 0.391$, $p < 0.05$, Table 2), and they were the most frequently recorded structures in the studied sites after the CEP. The CEP was the most

Fig. 3 Photographs of the structure supporting the nest of White Stork *Ciconia ciconia*, in the Guerbes-Sanhadja wetland eco-complex. **a** Nesting on tree; **b** nesting on mobile phone antennas (MPA); **c** nesting on roofs of houses (ROH); **d** nesting on concrete electricity poles (CEP); **e** nesting on wooden electricity poles (WEP); **f** nesting on steel electricity poles (SEP)



Table 3 Eigenvalues and total variance explained by PCA factorial analysis

Component	Eigenvalue (λ_i)	% of variance	Cumulative (%)
PC1	3.052	50.860	50.860
PC2	1.818	30.300	81.160
PC3	0.764	12.728	93.888
PC4	0.219	3.651	97.539
PC5	0.148	2.461	100.000
PC6	0.000	0.000	100.000

*Only the first two eigenvalues (**reported in bold**) were retained which correspond to two factors: PC1 and PC2

frequent counted support with one hundred nests, followed by the SEP with sixty-nine nest, while the tree was ranked third with forty-five nests. Moreover, at the opposite position, PC1 includes the CEP which is strongly correlated with the MPA (Spearman $R = 0.757, p < 0.05$, Table 2). The second component (PC2), with an eigenvalue of 1.818, accounting for 30.30% of the total variance, is dominated by the variable WEP (0.714) and the variable ROH (- 0.697). Overall, PC2 represents the supports with the least representation in the studied regions. For example, the WEP was counted only three times, while the ROH was counted only six times.

In Fig. 4a, the loading values of PC1 and PC2 were plotted on Cartesian coordinate system. It is clear from the Fig. 4a that three distinguished clusters were well separated. Two of them

are on the PC1 (clusters 1 and 2) and one on the PC2 (cluster 3). However, an important remark has to be made immediately: the cluster 3 has only the WEP variable strongly correlated with PC2, with a component loading of 0.714. Such individual variable corresponds to the lowest accounted variable with only three nests, all recorded at one site among all the investigated sites; consequently, this statement would remain to be specified: the WEP support is inappropriate for White Stork *Ciconia ciconia* in the Guerbes-Sanhadja wetland eco-complex.

In order to investigate deeply, we performed an analysis of the recording stations over the Guerbes-Sanhadja wetlands eco-complex. The first two significant components (PC1 and PC2) in terms of explaining total inertia revealed three distinct spatial zones (A, B, and C), as shown in Fig. 4b. The zone C contains only one station, Ben Azzouz North. This can be attributed to the fact that this station has the highest number of nest in the studied region with 67 nests and the majority of them were divided into two types of supports: SEP with 40 nests and tree with 24 nests (Table 1). In addition, zone C is an important swampy area. On the other hand, zone B has only two stations with relatively the same number of nests: Zaouia 2 with 31 nests and Ben Azzouz Center with 30 nests; these two stations (sites) possess relatively the same land cover with a dominance of maquis, lentisque, olive tree, and an overall degraded forest. In addition, it is clear from Table 1 that the supports were distributed evenly across the two stations with a dominance of the CEP support: 23 for Zaouia 2 and 21 for Ben

Table 4 Principal component analysis of the structure supporting the nest of White Stork *Ciconia ciconia*, in the Guerbes-Sanhadja wetland eco-complex for all sites together

<i>Principal component analysis results for variables</i>							
Variables	Component loadings		Variables contributions		Communalities		
	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2	Σ
SEP	0.821	- 0.571	0.221	0.179	0.673	0.326	0.999
CEP	- 0.929	- 0.030	0.283	0.001	0.863	0.001	0.864
WEP	0.213	0.714	0.015	0.280	0.045	0.509	0.554
Tree	0.766	- 0.563	0.192	0.174	0.587	0.317	0.904
MPA	- 0.736	- 0.424	0.177	0.099	0.541	0.180	0.721
ROH	- 0.585	- 0.697	0.112	0.267	0.342	0.485	0.827
<i>Principal Component Analysis Results for cases</i>							
Variables	Cases contributions		Communalities				
	PC1	PC2	PC1	PC2			
Zaouia 3	0.637	0.960	7.283	6.539			
Zaouia 2	15.986	3.129	77.137	8.995			
Zaouia 1	0.791	0.432	17.041	5.537			
Ben Azzouz N-W	3.876	43.660	9.894	66.388			
Ben Azzouz C	30.000	11.138	70.769	15.653			
Ben Azzouz N	48.288	33.609	69.894	28.982			
Guerbes	0.422	7.072	3.559	35.566			

N-W Northwest, C Center, N North

Component loadings > 0.70 are indicated in bold

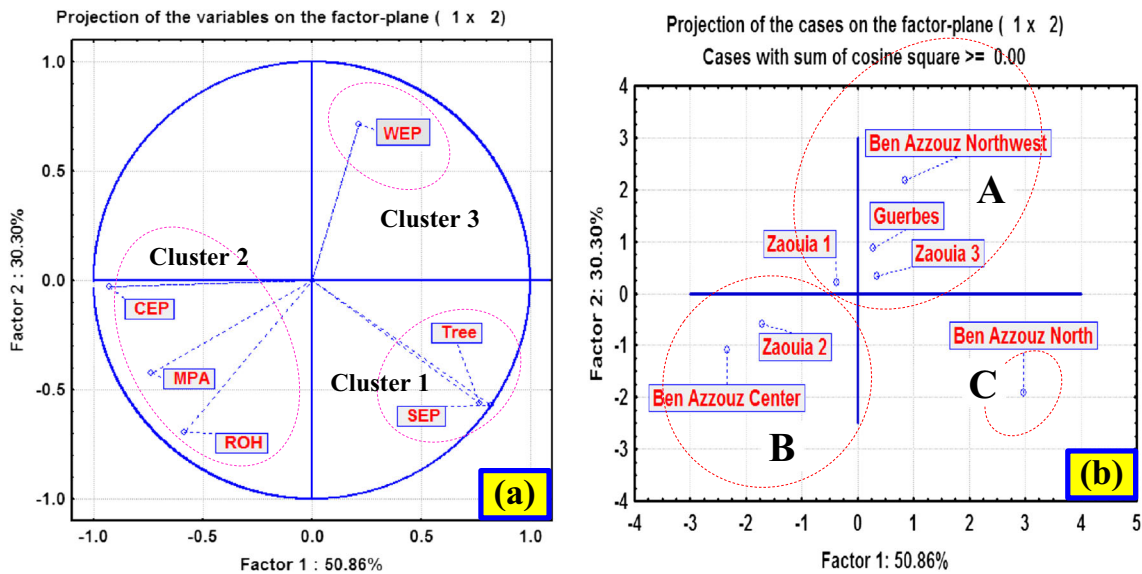


Fig. 4 Projection of the principal component analysis (PCA) results in a Cartesian coordinate system, the first two axes explaining the majority of variance (73.2%). **a** Projection of the nest support of White Stork *Ciconia*

Azzouz Center. Further, regarding zone A which contains more than half of the stations, some important characteristics should be highlighted. First, in this zone, none of the station has the MPA support, ROH support was counted only one time at Zaouia 1, and the *WEP* support was counted only three times at Ben Azzouz Northwest station. Furthermore, zone 3 should be considered as the zone for non-representative support and mainly characterized by a dominance of myrtle, thickets of heather, and the cork oak.

Discussion and conclusion

In the Mediterranean regions of northeastern Algeria, the variability and spatial repartition of the White Stork *Ciconia ciconia* were poorly understand. This study indicates that, in the Guerbes-Sanhadja wetland eco-complex, there is a large variability in the spatial repartition and in the habitat structure of the nest of White Stork *Ciconia ciconia*. One important finding of the present study was the poor density of white Stork nest over the *wooden electricity poles*, mobile phone antennas, and roofs of houses. The high nest density tends to be very high at the *steel and concrete electricity poles*. We believe that the results obtained in this work should be generalized to other regions to perform a robust investigation and large conclusions. Our results were compared to those reported in the literature. Previous studies have shown that the number of nests tends to be high at the electricity poles (Tryjanowski et al. 2009; Daniluk et al. 2006). In Poland, Tryjanowski et al. (2009) analyzed a large data set collected between 1983 and 2006 and reported that $\approx 50\%$ of the total recorded nest were located on electricity

ciconia in the PC1/PC2 factorial based on six observed variables over the studied sites and **b** distribution of the recording stations (A and B) are the two major groups of stations.

poles, while $\approx 29\%$ were located on roofs, which were in reasonable agreement with our results. Based on the results of a study conducted between 1984 and 2005 in eastern Poland, Daniluk et al. (2006) reported that the number of nest recorded on electricity poles increased from 9.6 to 61.4%, while the number of nest recorded on roofs decreased from one-third to zero and therefore confirm our results. Moreira et al. (2018) argue that White Stork *Ciconia ciconia* has been increasingly using electricity pylons for nesting across Europe, and in Portugal, they found that $\approx 8\%$ of the total recorded electricity pylons were used for nesting. In a study conducted in central Spain, Infante and Peris (2003) analyzed a large data set of electricity poles and reported that $\approx 79.2\%$ of the total recorded nest were used by the White Stork *Ciconia ciconia*. Another study conducted in central Poland, Janiszewski et al. (2015) observed a significant increase in the number of nests located on electricity poles, accompanied by a decrease of nests located on trees. In another extensive study conducted in Western Poland during 2007–2017, Bialas et al. (2020) analyzed four White Stork nesting structures, namely, pylons, trees, roofs, and chimney, and reported that the White Stork prefers pylons and chimneys compared to roofs and trees.

Acknowledgments The authors thank the editor in chief of the ESPR journal and the anonymous reviewers for their invaluable comments and suggestions on the contents of the manuscript which significantly improved the quality of the paper.

Authors' contributions Saddam Babouri and Sophia Metallaoui: collected the research data, analyzed data, writing original draft preparation, and review and editing. Salim Heddad: conceptualization, data analysis, visualization, supervision, writing, and review and editing. All the authors read and approved the final manuscript.

Data availability The data used in this study are available from the corresponding author upon request.

Compliance with ethical standards

Conflict of interest The authors declare that they have no conflict of interest.

Consent to participate Not applicable.

Consent to publish Not applicable.

References

- Archaux F, Balança G, Henry PY, Zapata G (2004) Wintering of white storks in Mediterranean France. *Waterbirds* 27(4):441–445
- Benharzallah N, Si Bachir A, Taleb F, Barbraud C (2015) Factors affecting growth parameters of White Stork nestlings in eastern Algeria. *J Ornithol* 156:601–612. <https://doi.org/10.1007/s10336-015-1162-0>
- Bialas JT, Dylewski L, Tobolka M (2020) Determination of nest occupation and breeding effect of the white stork by human-mediated landscape in Western Poland. *Environ Sci Pollut Res* 27:4148–4158. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06639-0>
- BirdLife International (2002) Important bird areas and potential Ramsar sites in Africa. BirdLife International, Cambridge
- BirdLife International (2016) *Ciconia ciconia*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T26297691A86248677.
- Bouriach M, Samraoui F, Souilah R, Houma I, Razkallah I, Alfarhan AH, Samraoui B (2015) Does core-periphery gradient determine breeding performance in a breeding colony of white storks *Ciconia ciconia*? *Acta Ornithol* 50(2):149–156. <https://doi.org/10.3161/00016454AO2015.50.2.003>
- 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 Conserv* 65(1):83–87. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(93\)90200-K](https://doi.org/10.1016/0006-3207(93)90200-K)
- Chenchouni H, Si Bachir A, Al Rashidi 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. <https://doi.org/10.3184/175815515X14232310459990>
- Cheriak L, Barbraud C, Doumandji S, Bouguessa S (2014) Diet variability in the White Stork *Ciconia ciconia* in eastern Algeria. *Ostrich* 85: 201–204. <https://doi.org/10.2989/00306525.2014.971451>
- Dallinga JH, Schoenmakers S (1987a) Regional decrease in the number of white storks (*Ciconia ciconia*) in relation to food resources. *Colon Waterbirds*:167–177. <https://doi.org/10.2307/1521256>
- Dallinga JH, Schoenmakers S (1987b) Regional decrease in the number of white storks (*Ciconia c. ciconia*) in relation to food resources. *Colon Waterbirds*:167–177
- Daniluk J, Korbal-Daniluk A, Mitrus C (2006) Changes in population size, breeding success and nest location of a local White Stork *Ciconia ciconia* population in Eastern Poland. The white stork in Poland: studies in biology, ecology and conservation. Bogucki Wyd Nauk, Poznan, 15-21
- Denac D (2010) Population dynamics of the White Stork *Ciconia ciconia* in Slovenia between 1999 and 2010. *Acrocephalus* 31(145-146): 101–114. <https://doi.org/10.2478/v10100-010-0007-4>
- Gordo O, Sanz JJ, Lobo JM (2007) Spatial patterns of white stork (*Ciconia ciconia*) migratory phenology in the Iberian Peninsula. *J Ornithol* 148(3):293–308. <https://doi.org/10.1007/s10336-007-0132-6>
- Hedjal S, Zouini D, Benamara A (2018) Hydrochemical assessment of water quality for irrigation: a case study of the wetland complex of Guerbes-Sanhadja, North-East of Algeria. *J Water Land Dev* 38:43–52. <https://doi.org/10.2478/jwld-2018-0041>
- Infante O, Peris S (2003) Bird nesting on electric power supports in northwestern Spain. *Ecological Engineering* 20(4):321–326. [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(03\)00013-2](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(03)00013-2)
- Janiszewski T, Minias P, Wojciechowski Z (2015) Selective forces responsible for transition to nesting on electricity poles in the white stork *Ciconia ciconia*. *Ardea* 103(1):39–50. <https://doi.org/10.5253/arde.v103i1.a4>
- Jolliffe IT (2002) Principal component analysis, Second Edition. Springer Ser Stat 98:487. <https://doi.org/10.1007/b98835>
- Kaiser HF (1960) The application of electronic computers to factor analysis. *Educ Psychol Meas* 20(1):141–151. <https://doi.org/10.1177/001316446002000116>
- Kamiński P, Jerzak L, Kasprzak M, Kartanas E, Bocheński M, Hromada M et al (2020) Do agricultural environments increase the reproductive success of White Stork *Ciconia ciconia* populations in South-Western Poland? *Sci Total Environ* 702:134503. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134503>
- Kósa F, Papp T (2007) Distribution, population size and dynamics of the white stork (*Ciconia ciconia* L.) in the Hârtibaciu River basin (Transylvania, Romania). *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research. The Saxon Villages Region of southeast Transylvania*, 169-198
- Mammeria AB, Bitam I, Houhamdi M (2012) La cigogne blanche *ciconia ciconia* dans les zones humides de la wilaya d'El Taraf (nord-est algérien) (1996-2011). *Bull Soc Zool Fr* 137(1-4):103–111
- Mammeria AB, Triplet P, Bitam I (2019) The white stork *Ciconia ciconia* in the northeast of Algeria, and its relation with climatic change between 1996 and 2014. *Estuar Coast Shelf Sci* 216:165–170. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.01.001>
- Massemin-Challet, S., Gendner, J.P., Samtmann, S., Pichegru, L., Wulgue, 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. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2006.00550.x>.
- Moali-Grine N (2007) Dynamique de la population de la cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) en Algérie depuis 1995. *Ostrich-Journal of African Ornithology* 78(2):291–293
- Moreira F, Martins RC, Catry I, D'Amico M (2018) Drivers of power line use by white storks: a case study of birds nesting on anthropogenic structures. *J Appl Ecol* 55(5):2263–2273. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13149>
- Orłowski G, Karg J, Jerzak L, Bocheński M, Profus P, Książkiewicz-Parulska Z et al (2019) Linking land cover satellite data with dietary variation and reproductive output in an opportunistic forager: arable land use can boost an ontogenetic trophic bottleneck in the White Stork *Ciconia ciconia*. *Sci Total Environ* 646:491–502. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.297>
- Samraoui B, de Belair G (1997) The Guerbes-Sanhadja wetlands: part I: an overview. *Ecologie*. 28(3):233–250
- 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*). *J Ornithol* 154:481–489. <https://doi.org/10.1007/s10336-012-0915-2>
- 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
- Tobolka M, Kuźniak S, Zolnierowicz KM, Sparks TH, Tryjanowski P (2013) New is not always better: low breeding success and different occupancy patterns in newly built nests of a long-lived species, the

- white stork *Ciconia ciconia*. *Bird Study* 60:399–403. <https://doi.org/10.1080/00063657.2013.818934>
- Tobolka M, Zolnierowicz KM, Reeve NF (2015) The effect of extreme weather events on breeding parameters of the White Stork *Ciconia ciconia*. *Bird Study* 62(3):377–385. <https://doi.org/10.1080/00063657.2015.1058745>
- Tobolka M, Dylewski L, Wozna JT, Zolnierowicz KM (2018) How weather conditions in non-breeding and breeding grounds affect the phenology and breeding abilities of white storks. *Sci Total Environ* 636:512–518. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.253>
- Toubal O, Boussehaba A, Toubal A, Samraoui B (2014) Biodiversité méditerranéenne et changements globaux: Cas du complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja (Algérie). *Physio-Géo* 8:273–295. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.4217>
- Tryjanowski P, Kosicki JZ, Kuźniak S, Sparks TH (2009) Long-term changes and breeding success in relation to nesting structures used by the white stork, *Ciconia ciconia*. In *Annales Zoologici Fennici* (Vol. 46, No. 1, pp. 34–38). Finnish Zoological and Botanical Publishing Board. <https://doi.org/10.5735/086.046.0104>
- Vergara P, Aguirre JI, Fargallo JA, Dávila JA (2006) Nest-site fidelity and breeding success in White Stork *Ciconia ciconia*. *Ibis* 148:672–677. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2006.00565.x>
- Zbyryt A, Sparks TH, Tryjanowski P (2020) Foraging efficiency of white stork *Ciconia ciconia* significantly increases in pastures containing cows. *Acta Oecol* 104:103544. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2020.103544>

Publisher's note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.