

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
جامعة باجي مختار- عنابة
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR – ANNABA

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

THESE

Présentée en vue de l'obtention d'un diplôme de Doctorat

Filière : Ecologie et environnement.

Spécialité : Ecologie interactions et bio-surveillance

Intitulé

Impact de l'anthropisation sur les traits d'histoire de vie de la cigogne blanche *Ciconia ciconia ciconia* (Linné 1775) dans le Nord-Est algérien.

Présentée par : Mlle SAKRAOUI Dounia

| President | | |
|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| BAIRI Abdelmadjid | <i>Professeur</i> | Université Badji mokhtar Annaba |
| Directeur de these | | |
| ZIANE-ROUAG Nadia | <i>Professeur</i> | Université Badji mokhtar Annaba |
| Examineurs | | |
| OUALI Kheireddine | <i>Professeur</i> | Université Badji mokhtar Annaba |
| RIZI Hadia | <i>Maître de conference A</i> | Université Chadli Bendjedid El Taref |
| SAIDI Hacina | <i>Maître de conference A</i> | Université Chadli Bendjedid El Taref |
| Année universitaire 2024/ 2025 | | |

Impact de l'anthropisation sur les traits d'histoire de vie de la cigogne blanche *Ciconia ciconia ciconia* (Linné 1775) dans le Nord-Est algérien.

REMERCIEMENTS ET DEDICACES



« La science est un moyen d'être humble face à la complexité du monde. »

—Carl Sagan

Remerciements

Alors que je contemple le vol des cigogne blanche, je réalise que chaque battement d'aile symbolise un moment de ce parcours exceptionnel ; Ce voyage jalonné de défis, de difficultés et de découvertes, a été bien plus qu'une simple quête académique ; il a été une véritable quête de moi-même.

Et je suis profondément reconnaissante envers ceux qui ont été à mes côtés tout au long de ce chemin.

Je souhaite commencer par exprimer ma gratitude à Dr. Ziane Nadia, votre bienveillance et votre expertise et surtout votre confiance absolue en mon travail m'ont appris à penser de manière critique et à développer ma propre voix.

En suite, à la croisée d'une famille de sang et d'une famille scientifique, je remercie profondément ma cousine Pr. Sakraoui Feriel pour avoir su trouver les mots opportuns en toutes situations. Un Grand merci à Dr. Boukheroufa Mehdi pour avoir non seulement analysé mes résultats mais aussi leurs avoir donné une dimension insoupçonnée. Bien sûr Merci à ma chère Dr. Rym Sakraoui et à Dr. Dadri Walid qui m'ont conseillé à de nombreuses reprises.

Pour rester dans la famille, le socle de ma vie. Merci à mon père d'avoir joué le garde du corps à chaque sortie sur terrain sans exception. Merci à Maman d'avoir toujours été là, sur terrain, lors de la rédaction,

Ce travail est presque autant lesiens que le mien.

Merci infiniment a ma grande sœur et mon pilier Nihed qui m'a aidé a enjamber les embuches. Merci a Nabil sans qui mon travail aurait été plus compliqué.

Merci a mon frère Walid qui n'a pas hésité a jouer le rôle d'un co-encadreur. Merci également a Hana d'avoir toujours un petit mot d'encouragement. Et bien sure le plus grand des remerciements a NAZIM. Melissa. Meline. MAZEN mes rayons de soleil.

Merci a tata Boukia, Fatima, Houda, Nafissa, Rim. Yasmine, Nassime Karim, Rabir d'avoir toujours été là. Merci special a ma cousine et ma meilleure amie Tineine qui a absolument tout partagé avec moi.

A mes amis sans qui je n'aurais pas tenu le coup. Merci a Omine pour tout, Merci a Yacine, Sox, Sami d'avoir toujours eu une oreille attentive. Merci a tout le groupe de l'infusion litteraire de toujours m'encourager a l'IFA. Et bien sure merci a Maya ma plus vieille amie qui a été présente depuis 2007 avec qui on a traversés les galères ensemble.

Enfin merci a ceux qui ne sont plus là mais pourtant leurs souvenirs m'ont accompagnés et aidés tout le long du chemin.

Merci a ceux que je n'est pas cités mais qui sont non moins important.

Sakraoui Dounia

Dedicates

Je dédie ce travail à mes neveux,
Nazim, Mélissa, Meline et Maïen;
Qu'ils sachent que les racines du travail sont
amères, mais que ses fruits en sont doux.

Impact de l'anthropisation sur les traits d'histoire de vie de la cigogne blanche *Ciconia ciconia ciconia* (Linné 1775) dans le Nord-Est algérien.

RÉSUMÉS



« Si tu penses que tu es trop petit pour faire une différence, essaie de dormir avec un moustique. »

-Proverbe africain

Résumé

Cette thèse explore l'impact de l'anthropisation sur la cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) en Algérie, en s'intéressant particulièrement à la manière dont les transformations environnementales dues aux infrastructures humaines influencent les comportements de nidification et de reproduction de l'espèce. Dans un contexte où l'urbanisation et l'agriculture se développent rapidement, les cigognes sont confrontées à des choix de nidification complexes, entre supports naturels et structures anthropiques tels que les poteaux électriques et les antennes relais.

Les chapitres initiaux examinent la répartition des sites de nidification et les préférences des cigognes en fonction des types d'infrastructures présentes dans des zones aux niveaux d'anthropisation variables. Ces analyses révèlent une forte adaptation de l'espèce aux environnements urbains, où elle exploite efficacement les structures artificielles malgré les risques potentiels associés, tels que les champs électromagnétiques.

Les chapitres centraux mettent en lumière les effets des champs électromagnétiques produits par les lignes à haute tension et les antennes relais sur la reproduction. Les résultats montrent une diminution des taux d'éclosion et des modifications dans les intervalles de développement des cigogneau dans les nids situés à proximité de ces sources, suggérant un impact potentiel des ondes sur la viabilité des œufs et le développement embryonnaire.

Mots clefs : Anthropisation, Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*), nidification, infrastructure humaine, champs électromagnétiques, reproduction.

Abstract

This thesis explores the impact of anthropization on the white stork (*Ciconia ciconia*) in Algeria, focusing particularly on how environmental transformations due to human infrastructure influence the species' nesting and reproductive behaviors. In a context where urbanization and agriculture are rapidly developing, storks face complex nesting choices between natural supports and anthropogenic structures such as power poles and relay antennas.

The initial chapters examine the distribution of nesting sites and the storks' preferences based on the types of infrastructure present in areas with varying levels of anthropization. These analyses reveal a strong adaptation of the species to urban environments, where it effectively exploits artificial structures despite the potential associated risks, such as electromagnetic fields.

The central chapters highlight the effects of electromagnetic fields generated by high-voltage power lines and relay antennas on reproduction. The results show a decrease in hatching rates and changes in the developmental intervals of young storks in nests located near these sources, suggesting a potential impact of waves on egg viability and embryonic development.

Keywords : Anthropization, White Stork (*Ciconia ciconia*), Nesting, Human Infrastructure, Electromagnetic Fields, Reproduction.

ملخص

تستكشف هذه الأطروحة تأثير الأنثروبوية على اللقلق الأبيض (*Ciconia ciconia*) في الجزائر ، مع التركيز بشكل خاص على كيفية تأثير التحولات البيئية بسبب البنية التحتية البشرية على تعشيش الأنواع وسلوكياتها الإنجابية. في سياق يتطور فيه التحضر والزراعة بسرعة ، تواجه طيور اللقلق خيارات تعشيش معقدة بين الدعامات الطبيعية والهياكل البشرية المنشأ مثل أعمدة الطاقة وهوائيات الترحيل.

تدرس الفصول الأولية توزيع مواقع التعشيش وتفضيلات طيور اللقلق بناء على أنواع البنية التحتية الموجودة في المناطق ذات المستويات المتفاوتة من الأنثروبين. تكشف هذه التحليلات عن تكيف قوي للأنواع مع البيئات الحضرية ، حيث تستغل بشكل فعال الهياكل الاصطناعية على الرغم من المخاطر المرتبطة المحتملة ، مثل تيسيطانغمور هكلا لوقطا.

تسلط الفصول المركزية الضوء على تأثيرات تيسيطانغمور هكلا لوقطا الناتجة عن خطوط الطاقة عالية الجهد وهوائيات الترحيل على التكاثر. تظهر النتائج انخفاضاً في معدلات الفقس والتغيرات في الفترات الزمنية لنمو طيور اللقلق الصغيرة في الأعشاش الواقعة بالقرب من هذه المصادر ، مما يشير إلى تأثير محتمل للموجات على بقاء البيض والنمو الجنيني.

الكلمات المفتاحية : الأنثروبولوجيا، اللقلق الأبيض، التعشيش، البنية التحتية البشرية، المجالات الكهرومغناطيسية، التكاثر، (*Ciconia ciconia*)

Impact de l'anthropisation sur les traits d'histoire de vie de la cigogne blanche *Ciconia ciconia ciconia* (Linné 1775) dans le Nord-Est algérien.

LISTES DES TABLEAUX ET DES FIGURES



« La science est un moyen d'être humble face à la complexité du monde. »

—Carl Sagan

Liste des tableaux :

| Tableau | Titre | Page |
|----------------|---|-------------|
| 1 | Systématique de l'Ordre des Ciconiiformes | 14 |
| 2 | Mensurations moyennes des cigognes mâles et femelles. | 20 |
| 3 | Donnés Météorologiques de la Ville de Annaba (2019- 2021) | 28 |
| 4 | Type de poteaux électrique en Algérie (source Sonalgaz) : | 35 |
| 5 | Seuil de tolérance d'expositions aux ondes électromagnétiques par pays | 37 |
| 6 | Nombre et distance des nids par rapport aux antennes relais de téléphonie mobile | 39 |
| 7 | Fréquences des nichées de la Cigogne blanche <i>Ciconia ciconia ciconia</i> | 46 |
| 8 | Variation du nombre de jeunes au nid par rapport aux antennes relais (2020-2021 | 48 |
| 9 | Variation globale du succès de la reproduction | 49 |
| 10 | Moyenne de nombres d'œufs éclos en fonction du niveau de tension des poteaux électriques | 51 |
| 11 | Moyenne et Écart-Type des Intervalles ENV-ECLO et ECLO-COU en Fonction des Niveaux de Tension | 55 |

Liste des figures :

| Figure | Titre | page |
|--------|---|------|
| 1 | Présentation des zones d'étude | 7 |
| 2 | L'adulte de la cigogne blanche <i>Ciconia ciconia ciconia</i> | 15 |
| 3 | Les juvéniles chez la cigogne blanche <i>Ciconia ciconia ciconia</i> | 16 |
| 4 | Distribution de la famille Ciconidé dans le monde | 17 |
| 5 | Carte de répartition et de migration de la cigogne blanche | 19 |
| 6 | Cigogne blanche <i>Ciconia ciconia ciconia</i> en vol | 21 |
| 7 | Nid de la cigogne blanche <i>ciconia ciconia ciconia</i> | 22 |
| 8 | Cigogne blanche en recherche de nourriture | 23 |
| 9 | Différentes étapes de la reproduction : construction du nid A, parade amoureuse B , couvaison C, éclosion D | 26 |
| 10 | Carte de la commune de Berrahal wilaya d'Annaba | 29 |
| 11 | Carte de la commune de Ben M'Hidi wilaya d'El Taref | 3 |
| 12 | Carte de la commune de Drean wilaya d'El Taref | 31 |
| 13 | Matériels d'observation | 32 |
| 14 | Les trois supports de nidification étudiés : 1 poteaux a haute/ très haute tension, 2 poteaux moyenne/basse tension, 3 supports sans tension électrique | 34 |
| 15 | Prospection et reconnaissance des lignes à haute et très haute tension | 34 |
| 16 | Antennes relais de réseau de téléphonie mobile | 36 |
| 17 | Pic d'exposition au contact d'une antenne relais d'après | 38 |
| 18 | Répartition des nids de cigognes blanches par localité en nombre et en pourcentage | 40 |
| 19 | Répartition par supports préférentiels de nidification chez les cigognes blanches | 41 |
| 20 | Répartition par supports préférentiels de nidification chez les cigognes blanches selon le gradient d'urbanisation | 42 |
| 21 | Nombre et moyenne d'œufs éclos par localité | 42 |
| 22 | Nombre total et moyenne d'Œufs éclos par type de support | 43 |
| 23 | Distance des nids par rapport aux antennes relais | 45 |

Impact de l'anthropisation sur les traits d'histoire de vie de la cigogne blanche *Ciconia ciconia ciconia* (Linné 1775) dans le Nord-Est algérien.

| | | |
|----|--|----|
| 24 | Droite de régression (Nombre de jeunes-distance des nids) | 50 |
| 25 | Moyenne d'œufs éclos par nid | 52 |
| 26 | Intervalle de jours entre l'éclosion et l'envol (ENV- ECLO) | 53 |
| 27 | Intervalle de jours entre la couvaison et l'éclosion (ECLO-COUV) | 54 |
| 28 | Interval entre l'eclosion et l'envole (en jours) | 55 |
| 29 | Interval d'incubation (en jours) | 56 |

SOMMAIRE

| | |
|--|----|
| I-INTRODUCTION GENERALE | 1 |
| II - MATERIEL ET METHODES | 7 |
| 2.1. Description des zones d'étude | 7 |
| 2.1.1. Wilaya d'El Tarf | 7 |
| Milieu physique | 8 |
| Hydrographie..... | 8 |
| Eléments de climatologie..... | 9 |
| Richesse patrimoniale | 10 |
| 2.1.2. Wilaya d'Annaba :..... | 10 |
| Milieu physique | 10 |
| Le massif de l'Edough | 10 |
| Plaines d'Annaba | 11 |
| Cordon dunaire littoral | 11 |
| Hydrologie..... | 11 |
| Eléments de climatologie | 11 |
| Végétation | 12 |
| 2.2. DESCRIPTION DU MODELE BIOLOGIQUE | 13 |
| 2.2.1. Phylogénie et position systématique | 13 |
| 2.2.2. Description morphologiques | 15 |
| 2.2.3. Répartition géographique..... | 16 |
| - Dans le monde | 16 |
| - En Algérie | 17 |
| 2.2.4. Données bio – écologiques..... | 18 |
| - La migration | 18 |

| | |
|--|-----------|
| - Dimorphisme sexuel | 19 |
| - Le chant | 20 |
| - Le vol | 20 |
| - Le nid | 21 |
| - Ecologie trophique | 22 |
| - Reproduction | 24 |
| - Menaces | 26 |
| 2.3. METHODOLOGIE GENERALE | 28 |
| 2.3.1. Description des sites d'étude..... | 28 |
| - Berrahal | 29 |
| - Ben M'Hidi | 30 |
| - Drean | 31 |
| 2.3.2. Méthode d'étude du cycle biologique de l'espèce étudiée..... | 32 |
| 2.3.3. Méthode d'étude de la stratégie de nidification de la cigogne blanche..... | 33 |
| 2.3.4. Etude de l'impact des poteaux à haute et très haute tension..... | 33 |
| 2.3.5. Impact des ondes électromagnétiques sur la reproduction de la cigogne blanche | 35 |
| 2.4. Analyse statistique des données : | 39 |
| III- RÉSULTATS | 40 |
| 1- STRATEGIE DE NIDIFICATION ET OPPORTUNISME CHEZ LA CIGOGNE BLANCHE | 40 |
| Identification des sites préférentiels de nidification..... | 40 |
| Identification des supports préférentiels de nidification..... | 41 |
| Total d'oeufs eclos | 42 |
| Compage des nids..... | 43 |
| 2- IMPACTE DES ONDES ELECTROMAGNETIQUES DES ANTENNES RELAIS..... | 45 |
| -Taille des nichées..... | 45 |

Impact de l'anthropisation sur les traits d'histoire de vie de la cigogne blanche *Ciconia ciconia ciconia* (Linné 1775) dans le Nord-Est algérien.

-Jeunes au nid.....47

-Impact des antennes relais sur le succès de la reproduction.....48

3- IMPACT LES LIGNES A HAUTE ET TRES AUTRE TENSION SUR LE CYCLE REPRODUCTIF DE LA CIGOGNE BLANCHE51

- Cycle reproductif des nids sur les poteaux a haute et tres haute tension51

IV-DISCUSSION58

-La cigogne blanche : un modèle de prédilection pour étudier l'anthropophilie58

-Stratégie de sélection des sites de nidification dans les milieux urbains et opportunisme écologique60

-Incidence des habitats urbains sur la fitness de la cigogne blanche63

Sélection des ressources trophiques dans les milieux urbains.....63

- Cigognes blanches vs ondes électromagnétiques.....64

-Impacts comparés des poteaux à moyenne et haute tension sur le cycle de reproduction de la cigogne blanche69

-Impact des ondes électromagnétiques sur la reproduction des cigognes.....69

-Effet de la chaleur émise par les lignes à haute tension.....70

-Variabilité des phases de reproduction selon les types de nids.....71

-Allocation d'énergie parentale et survie des jeunes cigognes.....71

-Implications écologiques et gestion des infrastructures72

V- CONCLUSION ET PERSPECTIVES73

VI- REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES.....76

Impact de l'anthropisation sur les traits d'histoire de vie de la cigogne blanche *Ciconia ciconia* (Linné 1775) dans le Nord-Est algérien.

INTRODUCTION



"Nous n'héritons pas de la terre de nos ancêtres, nous l'empruntons à nos enfants."

- Antoine de Saint-Exupéry

I. INTRODUCTION GENERALE :

L'anthropisation est un concept qui se réfère aux actions humaines qui modifient l'environnement naturel. Ce concept peut englober différents types d'activités, telles que l'agriculture, l'urbanisation, l'industrialisation, la déforestation, la pollution, etc. autant d'activités qui ont pris une ampleur considérable au fil des siècles, en particulier depuis la révolution industrielle, et qui ont induit des conséquences délétères sur la biodiversité et les écosystèmes (Vitousek *et al.*, 1997, Steffen *et al.* 2015 ; Gherzouli, 2013; Amara ;2010).

D'un point de vue purement écologique, l'anthropisation est un phénomène complexe qui engendre des perturbations importantes dans les écosystèmes : modification et /ou fragmentation des paysages naturels (Travis *et al* ; 2013 ; Fischer *et Lindenmayer* ; 2007), augmentation exponentielle de la pollution (Landrigan *et al* ; 2018.), exploitation excessive des ressources naturelles... etc. Ces changements ont des impacts directs sur les communautés d'organismes vivants, mais aussi sur les relations qu'elles entretiennent entre elles et avec leur environnements (Kareiva *et al* ;2007). Autant de facteurs qui ont propulsé les études contemporaines en écologie urbaine, domaine interdisciplinaire crucial portant sur l'étude des interactions complexes entre les organismes vivants et leurs environnements de plus en plus urbanisés (McDonnell *et Hahs* ,2015; Alberti *et al* ; 2020).

Dans le cadre de l'écologie urbaine, un aspect essentiel concerne l'étude des espèces animales qui se sont adaptées à la présence humaine, formant ainsi un groupe particulier connu sous le nom d'animaux anthropophiles. Ces espèces ont développé des traits et des comportements leur permettant de prospérer dans des environnements transformés par les activités humaines (McKinney, 2006). Les animaux anthropophiles présentent une grande diversité taxonomique, allant des oiseaux aux mammifères en passant par les insectes, et ils ont colonisé divers habitats urbains, des parcs et jardins aux bâtiments et structures urbaines (Blair, 2001). Leur présence dans les villes est souvent le résultat d'une combinaison de facteurs, notamment la disponibilité de ressources alimentaires, les opportunités de nidification et les zones de refuge contre les prédateurs naturels (Chace *et Walsh*, 2006). Parmi les exemples les plus emblématiques d'animaux anthropophiles, on trouve le pigeon biset (*Columba livia*), qui a établi des populations prolifiques dans les centres urbains du monde entier, se nourrissant principalement des déchets alimentaires générés par les activités humaines et utilisant les bâtiments et les ponts comme sites de nidification (Haag-Wackernagel *et Moch*, 2004). De même, le goéland argenté (*Larus argentatus*) est devenu un habitant familier des villes côtières, où il se nourrit

des restes de nourriture humaine et utilise les toits des bâtiments comme sites de nidification (**Cadiou & Yésou, 2006**). Ces espèces anthropophiles ont développé des adaptations morphologiques, comportementales et physiologiques qui leur permettent de prospérer dans des environnements urbains, ce qui en fait des modèles d'étude intéressants pour comprendre les processus évolutifs à l'œuvre dans les écosystèmes urbains (**Møller, 2008**). En outre, les interactions entre les animaux anthropophiles et d'autres espèces urbaines, y compris les humains, peuvent avoir des implications importantes pour la santé publique, la conservation de la biodiversité et la gestion des villes (**Marzluff et al., 2001**). Par conséquent, l'étude des animaux anthropophiles revêt une importance cruciale pour l'écologie urbaine, offrant des perspectives uniques sur la manière dont la faune s'adapte aux changements environnementaux induits par l'activité humaine et sur les moyens de promouvoir la coexistence harmonieuse entre les humains et la vie sauvage dans les villes modernes.

Les oiseaux sont des animaux particulièrement sensibles à l'anthropisation, en raison de leur dépendance à l'environnement et de leur mobilité (**Marzluff et al., 2001**). Fortement impactés par les changements dans leur habitat naturel (déforestation, la fragmentation des habitats et l'introduction d'espèces exotiques) (**Chace et Walsh, 2006**), les oiseaux ont dû adopter des stratégies adaptatives pour résister à des conditions environnementales changeantes, ce qui rend leur étude encore plus importante pour comprendre l'impact de l'anthropisation sur la biodiversité. Plusieurs études ont souligné l'impact de l'anthropisation sur les populations d'oiseaux. Par exemple, une étude menée par **McKinney en 2006** a révélé que la biodiversité des oiseaux était significativement plus faible dans les villes que dans les zones rurales. De même, des études menées dans des zones agricoles intensives ont montré une diminution des populations d'oiseaux (**Donald et al., 2001**). D'autres recherches ont montré que l'éclairage artificiel nocturne peut perturber le comportement de nombreux oiseaux, notamment leur migration, leur alimentation et leur reproduction (**Longcore et Rich, 2004 ; Longcore et Rich, 2007; Ambrosini et al., 2014; Dominoni et al., 2013 ; Naguib 2009**). Les oiseaux peuvent être affectés par l'anthropisation indirectement à travers les modifications de leur habitat et de leur nourriture. Par exemple, les oiseaux insectivores peuvent être affectés négativement par l'utilisation intensive de pesticides dans l'agriculture (**Mineau et Whiteside, 2013**). De plus, les oiseaux migrateurs peuvent être affectés par la perte ou la modification de leur habitat d'hivernage ou de reproduction, entraînant une diminution de leur taux de survie et de leur succès reproductif (**Newton, 2004**). Cependant, toutes les espèces d'oiseaux ne sont pas affectées de la même manière par l'anthropisation. Certaines, comme celles présent dans les

milieux urbains, ont appris à s'adapter à des environnements perturbés par l'homme. La cigogne blanche en est un bon exemple. Cette espèce est connue pour être anthropophile, c'est-à-dire qu'elle s'adapte facilement aux environnements modifiés par l'homme (**Maxhuni, Karataş & Fiedler, 2023**), même si de nombreux rapports signalent une diminution de ses populations dans de nombreuses parties de son aire de répartition, y compris en Europe (**BirdLife International, 2021**). La cigogne blanche est une espèce de grand échassier qui a une longue histoire d'interaction avec les humains. Elle a été associée aux activités agricoles depuis des siècles et a souvent été domestiquée pour aider à la production alimentaire (**Johst et al., 2001**). Sa nature migratrice en fait un oiseau avec une aire de répartition très large, qui couvre plusieurs régions géographiques distinctes. En Europe, elle est présente dans une grande partie du continent, de l'Espagne à l'Europe de l'Est, ainsi que dans des pays plus au nord comme la Suède et la Finlande (**Riegner, 1993**). En Afrique, la cigogne blanche est commune dans de nombreux pays, notamment au Maroc, en Tunisie, en Égypte et dans les régions subsahariennes, où elle migre pour passer l'hiver (**Berthold et al., 2000**). En Asie, elle se trouve dans des pays comme la Turquie, l'Iran et même à Ouzbèke en Inde et en Chine (**Kashkarov, Ataxodjaev & Mitropolskaya, 2017**) Les habitats préférés de la cigogne blanche varient selon les régions, mais ils comprennent généralement les zones humides, les prairies ouvertes, les terres agricoles et surtout les zones urbaines. Les zones humides telles que les marais, les lacs et les estuaires sont des habitats essentiels pour la cigogne blanche, offrant une abondance de proies aquatiques telles que les poissons, les grenouilles et les insectes aquatiques (**Bochenski et Jerzak, 2006**). Les prairies ouvertes et les terres agricoles fournissent également des zones de pâturage importantes où les cigognes peuvent se nourrir de petits mammifères, de reptiles et d'insectes (**Berthold et al., 2000**). De plus, les zones urbaines offrent souvent un accès facile à la nourriture, sous forme de déchets alimentaires et de débris urbains, ce qui permet aux cigognes de prospérer même dans des environnements fortement modifiés par l'homme (**Latus et Kujawa, 2005**). En Algérie, la cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) est présente dans une variété d'habitats, allant des zones humides de la région de l'Ouarsenis aux montagnes du parc national de Tassili n'Ajjer (**Urban, 2006**). Cette espèce a montré une grande capacité d'adaptation, s'implantant avec succès dans des environnements variés, y compris dans des zones urbaines et agricoles. Les principaux sites de reproduction de la cigogne blanche en Algérie se trouvent dans les régions du nord et de l'est du pays, tels que les zones humides autour du lac de Réghaïa, du parc national de Belezma, et de la vallée de la Soummam (**Khalfaoui et al., 2020; Belabbes et al., 2022**). Ces sites offrent un habitat propice à la nidification grâce à la présence de grandes

surfaces de prairies humides, de forêts et de falaises, où les cigognes peuvent construire leurs nids en toute sécurité.

De plus, elle est présente dans les zones humides du nord-est, telles que les plaines côtières et les hauts plateaux. Des études ont montré que cette espèce utilise fréquemment des sites artificiels pour la nidification, tels que les toits de bâtiments, les poteaux électriques et les antennes relais. Par exemple, une étude menée dans les provinces d'Annaba et d'El Tarf a révélé que les cigognes blanches y établissent leurs nids, parfois à proximité immédiate des stations de base, suggérant une certaine tolérance aux environnements anthropisés (**Mammeri et al., 2018**).

Une autre étude a observé que les cigognes blanches du nord-est de l'Algérie, notamment à Dréan, utilisent des sites de nidification variés, incluant des structures humaines, et que la densité des nids peut varier en fonction de la disponibilité de ces sites (**Boudhrioua et Benhamiche, 2016**).

Les effets de l'anthropisation sur la cigogne blanche ont suscité de nombreux questionnements aux vues de la complexité des traits adaptatifs de l'espèce. Alors que certaines études suggèrent que la cigogne blanche prospère dans les zones urbanisées et que la présence humaine a un impact plutôt positif sur la survie et la reproduction de cette espèce (**Johst et al., 2001; Bialas et al. 2020**), d'autres études suggèrent que l'urbanisation et l'anthropisation a induit au fil du temps des effets négatifs sur les populations de cigognes (**(Pestka et al., 2023; Fasolă-Mătășaru 2018)**). Enfin, il convient de souligner que l'impact de l'anthropisation sur la cigogne blanche ne se limite pas à son habitat et à sa population, mais également à son comportement et à son régime alimentaire. En effet, la cigogne blanche est connue pour être une espèce qui exploite les structures anthropiques telles que les bâtiments, les pylônes électriques et les ponts pour nicher (**Grimm et al., 2008**). Récemment, les antennes relais de téléphonie mobile ont explosé dans le paysage urbain et ont été exploité comme support de nidification par les cigognes, ce qui n'est pas sans conséquences sur ses traits d'histoire de vie (**Balmori ; 2005 ; Arun et Azeez 2011 : P R, 2015**). Des études ont montré que l'exposition à long terme aux ondes électromagnétiques peut perturber les processus physiologiques chez les humains, notamment en affectant le système nerveux, le système endocrinien et le système reproducteur (**(Panagopoulos, 2023)**). Chez les animaux, des recherches ont révélé des effets similaires, y compris des altérations du développement embryonnaire, des modifications du comportement, des changements hormonaux et des anomalies génétiques (**Ebrahim et al.,**

2016 ; Ezennaya, 2016). Les effets des ondes électromagnétiques sur les oiseaux, y compris les cigognes blanches, restent peu étudiés, mais des recherches préliminaires suggèrent que ces radiations peuvent affecter leur santé et leur reproduction. Les cigognes blanches, qui utilisent souvent des structures artificielles comme sites de nidification près des zones urbaines, peuvent être exposées à des niveaux élevés de pollution électromagnétique provenant des antennes relais de téléphonie mobile. Cette exposition potentielle soulève des préoccupations quant à son impact sur la reproduction de cette espèce (**Balmori, 2005 ; Sakraoui et al. 2024**). L'étude de l'impact de ces nouvelles structures anthropiques de nidification sur la phénologie de reproduction de la cigogne blanche mérite donc des études approfondies pour une meilleure compréhension des facteurs conditionnant l'adaptabilité voire la survie des espèces anthropophiles face à des environnements de plus en plus fragmentés et pollués.

Dans ce contexte d'intensification des activités humaines et de transformation des paysages naturels, il est essentiel d'examiner les interactions entre les infrastructures anthropiques et la biodiversité. Parmi ces infrastructures, les poteaux électriques occupent une place particulière, jouant un rôle ambigu dans l'interaction entre les activités humaines et la faune. D'une part, ils constituent des supports de nidification particulièrement prisés par des espèces opportunistes comme la cigogne blanche (*Ciconia ciconia*), qui exploitent ces structures pour pallier la raréfaction des habitats naturels. D'autre part, ces infrastructures sont à l'origine de nombreux défis pour les oiseaux, notamment des risques courus d'électrocution, de collisions et d'exposition aux champs électromagnétiques. Ces champs, émis principalement par les lignes à haute et très haute tension, peuvent perturber les processus physiologiques et reproductifs des cigognes,

En outre, les interactions complexes entre ces infrastructures et les traits d'histoire de vie des cigognes soulignent la nécessité d'une approche interdisciplinaire pour évaluer les implications écologiques de telles installations. Alors que certaines études mettent en évidence la capacité d'adaptation remarquable des cigognes blanches aux environnements modifiés par l'homme, d'autres alertent sur les conséquences négatives à long terme de l'anthropisation, qui pourraient affecter la viabilité de ces populations emblématiques. Comprendre ces dynamiques est essentiel pour anticiper les impacts des infrastructures humaines croissantes et pour mettre en place des mesures de gestion visant à minimiser les perturbations tout en promouvant la coexistence harmonieuse entre la biodiversité et les activités anthropiques.

C'est à partir de cette constatation que s'est construite notre problématique de thèse de doctorat qui s'est structurée autour de l'analyse de l'impact de l'anthropisation sur certains traits d'histoire de vie la cigogne blanche dans le nord est algérien. De nombreuses hypothèses ont suscité notre intérêt en l'occurrence : Comment l'anthropisation affecte-t-elle la cigogne blanche en Algérie, en termes de distribution, d'abondance ? Quels sont les facteurs qui expliquent les variations de la réponse de la cigogne blanche à l'anthropisation dans la région Nord-Est algérien ? L'étude qui en découle vise les objectifs suivants :

1. Analyser l'évolution de la stratégie de nidification de la cigogne blanche dans le Nord-Est de l'Algérie au fil du temps, en tenant compte des facteurs environnementaux tel que la proximité des sources alimentaire ou la sécurité des sites de nidification... et anthropiques (degré d'urbanisation, des sources alimentaires humaines (abattoirs, décharges)) ayant contribué à ces changements, ainsi que les mécanismes d'adaptation ayant favorisé le développement de son opportunisme dans des habitats de plus en plus anthropisés.
2. Évaluer l'impact des ondes électromagnétiques émises par les antennes relais de téléphonie mobile sur la reproduction des cigognes blanches dans la région étudiée, en comparant les taux de reproduction et de survie des nids situés à proximité et à distance des antennes.
3. Analyser les effets des ondes électromagnétiques des poteaux électriques à hautes et très hautes tension sur le cycle reproductif de la cigogne blanche.

Impact de l'anthropisation sur les traits d'histoire de vie de la cigogne blanche *Ciconia ciconia ciconia* (Linné 1775) dans le Nord-Est algérien.

MATERIEL ET METHODE

DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDES



"En agissant contre la nature, l'homme agit contre lui-même."

- Mahatma Gandhi,

II - MATERIEL ET METHODES

L'étude a été réalisée au niveau de deux wilayas du Nord-Est algérien, en l'occurrence les wilayas de Annaba et El Tarf. Le suivi des nids a été réalisé dans les localités de Drean et Ben Mhidi pour la wilaya d'El-Tarf, et celle de Berrahal pour la wilaya d'Annaba. Nous nous sommes basés sur différentes monographies pour établir une description sommaire des deux zones d'étude (P.D.A.U., 1996 ; O.N.F, 2002 ; Samraoui et De Belair, 1998) (Fig. 1).

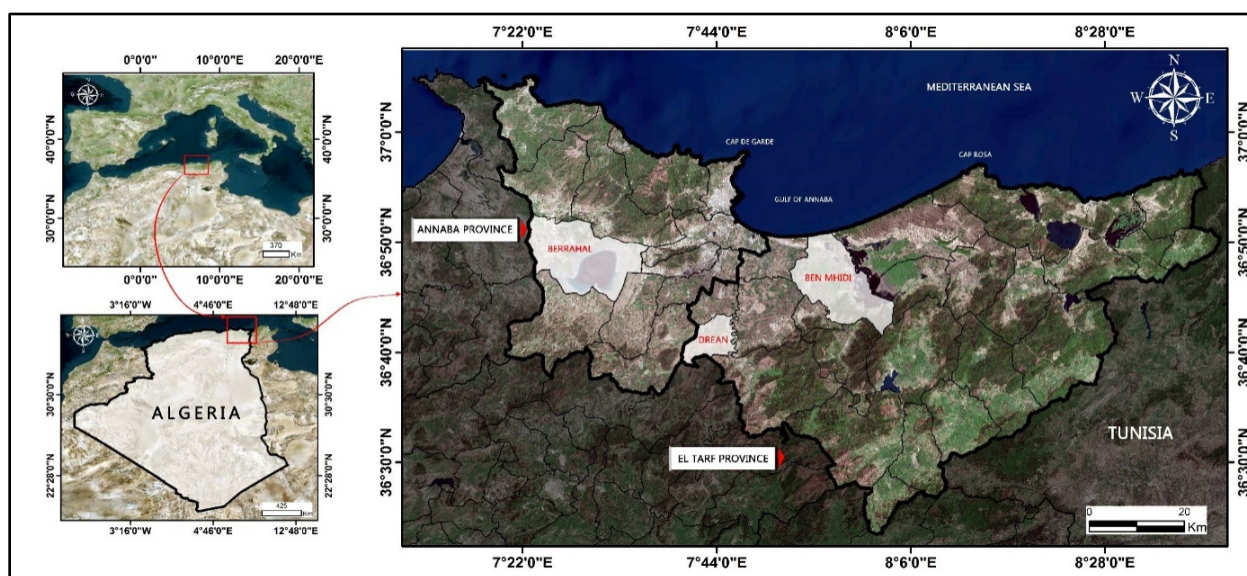


Figure 1. Présentation des zones d'étude (ArcGis 2022)

2.1. Description des zones d'étude :

2.1.1. Wilaya d'El Tarf :

La wilaya d'El Tarf est localisée à l'extrême Nord-Est du Tell algérien à la frontière tunisienne, et est limitrophe de la métropole d'Annaba dont elle dépendait jusqu'à sa promotion au rang de wilaya en janvier 1985 (Decoupage Administratif Algérie, 2014). La wilaya s'étend sur une superficie de 3 339 km² (Decoupage Administratif Algérie, 2014), et le chef-lieu, la ville d'El Tarf, se situe à environ 650 km à l'Est d'Alger (Decoupage Administratif Algérie, 2014). Elle est délimitée au Nord par la mer Méditerranée, à l'Est par la Tunisie, au Sud par la wilaya de Souk Ahras, au Sud-Est par la wilaya de Guelma et à l'Ouest par la wilaya d'Annaba (Ministère de l'Intérieur, n.d.). Administrativement, la wilaya d'El Tarf se compose de 7 daïras regroupant 24 communes (Ministère de l'Intérieur, n.d.).

La région d'El Tarf a la particularité d'abriter le complexe de zones humides le plus important du Maghreb (Ministère de l'Environnement, 2018). Les principales zones humides de la région sont : le marais de la Mekhada, l'un des plus grands sites humides d'Afrique du Nord

(8900 hectares) (**Dahmani et al., 2017**), le lac des Oiseaux (40 hectares) (**Boukhemza, 2000**), les lacs Mellah (860 hectares) (**Ministère de l'Environnement, 2018**), Oubeira (2200 hectares) et Tonga (2400 hectares) (**Chaoui et al., 2019**). À cela s'ajoutent le lac Bleu et le marais de Bouredim (**Hadj-Aissa, 2020**). Ces sites entretiennent des échanges constants entre eux et constituent des zones essentielles pour la nidification et l'alimentation d'un grand nombre d'oiseaux (**Ministère de l'Environnement, 2018 ; Dahmani et al., 2017**).

- Milieu physique

Sur le plan stratigraphique, la région présente trois étages différents : Secondaire, Tertiaire et Quaternaire (**Marre, 1987**).

Le secondaire est caractérisé par des formations schisteuses plus ou moins argileuses de couleur bleue ardoise avec des passages calcaires. Ces formations affleurent en plusieurs endroits surtout dans la forêt d'El-Ghorra (Menzel Beldi), au niveau du Cap Rosa, sur la rive Ouest du lac Tonga (Daïa Zitoune) et El Aïoun au lieu-dit Oued Djenane.

Le tertiaire est représenté surtout par les éléments de l'Eocène moyen ; les argiles de Numidie, ayant une épaisseur de 300 m environ et qui occupent les parties affaissées de la région (fonds de Vallée, bordures des plaines), de l'Eocène supérieur : les grès de Numidie se déposent sur les argiles sur 150 m d'épaisseur, on les trouve dans les monts d'El Kala, ces grès sont généralement couverts de forêts de chêne-liège. Enfin, les éléments du Miocène sont représentés par les sables, conglomérats, argiles rouges ou grises, en dépôts localisés dans le Sud -Est. Le quaternaire est constitué pour une grande partie de dépôts marins (amas dunaires issus de l'érosion par la mer des falaises) et fluviaux (limons, sables et galets déposés par les oueds Kébir et Melila).

Le relief de la région d'El Tarf se compose d'une juxtaposition de dépressions, dont certaines sont occupées par des formations lacustres ou palustres, et des hautes collines aux formes variées : dôme, escarpements, alignements de crêtes généralement couverts par une végétation dense (**De Belair, 1990**). On y trouve un cordon dunaire littoral, des plaines sublittorales et des montagnes telliennes.

- Hydrographie

La configuration du terrain de la région d'El Tarf détermine trois systèmes d'organisation hydrographiques (**Chaoui et al., 2019**) :

- la partie Sud-est est drainée par trois oueds : l'oued Bougous, Mellila et l'oued El Kébir. Ce dernier constitue le collecteur principal (apports de 245 hlm³/an). Il alimente les nappes dunaires et lors des crues, on assiste à la mise en eau des dépressions inter-dunaires.

-La partie orientale est caractérisée par plusieurs oueds en général à faible débit, ils s'écoulent en majorité dans la plaine d'Oum Teboul. La partie ouest est également parcourue par de nombreux oueds, (Bouaroug, Mellah, Reguibet, Boumerchen, Dai El-Graa...). Ils se déversent pour la plupart dans les lacs Mellah et Oubeira

De nombreuses sources existent dans la région d'El Tarf, les plus importantes étant celles de Bougles, Bouredim et El-Bhaim (situées au Sud-est de la région) qui totalisent un débit de 150 l/s soit un débit de 12.700 m³/j. Le reste des sources (environ 40) réparties à travers le territoire du Parc national d'El Kala ou sa périphérie, possède un débit variable de 0,5 l/s à 10 l/s (ONEP, 2017).

- **Eléments de climatologie**

La région d'étude est sous l'influence d'un climat méditerranéen, à fort contraste saisonnier, caractérisé par une saison douce et pluvieuse entre les mois d'octobre et avril et une saison chaude et sèche entre juin et septembre. L'automne et le printemps y sont d'assez courtes durées et sont marqués souvent par des changements brutaux du climat tels que des vagues de chaleurs dues aux siroccos, suivies par des orages violents (Boulaïbal, 2012, Taïbi & Kerbach, 2021).

La température est le facteur important qui contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait, la répartition des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère.

D'une manière générale, la région d'étude est située dans l'étage méditerranéen chaud avec une température maximale pouvant atteindre jusqu'à 50°C en été, et les plus basses sont enregistrées en altitude durant l'hiver au Djebel El Ghorra (0°C).

Les mois les plus froids sont généralement décembre et janvier alors que juillet et août sont les plus chauds. C'est une des régions les plus pluvieuses, recevant en plaine entre 700 mm et 900 mm annuels (Benyacoub, 1993. ; Taïbi & Kerbach, 2021.).

Durant l'hiver, les vents dominants soufflent du Nord-Ouest, modérés à forts, donnant à certains endroits très exposés, une physionomie caractéristique de port en drapeau à la végétation. Cette direction est également observée dans l'alignement général des crêtes dunaires, ce qui témoigne de la régularité des vents au cours des temps historiques. En été, on assiste à des vents d'Est,

faibles à modérés. On enregistre en cette saison un net déficit hydrique. Ce déficit, accentué certains jours par la présence de siroccos, favorise l'apparition d'incendies (**Boulahbal, 2012**).

La région d'étude est connue pour être une des plus humides d'Afrique du Nord. Sa situation littorale, mais aussi l'existence de nombreuses zones humides, ainsi que de nouveaux barrages, entraînent une importante évaporation due à un ensoleillement intense. L'humidité relative de l'air varie ainsi entre 60% et plus de 80% au cours de l'année, particulièrement ressentie en hiver et au printemps, période au cours de laquelle les brouillards matinaux sont fréquents et les rosées matinales sont quasi quotidiennes (**Boulahbal, 2012**)

- **Richesse patrimoniale**

La richesse biologique de la région d'El-Tarf n'est pas clairement définie, seule celle du Parc National d'El-Kala a été bien étudiée. Ainsi, on distingue, 191 espèces d'oiseaux (**Benyacoub, 1998**), 17 espèces de Reptiles et 7 espèces d'Amphibiens (**Rouag & Benyacoub, 2006 ; Rouag et al 2024**), plus de 200 espèces d'invertébrés (**Atlas des Parcs Nationaux, 2010**). La flore est représentée par 840 espèces, les forêts représentent un peu plus de la moitié (57%) que compte la superficie de la wilaya d'El Tarf, 174 000 hectares (**Benyacoub, 1998**).

2.1.2. Wilaya d'Annaba :

La wilaya d'Annaba se situe au Nord-Est de l'Algérie (36°.30N et 37°.03N et 7°.20E et 8°.40 E). Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par la wilaya de Guelma, à l'Est par la wilaya d'El-Tarf et à l'Ouest par la wilaya de Skikda. Elle compte une population estimée à 600.000 habitants. Cette wilaya constitue l'un des principaux pôles industriels du pays, de par ses activités portuaires (exportation de phosphates, de fer, de liège en provenance du massif de l'Edough et de produits agricoles) et ses industries (la sidérurgie, la métallurgie et la construction de matériel ferroviaire).

- **Milieu physique :**

La région d'Annaba est caractérisée par la présence de montagnes (52% de montagnes, 26% de collines et piémonts) et de plaines basses et plates (18% de plaines). Ceux-ci peuvent être séparés en trois unités géologiques :

a) Le massif de l'Edough : Ce massif cristallin appartient aux plis numidiques d'Afrique de Nord. Il est orienté Sud Ouest, Nord-Est sur une longueur de 50 Km et une largeur de 8 Km

avec un point culminant à 1008 m (Kef sbaa). Sa partie principale est limitée au Sud-Ouest par la dépression du lac Fetzara, à l'Est par la plaine d'Annaba et au Nord par la mer.

b) Plaines d'Annaba : Nous avons deux types de plaines : - Une petite plaine : s'étend à l'Est de l'Edough entre les coteaux d'Annaba, le pied du Djebel Edough, les terminaisons du Boukantas et Bouhamra. - Une grande plaine : s'étend à l'Est de l'Oued Seybouse (originellement rempli de garaas).

c) Cordon dunaire littoral : Ce cordon est constitué de dunes, d'origine éolienne et marine, qui longent la mer du Nord-Ouest au Sud-Est depuis la cité Seybouse à l'Ouest à El-Kala à l'Est.

- Hydrologie :

La région présente une hydrographie importante, caractérisée par un versant raide et de ramifications à écoulement temporaire (chaabets) qui, en convergeant, forment des oueds à faible débit inondant en hiver certaines plaines (**Bendjedou & Djedid, 2017**). La wilaya d'Annaba compte de nombreux bassins versants, notamment ceux de l'Oued Seybouse (bassin de 6 500 km²), de l'Oued Ressoul et de l'Oued Boudjemaa, ainsi que les oueds Zaafrania, Kouba, Chaabet Kef Lemette et Mersébu au nord-est et les oueds Forcha, Sidi Harb et Bouhdid au sud-ouest (**Bendjedou & Djedid, 2017**).

Parmi les zones humides, le lac Fetzara, classé site Ramsar (DZ 1299), couvre 20 680 ha et draine un bassin versant de 520 km² (**Ramsar Convention Secretariat, 2003 ; Mouhoub, 2012**). Il est principalement alimenté pendant les crues par trois affluents temporaires — l'Oued Zied, l'Oued El Hout et l'Oued El Mellah — et son trop-plein s'écoule via un canal vers l'Oued Meboudja puis l'Oued Seybouse, avant de se déverser en Méditerranée (**Habes et al., 2012**). Ce complexe lacustre et les plaines inondables associées jouent un rôle essentiel dans la recharge de la nappe alluviale et dans la régulation des crues et des étiages de la plaine littorale (**Mouhoub, 2012 ; Habes et al., 2012**).

- Éléments de climatologie :

La région d'étude se caractérise par un régime méditerranéen de type Csa (**Peel et al., 2007**). La saison pluvieuse, de novembre à avril, concentre environ 80 % des précipitations annuelles moyennes de 670 mm en plaine (**Mrad et al., 2020; Sahabi-Abed et al., 2023**). À l'inverse, la période de mai à octobre demeure quasiment sèche, avec des cumuls mensuels inférieurs à 5 mm, particulièrement en juillet et août (**Mrad et al., 2020**). En zones montagneuses du Tell, les

Impact de l'anthropisation sur les traits d'histoire de vie de la cigogne blanche *Ciconia ciconia ciconia* (Linné 1775) dans le Nord-Est algérien.

précipitations annuelles peuvent atteindre jusqu'à 1 000 mm, alors qu'elles plafonnent autour de 700 mm en plaine littorale (**Sahabi-Abed et al., 2023**). Ces pluies hivernales sont apportées par les perturbations cycloniques atlantiques, tandis que les dépressions méditerranéennes issues du golfe de Gênes–Sardaigne renforcent la pluviométrie au printemps Les étés sont marqués par des vagues de chaleur avec des températures maximales dépassant fréquemment 40 °C (**Mrad et al., 2020**).

- **Végétation :**

La région d'Annaba est caractérisée par des maquis et broussailles de type méditerranéen qui résultent de la dégradation de la forêt originelle de Chêne liège qui ne subsiste plus du fait des incendies depuis la période coloniale. A partir des années 70, plusieurs aménagements forestiers ont été réalisés (création de pistes forestières, de tranchées pare-feu, de banquettes de drainage des eaux pluviales et de reboisements d'Eucalyptus et de Pin maritime), mais le tout est en voie de dégradation par la multiplication des incendies et le manque d'entretien.

2.2. DESCRIPTION DU MODELE BIOLOGIQUE

La cigogne blanche (*Ciconia ciconia*, Linne 1758) est un grand échassier semi-aquatique (la base palmée des pieds dénote des habitudes aquatiques) aux pattes longues, au cou allongé et aux ailes longues et larges. Leur vol, extrêmement puissant, est saisissant : le cou et les pattes sont étendus à l'horizontale, ces dernières traînant légèrement. Il existe 17 espèces de cigognes, toutes sauf trois se retrouvent dans l'Ancien Monde. Les populations nordiques sont migratrices (Whitefield et Walker, 1999).

2.2.1. Phylogénie et position systématique

Creutz (1988); Mahler & Weick (1994) classent la Cigogne blanche 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.

L'ordre des Ciconiiformes renferme les grands oiseaux échassiers c'est-à-dire ceux qui se caractérisent par un long cou, un long bec et de longues pattes. Cet ordre comprend classiquement six familles réparties dans 3 sous-ordres (Tableau 1).

Tableau 1 : Systématique de l'Ordre des Ciconiiformes (Winfield et Walker 1999) :

| Ordre | S/Ordre | Familles | Espèces | |
|----------------------|-----------------|-----------------|---|--|
| Ciconiiformes | Ardeae | <i>Ardeidae</i> | 62 sp (Hérons, Aigrettes, Crabiers, Bihoreaux, Savacous, Onorés, Blongios, Butors) | |
| | Scopi | <i>Scopidae</i> | 1 sp Ombrette du Sénégal | |
| | Ciconiae | | <i>Ciconiidae</i> | 19 sp (Tantales, Bec-ouverts, Cigognes, Jabirus, Marabouts) |
| | | | <i>Balaenicipitidae</i> | 1 sp Bec-en-sabot |
| | | | <i>Threskiornithidae</i> | 34 sp (Ibis, Spatules) |
| | | | <i>Phoenicopteridae</i> | 6 sp (Flamants) |

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

- *Ciconia ciconia ciconia* Linné, 1758 : niche dans une partie de l'Asie mineure, en Europe centrale, en Afrique du Nord, en Afrique du Sud. Rencontrée en Afrique de l'Ouest tous les mois de l'année sauf au mois de juin (**Dekeyser & Derivot, 1966**).
- *Ciconia ciconia asiatica* Severtzov, 1872 : son aire de reproduction se situe en Asie centrale et niche donc au Turkestan, (**Creutz, 1988**).

Impact de l'anthropisation sur les traits d'histoire de vie de la cigogne blanche *Ciconia ciconia ciconia* (Linné 1775) dans le Nord-Est algérien.

□ *Ciconia ciconia boyciana* Swinhowe, 1873 : considérée souvent comme une espèce propre, nidifie en Asie Orientale (Coulter & al. 1991).

2.2.2. Description morphologiques

Les adultes sont facilement reconnaissables à leurs plumages blanc et noir, ailes robustes et larges, grand cou et brève queue, bec rouge vif, long, droit et très pointu, pattes hautes et minces de couleur rouge vif, rémiges primaires et secondaires noires, et doigts reliés par une petite membrane (Burton & Burton, 1973; Peterson et al., 1986–2006; Creutz, 1988; Blasco-Zumeta & Heinze, 2019; Animal Diversity Web, 2024). Les tarses sont très allongés, mesurant en moyenne entre 200 et 250 mm (Etchecopar & Hüe, 1964; Burton & Burton, 1973; Heinzel et al., 1985; Peterson et al., 1986; Witt, 2020).



Photo 2 : L'adulte de la cigogne blanche *Ciconia ciconia ciconia* (cliché Sakraoui.D 2019)

Les jeunes ressemblent beaucoup aux adultes, sauf que le plumage est blanc avec du brun sur les ailes, le bec et les pattes sont de couleur brun rougeâtre (Hayman & Burton, 1977 ; Hancock & al. 1992). Le jeune cigogneau pèse 70 à 75 g et possède un bec et des pattes plus courts que ceux des adultes (Mahler & Weick, 1994) Les jeunes cigognes blanches (*Ciconia ciconia*) rencontrent des défis importants lors de leur migration, affichant des taux de survie inférieurs à ceux des adultes en raison de leurs voyages longs et risqués. Les recherches montrent qu'ils utilisent un vol battu plus souvent que les adultes, ce qui entraîne une dépense énergétique accrue de 14 %, sans compenser par un ravitaillement ou un repos adéquats. Lorsque migrent ensemble, les juvéniles ont tendance à se placer derrière les adultes, ce qui les rend vulnérables lorsque les groupes se séparent. (Rotics et al., 2016)



Photo 3 : Les juvéniles chez la cigogne blanche *Ciconia ciconia ciconia* (cliché Sakraoui.D2021)

2.2.3. Répartition géographique

- Dans le monde

La Cigogne blanche *Ciconia ciconia*, niche en Afrique du Nord, du Nord-ouest de la Tunisie en passant par l'Algérie jusqu'au Sud du Maroc, puis dans péninsule Ibérique où elle occupe le Portugal, l'Ouest et le Centre de l'Europe. Au-delà du hiatus de la France, l'aire de nidification est limitée à l'Ouest par le Delta Meuse-Rhin aux Pays Bas, la Lorraine et l'Alsace, l'Autriche Orientale, la Serbie et l'Albanie. Au Nord, l'espèce habite l'Anatolie, le Danemark et ne dépasse pas la Baltique; au-delà, elle occupe encore l'Anatolie, l'Arménie, l'Azerbaïdjan, l'Iran et le Nord de Bagdad ; en outre, quelques couples nichent en Afrique du Sud (**Dorst, 1971 ; Heim de Balsac & Mayaud, 1962 ; Mahler & Weick, 1994 ; BirdLife International, 2020**).

Impact de l'anthropisation sur les traits d'histoire de vie de la cigogne blanche *Ciconia ciconia ciconia* (Linné 1775) dans le Nord-Est algérien.

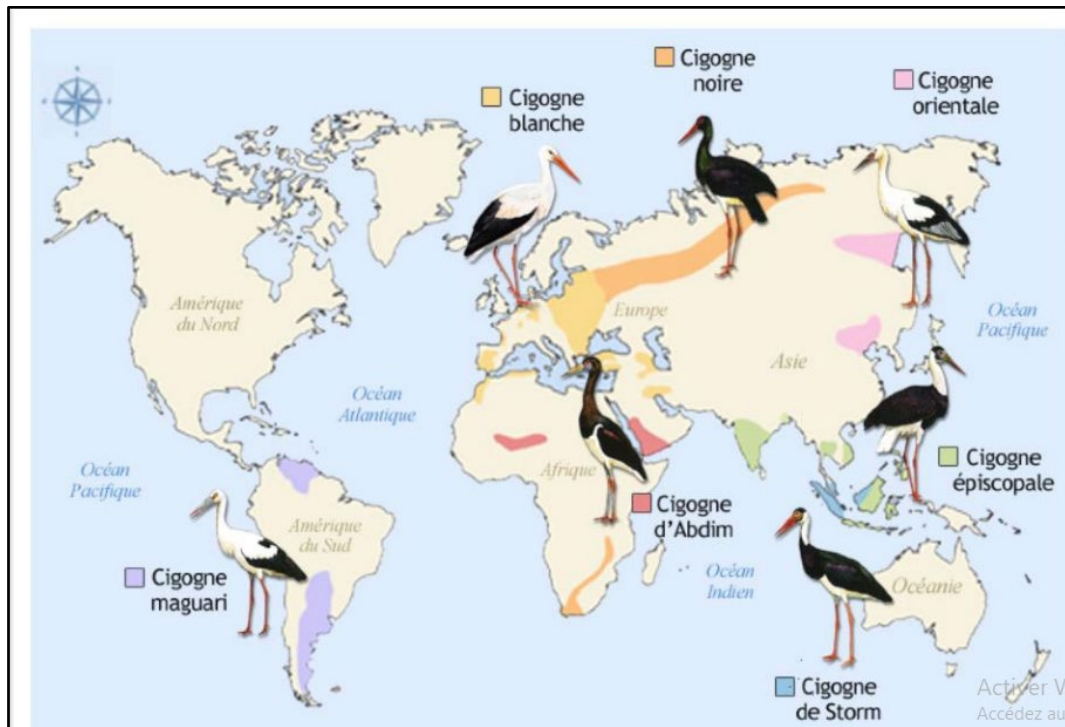


Figure 4 : Distribution de la famille *Ciconidé* dans le monde (Source : www.centredereintroduction.com) consulté decembre 2020

- En Algérie

En Algérie, la répartition des populations de *C. ciconia* suit une ligne Saïda–Tiaret–Batna–Tébessa, avec des densités plus élevées sur le littoral et dans les plaines côtières (Moali-Grine et al., 1995; Sakraoui et al., 2024). La nidification peut se faire jusque dans le littoral (Ledant et al., 1981; Cheriak, 2007). Au sud de cette aire, Heim de Balsacet & Mayaud (1962) ont noté la présence d'un nid à Djelfa en 1923 (Moali-Grine et al., 1995). Ledant et al. (1981) signalent sa nidification au M'Zab, à El Kheider, à Aflou et à El-Idrissia en 1974. Quelques cigognes hivernent même à El-Kala et à la Macta (Ledant & Vandijk, 1977; Sakraoui et al., 2024). Au printemps et en été, des bandes erratiques de non-nicheurs sont observées çà et là, mais surtout sur les Hauts plateaux et dans le Constantinois (Banet, 1963; Burnier, 1979; Belabed et al., 2019). Au Sahara, des passages sont notés jusqu'en avril, témoignant d'un flux migratoire soutenu à travers le désert, notamment à l'Ouest du Hoggar (Bouet, 1938a & b; Boukhemza, 1990; Moali-Grine et al., 1995).

2.2.4. Données bio - écologiques

- La migration

La migration des cigognes est un phénomène annuel qui se déroule généralement entre la fin du mois de juillet et la deuxième décennie du mois d'août. Durant cette période, les cigognes quittent leurs lieux de reproduction pour se rendre en Afrique du Sud, où elles passeront l'hiver (**Schierer, 1963; Isenmann & Moali, 2000 ; Jonsson & al., 2006**). Néanmoins, il est à noter que quelques individus peuvent retarder leur départ jusqu'à la mi-octobre, voire même choisir de passer l'hiver sur leur lieu de reproduction, bien que ces cas soient très rares (**Metmacher, 1979; Skov, 1991a**).

Avant le début de la migration, les cigognes entament un régime alimentaire spécifique visant à réduire leur poids et à atteindre une configuration physique optimale pour le vol plané (Arnold, 1992). Les populations de cigognes qui se reproduisent en Europe, en Asie et en Afrique du Nord amorcent leur migration vers leurs quartiers d'hivernage africains dès la fin de l'été, en juillet et en août, et ne remontent vers le Nord qu'à partir du mois de décembre. Leur retour sur les lieux de nidification s'étend généralement jusqu'à la fin du mois de mars.

Deux voies migratoires principales sont empruntées par les cigognes :

- Une voie occidentale, passant par la France, l'Espagne, le détroit de Gibraltar et le Maghreb, avant d'atteindre l'Afrique sub-saharienne par l'Afrique du Nord.
- Une voie orientale, traversant le détroit du Bosphore, la Turquie, la Palestine, puis rejoignant l'Est de l'Afrique. Il est à noter que de nombreux migrants se déplacent la nuit, tandis que les cigognes préfèrent migrer durant la journée (**Dorst, 1971**). De plus, les jeunes quittent le nid avant leurs parents (**Cramp & Simmons, 1977**).

La migration d'arrivée s'effectue par étapes et pendant la journée, alors que la migration du retour est massive et rapide afin d'éviter les conditions climatiques difficiles du Sahara (**Bouet, 1936**). Ces observations sont soutenues par des études récentes qui ont examiné divers aspects de la migration des oiseaux migrants, y compris les stratégies de vol et les défis rencontrés lors du passage du Sahara (**Bauer & Hoye, 2014**). De plus, les avancées technologiques telles que les suivis par satellite ont permis une meilleure compréhension des schémas de migration des cigognes (**Maxhuni et al. 2018**).

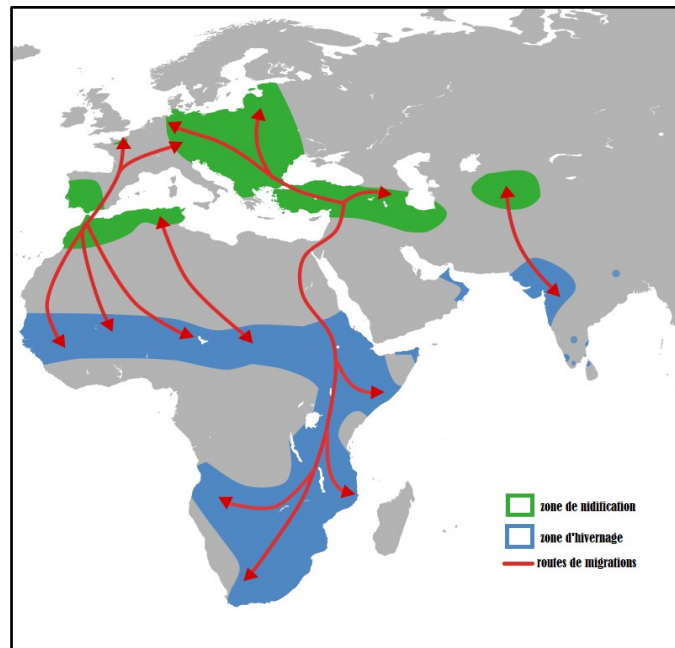


Figure 5 : Carte de répartition et de migration de la cigogne blanche (oiseaux.com) consulté avril 2019

- Dimorphisme sexuel

Il est très difficile de distinguer le mâle de la femelle dans la nature, ils ont un plumage identique. En principe, le mâle est légèrement plus corpulent et son bec plus long et plus haut à la base avec un relèvement de l'arête inférieure avant la pointe (**Bouet, 1950 ; Geroudet, 1978; Silling & Schmidt, 1994**). Cependant, des recherches récentes ont permis d'approfondir notre compréhension du dimorphisme sexuel chez la Cigogne blanche. (**Castiglioni & Santoro, 2021**) ont utilisé une analyse acoustiques pour déterminer le sexe des Cigognes, tandis que (**Jerzak et al. 2010**) ont étudié les différences morphologiques entre les mâles et les femelles grâce à la composition chimique de leur sang.

Dans le tableau suivant sont consignées quelques mensurations prises sur *Ciconia ciconia* par **Géroudet (1978) ; Silling & Schmidt (1994)**.

Tableau 2 : Mensurations moyennes des cigognes mâles et femelles :

| Sexe Organe | Mâle Intervalle (mm) | Mâle Moyenne (mm) | Femelle Intervalle (mm) | Femelle Moyenne (mm) |
|----------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------|
| Aile pliée | 530-630 | 580 | 530-590 | 560 |
| Queue | 215-240 | 227.5 | 215-240 | 227.5 |
| Bec | 150-190 | 170 | 140-170 | 155 |
| Tarse | 195-240 | 217.5 | 195-240 | 217.5 |

- Le chant

Les cigognes ne sont pas des oiseaux chanteurs, elles communiquent entre elles par des claquements de becs (**Dorst, 1971; Silling & Schmidt, 1994**). Ce claquement se fait en entrechoquant les deux mandibules, accompagner d'un mouvement de la tête vers l'arrière comme s'il s'agissait d'une épée. Ce geste, à l'opposé de la posture de menace, bec en avant, désamorce toute agressivité entre partenaires (**Whitefiled et Walker 1999**). Sinon, la cigogne est pratiquement muette.

Par ailleurs les poussins produisent des sifflements et des grincements aigus qui sont de curieux miaulement et grincement pour mendier leur pitance (**Bouet, 1950**).

- Le vol

Les cigognes blanches pratiquent le vol à voile. Ce sont d'excellents planeurs. Elles utilisent les courants d'air ascendants qu'on ne rencontre qu'au-dessus de la terre ferme (**Silling & Schmidt, 1994**).

La Cigogne blanche vole le cou tendu en avant un peu incliné au-dessous de l'horizontale et les pattes dépassent la queue. En fait, elle profite au départ des courants ascendants pour prendre de la hauteur sans effort (**Etchecopar & Hüe, 1964 ; Moali & Moali-Grine, 2001 ; Peterson & al., 2006**). Elles regagnent souvent la terre après une descente acrobatique (**Geroudet, 1978**). Les recherches récentes ont également mis en évidence leurs stratégies de vol comme cette étude qui explore comment les cigognes blanches adapte leurs stratégies de vol en fonction des conditions atmosphériques, contribuant ainsi à leur succès migratoire. **Flack et al., 2016**



Photo 6 : cigogne blanche *Ciconia ciconia ciconia* en vol (cliché Sakraoui D, 2020)

- Le nid

Le nid des cigognes blanches est une structure impressionnante, pouvant atteindre un poids remarquable de jusqu'à 200 kg. Il est construit à partir de branches de différentes tailles, sur lesquelles sont entassées divers matériaux tels que des brindilles, de l'herbe, des morceaux de fumier ou de terre, ainsi que divers éléments tels que des feuilles, des racines, de la mousse, du papier, de la paille, des chiffons et des plumes (**Cramp & Simmons, 1977**) La forme circulaire du nid, presque plate, est remplie de manière constante de paille, mêlée aux pelotes de réjection, jusqu'à ce qu'elle soit pratiquement comblée vers la fin de juillet, offrant ainsi une plate-forme stable et unie pour les essais de vol des jeunes cigogneaux De plus, les nids des cigognes blanches sont des habitats riches en biodiversité, abritant une faune variée d'arthropodes qui forme une véritable biocénose (**Heim De Balsac, 1952**). En ce qui concerne les dimensions, les nids construits dans les arbres présentent généralement un diamètre compris entre 75 et 80 cm, avec une hauteur d'environ 35 cm (**Bouchner .1982**).

Impact de l'anthropisation sur les traits d'histoire de vie de la cigogne blanche *Ciconia ciconia ciconia* (Linné 1775) dans le Nord-Est algérien.



Photos 7 : Nid de la cigogne blanche *ciconia ciconia ciconia* (cliché Sakraoui D, 2022)

- Ecologie trophique

La Cigogne blanche est un opportuniste en ce qui concerne sa nourriture, car il utilise les ressources qui sont les plus facilement disponibles, une notion qui est prouvée par les observations réalisées à différents types d'habitat (**Kosicki et al., 2006**);

Selon (**Geroudet ,1978 ; Skov 1991**), la nourriture de la Cigogne blanche est exclusivement animale, elle se compose en somme de tout ce qui se présente et qui peut être avalé. La Cigogne blanche récolte une grande variété d'insectes, tout spécialement des Coléoptères et des Orthoptères qui constituent une bonne part du régime alimentaire, aussi bien sur les lieux de nidification que dans les quartiers d'hiver en Afrique centrale et méridionale. (**Etchecopra et Hue, 1964; Dorst, 1971 ; Burton et Burton, 1973 ; Nicolai et al., 1985 in Jonsson et al., 2006**).

Elle, consomme aussi des reptiles, des petits mammifères, des poissons et même des jeunes oiseaux (**Camp et Simmons, 1977 ; Van Den Bosscher et al., 2002**) elle glane beaucoup de vers de terre surtout en début de saison quand les autres aliments sont encore rares et prend à

l'occasion des crustacés, par exemple le Crabe chinois, dans les cours d'eau qu'il a envahis **(Geroudet, 1978 ; Skov, 1991)**.

Vu son mode d'alimentation, la Cigogne blanche fréquente les milieux ouverts avec une végétation assez basse pour n'entraver ni sa marche ni sa vue **(Geroudet,, 1978 ; Peterson et al., 1986 ; Hancock et al., 1992)**.

La Cigogne blanche, étant de plus en plus anthropophile, fréquente actuellement une large gamme de milieux : marais, labours, friches, prairies. **(Blanco, 1996 ; Peris ,2003 in Blazquez et al., 2006)**, signalent qu'en Espagne, les décharges publiques constituent une nouvelle source humaine de gagnage pour la Cigogne blanche. Ceci a été également noté en Algérie par **Boukhemza, 2000 et Sbiki, 2008**. On note également que les cigognes nichant à proximité de l'abattoir de l'ONAB sur le route de Ben M'hidi ou a eu lieu notre étude représente également une source de nourriture (observation personnelle) qui va dans le sens de l'étude menée par **López-García et al., 2023)** qui a également mis en lumière l'adaptabilité alimentaire de la Cigogne blanche dans des environnements perturbés par l'activité humaine, notamment son exploitation croissante des décharges publiques comme source de nourriture. Cette recherche met en évidence l'importance des habitats anthropisés dans le maintien des populations de cigognes blanches et souligne la diminution des cigognes en absence de décharges et a contrario leurs augmentations en leurs présences.



Photo 8 : Cigogne blanche en recherche de nourriture (cliché Sakraoui D, 2019)

- Reproduction

La cigogne blanche est une espèce migratrice qui se reproduit en Europe au Moyen-Orient et au Nord-ouest de l'Afrique **(Mata et al., 2001)**, et en Afrique du Nord on rencontre la sous-

espèce nominale (*Ciconia ciconia ciconia*) dans le Nord-est de la Tunisie en passant par l'Algérie jusqu'au Sud du Maroc (**Etchecopra et Hue, 1964**).

Les premiers retours sur les sites de reproduction sont notés dès le 04 Décembre, avec l'arrivée en priorité des mâles qui prennent possession du territoire et du nid. Ceux-ci y stationnent jour et nuit dans l'attente d'une partenaire (**Lejeune, 2009**). Il est aussi nécessaire à la femelle d'arriver tôt pour accumuler des réserves suffisantes pour produire des œufs (**Profus, 1986**). Les Cigognes blanches reviennent chaque année à leurs lieux d'hivernages et se dirigent sans erreur vers leurs nids, elles reviennent à l'endroit où l'année précédente elles ont élevé leurs petits et parfois elles mènent de dures combats pour défendre leurs foyers (**Hoecher, 1973**).

L'installation des couples s'intensifie en février et mars, puis faiblit en avril. Après la formation du couple, commence la phase de construction ou de réfection du nid qui dure quelques jours (**Lejeune, 2009**). Elle est assurée par les deux sexes (**Van Den Bossche et al., 2002**) tout comme la couvaison et l'élevage des jeunes (**Lejeune, 2009**).

Les accouplements s'étalent de février jusqu' à la ponte. Les premiers accouplements sont signalés de la mi-février à la mi-mars en moyenne (**Moali-Grine et al. 2013**)

Cette phase de l'activité sexuelle est bien connue et décrite dans la littérature (**Collin, 1973**), la cigogne ne manque pas de se faire remarquer en période de reproduction. Sa stature, sa blancheur et ses craquetements incessants attirent l'attention, surtout lorsqu'elle installe son nid près des zones habitées.

Avant que le mâle ne couvre la femelle, tous deux se promènent en rond sur le nid (**Eyienne et Carruete, 2002**), dans tous les cas observés, c'est la femelle qui prend l'initiative et va au-devant de son partenaire, le mâle reste passif, très excité, claquette en effectuant de lents et amples battements d'ailes; trois phases sont observées durant la formation d'un couple, une phase d'approche, une phase intermédiaire et une phase terminale (**Schmit, 1967 in Amara, 2001**).

La ponte a lieu en générale de la fin de mars au 15 avril (**Lejeune, 2009**). Selon (**Schmit, 1967 in Collin, 1973**) les femelles les plus âgées qui pondent les premières ; les dernières sont les primipares. Les cigognes blanches ont une couvée par an et 2 à 6 œufs sont incubés pendant 33 à 34 jours (**Van Den Bosscher et al., 2002**), rarement de 7 œufs (**Bologna, 1980 in Skov, 1991**), signalent des cas de 8 œufs au Danemark. La littérature publiée par **Cramp et Simmons (1998)**

rapportent que « les œufs sont pondus à intervalles allant de 1 à 4 jours, le plus souvent deux » **(Pawel et Dolta, 2006)**.

L'éclosion se produit tous les 48 heures d'où les différences de taille des petits **(Geroudet, 1976 in Barkani et Boumaaraf, 1998)**. Les poussines naissent aveugles et couverts d'un duvet grisâtre, ils ne pèsent que 70 g à l'éclosion **(Etienne et Carruete, 2002)**. Selon **(Sokolowski, 1932 in Pawel et Dolata, 2006)** a remarqué que le peuple des gens qui avoir de l'imagination fertile, affirment que les cigognes adultes jettent leurs poussins eux-mêmes, quand ils décident que le jeune va pas apporter aucun bénéfice ».

La période de l'envol varie entre 58 et 64 jours **(Haverschidit, 1949 in Van Den Bosscheret al., 2002)**.

Fin juillet, les jeunes cigognes commencèrent à voler tout en revenant à leur nid **(Bouet, 1956)** puis elles quittent la zone et deviennent indépendant, en 7 à 20 jours après l'envol **(Camp et Simmons, 1977)**. Certains cigogneau quittent leurs nids natals avant l'indépendance et ils seront adoptés par d'autres parents, une commutation du nid se coïncide soit avec une baisse de taux d'alimentation par les parents, soit par l'augmentation de l'agressivité entre les cigognes du même nid **(Redondo et al., 1995)**.



Photos 9 : Différentes étapes de la reproduction : construction du nid A, parade amoureuse B , couvaison C, éclosion D (clichés Sakraoui.D 2020)

H- Menaces

Les fluctuations des effectifs de la Cigogne blanche sont attribuées à plusieurs facteurs qui sont essentiellement :

□ **Perte des habitats et des sites de nidification** : A partir des années 1960, le développement économique accompagné par le changement des pratiques culturales (utilisation d'herbicides, de pesticides et de la motorisation) ont induit l'homogénéisation et la stérilité des territoires qui ont été intensifiés. Par conséquent, la perte de la biodiversité s'est traduite par un impact négatif sur l'écologie trophique de la Cigogne blanche (**Jackob, 1991 ; Carroscal et al, 1993 ; Martinez et Fernandez, 1995 in Jonsson et al., 2006**).

□ **Ennemies naturels** : L'hypothèse d'une disparition de la cigogne à la suite d'une prédation a rarement été défendue. Seul **Hachet (1904)** mentionne la prolifération des fouines (Martes foin) comme cause possible de leur disparition en Lorraine orientale au début de siècle (**Collin, 1973**).

Selon **Van Den Bosscher et al., (2002)**, une cigogne a été trouvée en Allemagne mangée par un pygargue à queue blanche *Haliaeetus albicilla*, il n'est pas clair, si l'oiseau a été tué par l'aigle ou était mort avant.

□ **Morts accidentelles** : Les décès sont dus à des chutes dans les cheminées d'usines (**Schierer, 1951, 1952, 1958 in Collin, 1973**) à des accidents avec des voitures (**Schierer, 1961 in Collin, 1973**) et même des avions, notamment en Israël lors des forts passages de migrants (**Eyienne et Carruete, 2002**)

□ **Chasse** : D'après (**Sylla, 1991 in Goriup et Schultz, 1991**), la chasse et la capture des cigognes blanches sur le chemin de migration et aux quartiers d'hivernage viennent en tête des causes de déclin. D'après l'analyse des bagues retrouvées, il est certain que la chasse serait la cause majeure de mortalité.

□ **Electrocution** :

L'électrocution est considérée comme l'une des causes principales de mortalité des cigognes blanches, elle s'effectue par la collision avec les câbles découverts et les poteaux métalliques qui deviennent de plus en plus dangereux lorsqu'ils sont installés dans des zones rurales. Elle

Impact de l'anthropisation sur les traits d'histoire de vie de la cigogne blanche *Ciconia ciconia ciconia* (Linné 1775) dans le Nord-Est algérien.

est assez importante chez les jeunes cigogneaux qui quittent leur nid pour la première fois **(Goriup et Schultz, 1991 ; Biber, 1995 ; Skov, 1998 ; Garrido et Fernandez-Cruz, 2003 in Dolata, 2006).**

Impact de l'anthropisation sur les traits d'histoire de vie de la cigogne blanche *Ciconia ciconia ciconia* (Linné 1775) dans le Nord-Est algérien.

METHODOLOGIE GENERALE

Descriptions des sites d'études et du gradient d'anthropisation



"Un pays qui détruit son sol se détruit lui-même."

- Franklin D. Roosevelt,

2.3. METHODOLOGIE GENERALE :

Notre étude a été réalisée sur deux années successives (de décembre 2019 jusqu'en août 2021), au niveau des zones précédemment citées. Nous avons pu recueillir dans un premier temps les données de température dans la région de Annaba par l'office national de météorologie (ONM, 2021)(Tab. 2).

Tableau 3 : Données Météorologiques de la Ville de Annaba (2019- 2021)

| Année | T | TM | Tm | Pp | V | RA | SN | TS | FG |
|-------|------|------|------|--------|------|-----|----|----|----|
| 2019 | 18.0 | 23.2 | 12.8 | 868.44 | 12.0 | 119 | 0 | 58 | 21 |
| 2020 | 18.2 | 23.7 | 12.7 | 655.79 | 12.8 | 95 | 0 | 28 | 19 |
| 2021 | 18.7 | 24.4 | 13.3 | 619.83 | 13 | 89 | 0 | 31 | 29 |

T : Température moyenne annuelle , TM : Température maximale moyenne annuelle , Tm : Température minimale moyenne annuelle , PP : Précipitation totale annuelle de pluie et / ou neige fondue , V : vitesse moyenne annuelle du vent (Km/h) , RA : total jours de pluie durant l'année , SN : Total jours de neige durant l'année , TS : Total jours de tempêtes durant l'année , FG : Total jours de brouillard durant l'année.

2.3.1. Description des sites d'étude

Le choix des sites d'étude revêt une importance capitale dans la réalisation de toute recherche scientifique. Dans le cadre de cette thèse, la sélection des localités de Berrahal à Annaba, de Ben M'hidi et de Dreaan à El Tarf s'est opérée en considération d'un critère fondamental : le gradient d'anthropisation présent dans ces régions, mais également sur leur importance écologique pour la cigogne blanche (*Ciconia ciconia*). Ces localités offrent en effet des milieux diversifiés, représentant différents niveaux d'impact humain sur l'environnement, tout en constituant des zones de prédilection pour la présence de cette espèce emblématique, pour éviter au maximum des biais dus à des conditions environnementales trop importantes, une longue prospection et des recherches bibliographiques nous ont permis de choisir un gradient d'anthropisation qui conserve les besoins environnementaux de la cigogne et qui fait des trois localités un référentiel écologique pour la cigogne.

-Berrahal :

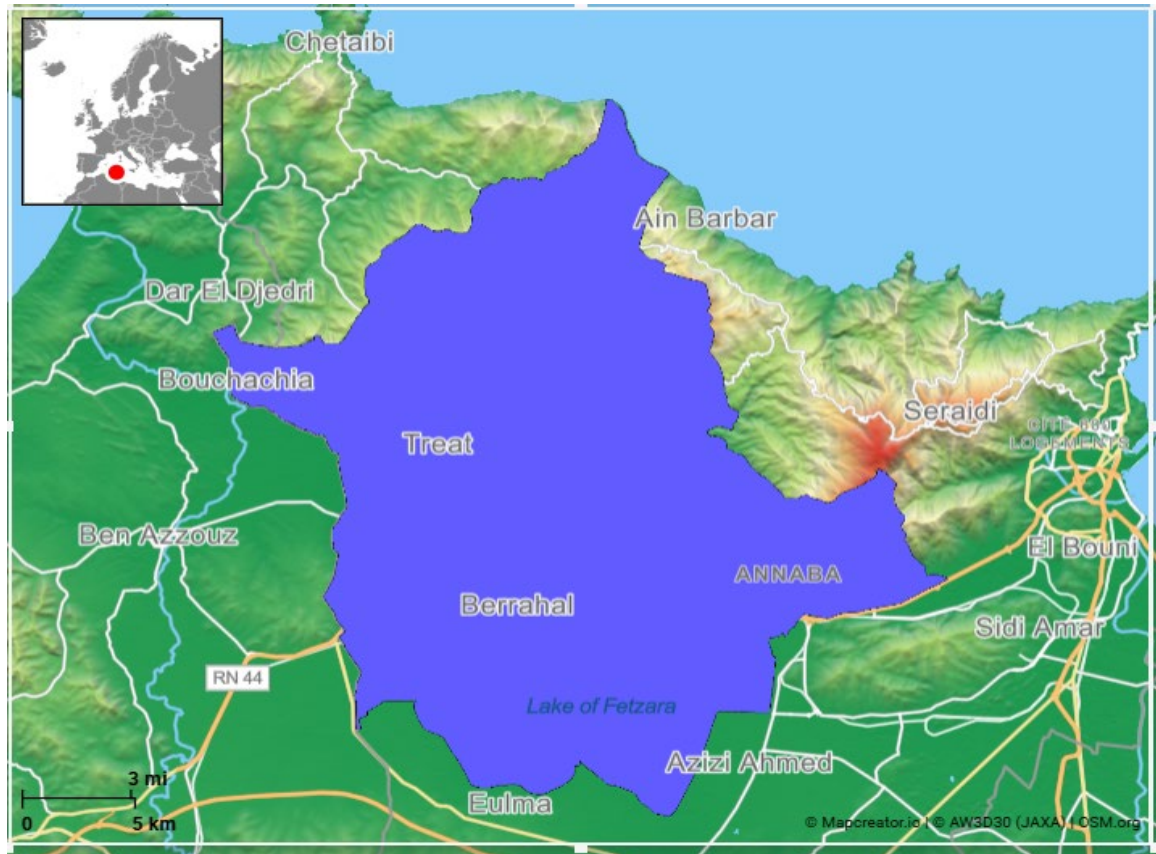


Figure 10 : Carte de la commune de Berrahal wilaya d'Annaba (Mapcreator 2025)

Berrahal ($36^{\circ}50'00''$ N, $7^{\circ}27'00''$ E) couvre 180 km^2 et accueille 126 hab./km^2 , dont $78,4 \%$ en zone urbaine et $21,6 \%$ en zone rurale. Cette commune, la plus urbanisée des trois, bénéficie de sa proximité immédiate avec la métropole d'Annaba, ce qui se traduit par une infrastructure dense, une forte activité commerciale et industrielle, et une croissance démographique soutenue (ONS, 2008)

-Ben M'Hidi :



Figure 11 : carte de la connume de Ben M'Hidi wilaya d'El Taref (Mapcreator 2025)

Située à 36°46'19" N, 7°54'19" E, Ben M'Hidi s'étend sur 150,65 km² pour une densité de 221 hab./km². Classée péri-urbaine, elle présente un maillage urbanisé en périphérie de son centre, avec de nouvelles zones résidentielles et commerciales, tout en conservant encore de larges secteurs ruraux dédiés à l'agriculture. (ONS, 2008)

-Drean :

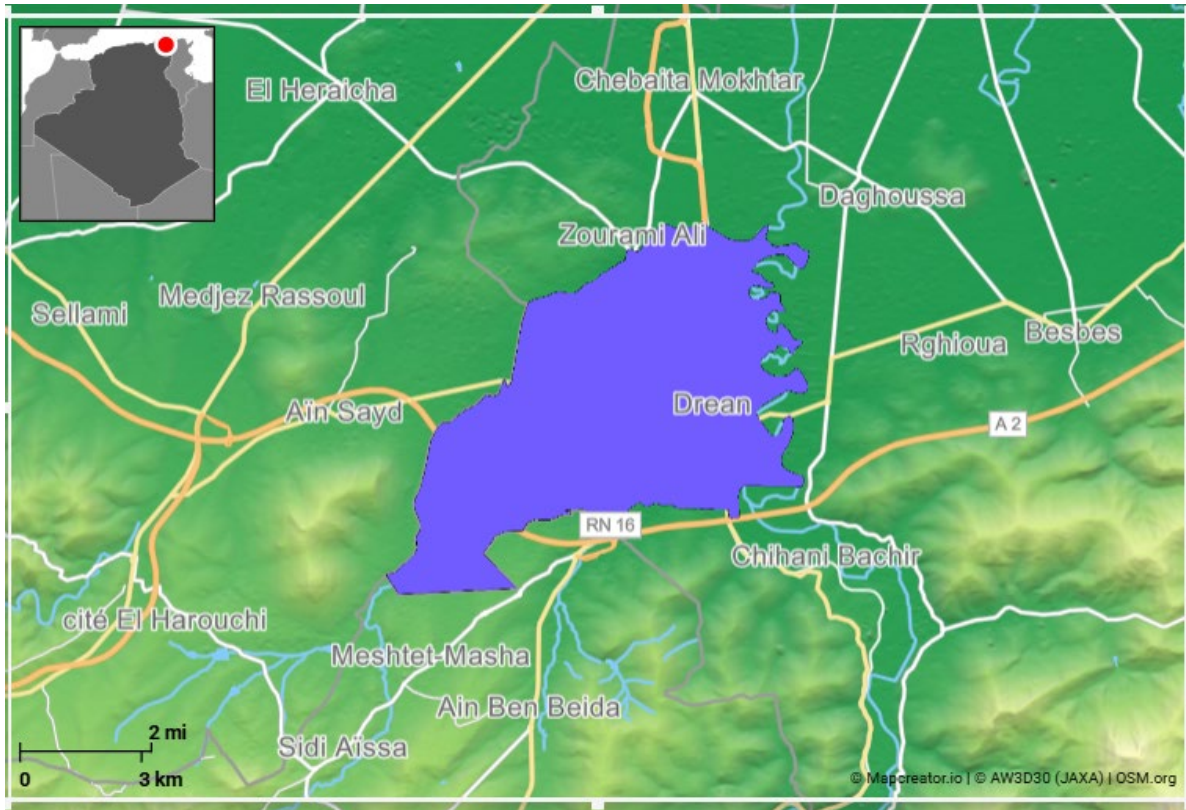
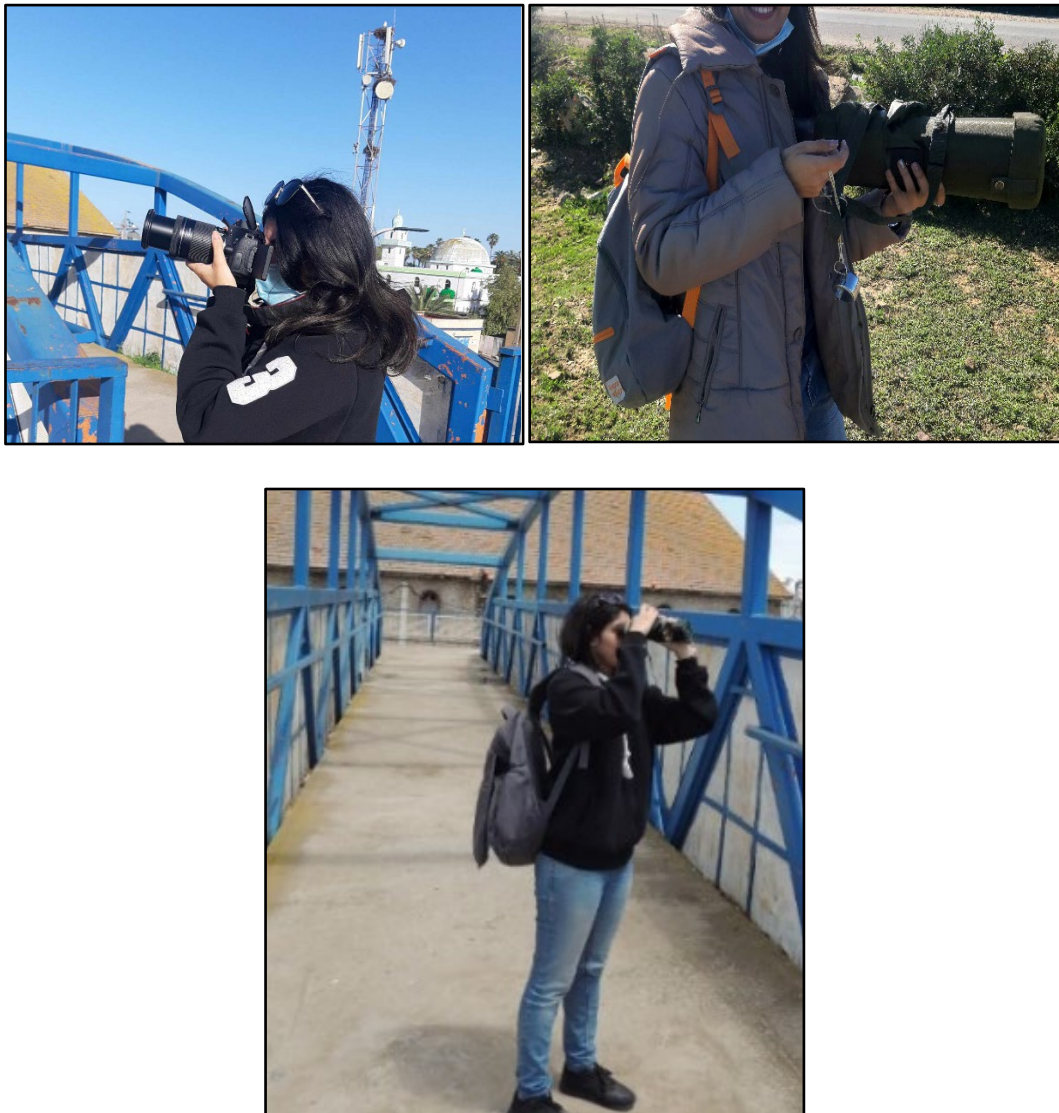


Figure 12 : carte de la commune de Drean wilaya d'El Taref (Mapcreator 2025)

Dréan ($36^{\circ}41'00''$ N, $7^{\circ}45'00''$ E) est la plus petite des trois zones (48 km^2) mais la plus densément peuplée en milieu rural (785 hab./km^2). Son paysage est dominé par des cultures et des villages disséminés, avec une urbanisation limitée à son chef-lieu, ce qui en fait un véritable refuge pour la faune sauvage et les pratiques agricoles traditionnelles. (ONS, 2008).

2.3.2. Méthode d'étude du cycle biologique de l'espèce étudiée

Durant la période d'étude, nous avons noté les tous les éléments permettant le suivi les stades phénologiques de l'espèce. Les dates d'arrivée et de départ, les dates des premières pontes, les périodes des couvaisons et d'élevages des jeunes, les dates d'envols des cigogneaux et les dates du départ total des cigognes. L'observation des colonies est effectuée de loin à d'une paire de jumelles Breakeroptical, modèle 7×50, 119m/1000m, JL=99888, parfois d'un télescope (Gross x80), mais le plus souvent d'un appareil photo Canon EOS 600D pour éviter le dérangement au maximum. Après l'installation des premiers individus dès le début du mois de décembre. L'occupation des nids a été définie par le premier jour où l'individu est vu perché, défendre ou construire son nid (VERGARA et al., 2007b).



Photos 13 : Matériels d'observation (clichés Sakraoui Walid, 2020 /2021)

2.3.3. Méthode d'étude de la stratégie de nidification de la cigogne blanche

Pour explorer les changements dans la stratégie de nidification des cigognes, une étude a été menée dans trois localités, chacune couvrant une superficie homogène d'environ 50 km². Les supports de nidification ont été répertoriés en différentes catégories, notamment les poteaux électriques, les arbres (morts ou vivants), les toits, et une catégorie "autres" (minaret pour la hauteur, statue, panneau publicitaire, epouventail, réservoir d'eau...ect).

La cigogne blanche préfère construire ses grands nids dans des environnements urbains, ce qui facilite leur repérage et leur observation pendant la saison de reproduction. Les données sur la population, la localisation des nids et le succès de reproduction ont été régulièrement recueillies en suivant des méthodes standard recommandées par la littérature spécialisée (**Creutz 1988, Schulz 1999**).

2.3.4. Etude de l'impact des pylônes à haute et très haute tension :

Notre étude a pour principal objectif d'étudier l'impact des pylônes électriques à haute et très haute tension sur la reproduction de la cigogne blanche (*Ciconia ciconia*), en comparaison avec les nids situés sur des pylônes à basse ou moyenne tension, ainsi qu'avec les nids installés sur des arbres (sans tension électrique). L'objectif est de comprendre si la présence de ces infrastructures avec les ondes électromagnétiques qui y sont associées, influence les paramètres de reproduction de la cigogne blanche, notamment le succès reproducteur (**Garrido et Fernández-Cruz 2003 ; Kosicki 2010**).

Pour cela un échantillon de 30 nids a été suivi pour chaque catégorie de support de nidification, à savoir les nids situés sur des pylônes électriques à haute/très haute tension, ceux sur des pylônes électriques à basse/moyenne tension, ainsi que les nids installés sur des arbres sans tension électrique. Les nids ont été sélectionnés de manière aléatoire mais dans une même portion géographique pour éviter les biais du à l'environnement.

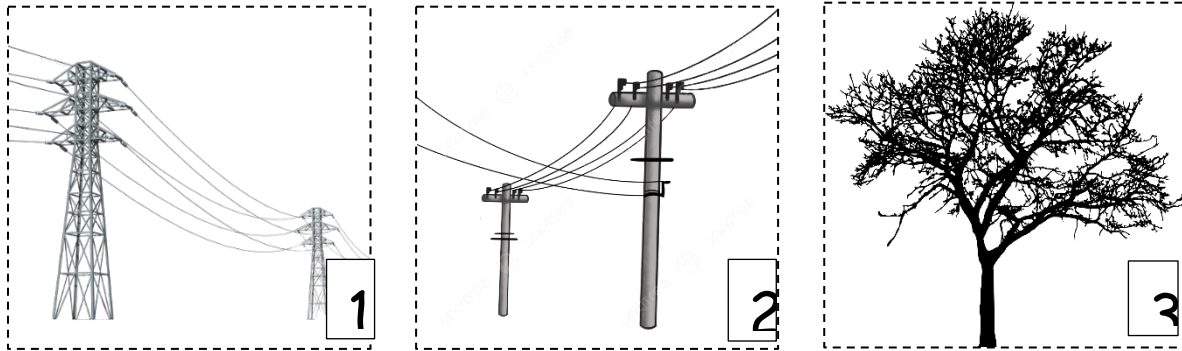


Figure 14 : Les trois supports de nidification étudiés : 1 poteaux a haute/ très haute tension, 2 poteaux moyenne/basse tension, 3 supports sans tension électrique

La collecte des données s'est déroulée dès l'arrivées des cigognes début décembre jusqu'en aout pour couvrir toute la période reproduction en enregistrant toutes les données qui permettent le suivis du succès reproductif de la cigogne tel que la dates d'arrivée des cigognes sur le site de nidification, dates de début de la ponte, nombre de jeunes éclos par nid. Et survie des jeunes jusqu'à l'envol. Ainsi que toute observation pertinente concernant le comportement des cigognes en relation avec le type de support de nidification.

Les méthodes de collecte des données par observation ont été adaptées à partir des protocoles utilisés dans des études similaires sur la reproduction des oiseaux nicheurs (**Grosbois et al., 2008; Aguirre et Vergara, 2009**).



Photo 15 : Prospection et reconnaissance des lignes à haute et très haute tension (cliché Sakraoui Walid 2021)

Tableau 4 : Type de poteaux électrique en Algérie (source Sonalgaz) :

| Type de Poteau | Tension | Utilisation | Espacement (m) | Impact Électromagnétique (μ T) | Chaleur Émise ($^{\circ}$ C) |
|---------------------------|----------------|---------------------------|----------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Très Haute Tension | > 400 kV | Transport longue distance | 300 - 400 | 0,1 - 0,5 | 40 - 75 (en fonction de la charge) |
| Haute Tension | 60 kV à 150 kV | Transport régional | 100 - 200 | 0,05 - 0,2 | 35 - 60 |
| Moyenne Tension | 1 kV à 60 kV | Distribution urbaine | 50 - 100 | 0,01 - 0,05 | 30 - 50 |
| Basse Tension | < 1 kV | Distribution finale | 10 - 30 | < 0,01 | 25 - 35 |

Explications des Colonnes

- Tension : Les niveaux de tension associés à chaque type de poteau.
- Utilisation : Le rôle principal de chaque type de poteau dans le réseau électrique.
- Espacement : La distance moyenne entre les poteaux de chaque type.
- Impact Électromagnétique (μ T) : Les niveaux typiques de champs électromagnétiques mesurés à proximité des poteaux.
- Chaleur Émise ($^{\circ}$ C) : La température atteinte par les conducteurs en fonction de la charge et des conditions environnementales.

2.3.5. Impact des ondes électromagnétiques sur la reproduction de la cigogne blanche :

Les ondes électromagnétiques se définissent comme une propagation d'une perturbation électrique. Elles peuvent aussi bien se propager dans l'air, dans le vide que dans n'importe quel corps. Elle n'a pas besoin de support. Les ondes électromagnétiques sont composées à la fois

d'un champ électrique et d'un champ magnétique. Ce sont des perturbations du champ électromagnétique, comme le son (onde sonore) est une perturbation de la pression de l'air. Ces ondes électromagnétiques se déplacent dans l'air et le vide à la vitesse de la lumière, soit 300000 kilomètres par seconde. Une onde électromagnétique est donc la combinaison de deux perturbations ; l'une est électrique, l'autre est magnétique. Ces deux perturbations oscillent dans le même temps mais dans deux plans perpendiculaires. Une onde électromagnétique peut donc se concevoir comme une perturbation électrique qui se propage. **(Fernie et Reynolds 2005, Balmori 2005).**

Les antennes relais de téléphonie mobile, également appelées stations de base, sont des émetteurs-récepteurs qui acheminent les appels du réseau auquel elles sont connectées vers les téléphones mobiles situés dans leur zone de couverture (de quelques dizaines de mètres à plusieurs kilomètres), et sont installées généralement sur des pylônes, des édifices publics, au sommet d'immeubles de bureaux et de bâtiments d'habitation...etc. Pour émettre, une antenne rayonne horizontalement et verticalement. Horizontalement, elle émet dans un cône d'environ 120°, afin de couvrir une zone à 360° on place 3 antennes très proches. En milieu rural, ces antennes émettent pour couvrir des étendues de 10 à 30 kilomètres (la surface couverte étant plus grande, chaque utilisateur dispose de moins de débit, alors qu'en milieu urbain plus densément habité,



Photo 16 : Antennes relais de réseau de téléphonie mobile (clichées Sakraoui.D 2020)

En Europe comme aux USA la puissance d'expositions maximal toléré est de 63V/m, mais les normes varient d'un pays à l'autres, voici un tableau ressassant les différents seuils de tolérance par pays (Tab 5).

Tableau 5 : Seuil de tolérance d'expositions aux ondes électromagnétiques par pays :

| Pays /villes | Puissance V/m |
|---------------------|----------------------|
| Toscane | 0.5 |
| Autriche | 3 |
| Luxembourg | 3 |
| Suisse | 4 |
| Italie | 6 |
| Pologne | 6 |
| Russie | 6 |
| Chine | 6 |
| Belgique | 20 |
| France | 58 |

En Algérie, seule la décision n°82 du 9 décembre 2015 de l'ARPT a émis un message d'avertissement clair à l'ensemble des opérateurs de la téléphonie indiquant que le niveau d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les installations radioélectriques doit être inférieur à 61 volts par mètre (V/m) pour la 3G, et entre 41V/m et 58V/m pour la 2G. Les membres du conseil de l'ARPT ont recommandé également aux opérateurs de ne pas dépasser les 28 V/m sur les sites dits "sensibles" : Il s'agit des crèches, des établissements scolaires et des hôpitaux. Ces normes restent extrêmement élevées quand on sait que les associations anti ondes à travers le monde se sont accordées pour une limitation à 0.6V/m. Selon la distance avec l'antenne relais, la puissance des ondes varient, il est d'ailleurs interdit se trouver dans les alentours de 2 mètres d'une antenne relais pour éviter le faisceau principal.

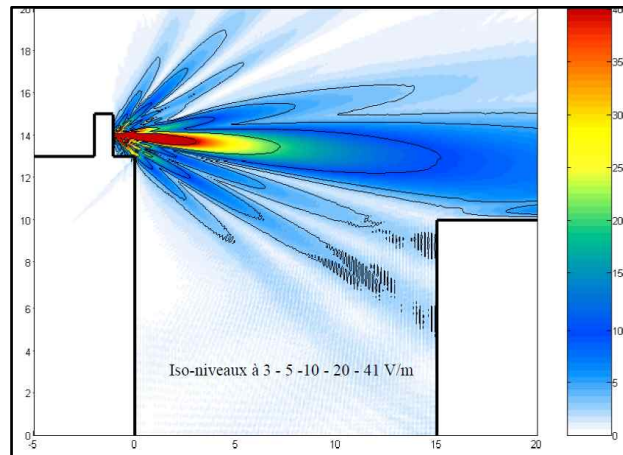


Figure 17 : Pic d'exposition au contact d'une antenne relais d'après le rapport d'Alain GEST 2009

A partir de tous ces éléments, nous avons entrepris un travail qui s'est étalé sur deux années successives 2020 et 2021. Nous avons suivi la phénologie de la reproduction de l'espèce, à raison de 2 sorties par semaine, à partir d'observations réalisées par des jumelles (Breakeroptical, modèle 7×50, 119m/1000m, JL=99888), et d'un appareil photo (Nikon P500). Les nids situés au niveau des 3 régions (Ben M'hidi, Dréan, Berrahal) ont été dénombrés afin d'estimer la population de Cigogne blanche de chaque localité. Les observations ont débuté avec l'arrivée des cigognes, elles ont englobé la période de construction et entretien des nids, et la période de ponte jusqu'à l'envol des cigogneaux.

Nous avons procédé à une sélection de nids en fonction de leur proximité des antennes relais (tout en prenant compte de l'homogénéité de l'âge des cigognes pour éviter d'éventuels biais).

Le calcul des distances a été réalisé grâce à la géolocalisation des nids et des antennes (GPS). Nous avons suivi le protocole proposé par (Balmori 2004), pour définir les distances selon lesquels les individus sont plus exposés (-200m) ou moins exposés (+300m) aux radiations émises par les antennes relais. Nous avons considéré les nids se trouvant directement sur les antennes relais (0m de distance) comme un groupe à part.

-Au total 140 nids ont été sélectionnés (Table 4), ils ont été séparés en trois groupes :

-Le 1^{er} groupe G1 est composé des nids situés à 0 m des antennes relais, soit posés sur les émetteurs des ondes électromagnétiques.

-Le 2^{ème} groupe G2 sont les nids à moins de 200 m des antennes relais.

-Le 3^{ème} groupe G3 se compose des nids éloignés d'au moins 300 m de toutes antennes relais.

Tableau 6 : Nombre et distance des nids par rapport aux antennes relais de téléphonie mobile

| Groupes | Distance des nids/ antennes | Nombre de nids étudiés |
|---------|-----------------------------|------------------------|
| G1 | 0 m (sur les émetteurs) | 27 nids |
| G2 | 2 m-164 m (- 200 m) | 43 nids |
| G3 | 315 m – 548 m (+ 300 m) | 70 nids |

En prenant en compte ces distances, nous avons pu évaluer l'impact potentiel de l'exposition aux ondes électromagnétiques émises par les antennes relais de téléphonie mobile sur la reproduction des cigognes blanches dans les zones étudiées. Le principal paramètre étudié dans cette étude est le succès de la reproduction, plus précisément le succès à l'envol car l'inaccessibilité des nids surtout sur les antennes rends impossible la vérification du succès à l'éclosion.

2.4. Analyse statistique des données :

La représentation graphique de nos résultats a été faite sous forme d'histogrammes et de secteurs. Les matrices ont été établies sous Excel pour le calcul des différents paramètres de reproduction, et de l'analyse de la stratégie de nidification. Nous avons établis des comparaisons des fréquences d'occurrences par le test « t de student », grâce au logiciel « Minitab » (eds. 2017) et nous avons calculé le coefficient de Pearson (χ^2), pour l'analyse des variables qualitatives ainsi que des ACP pour l'analyse de différentes variables. Et nous avons compléter par les testes statistique ANOVA et le teste de Tukey pour appyer nos resultats.

RESULTATS ET INTERPRETATION :



"L'équilibre écologique n'est pas une option ; c'est une obligation pour toute espèce vivante."

- Jacques-Yves Cousteau,

III- RÉSULTATS :

1- strategie de nidification et opportunisme chez la cigogne blanche :

- identification des sites préférentiels de nidification

Notre recherche a été réalisée sur les variations dans les stratégies de nidification de la cigogne blanche dans des environnements présentant un gradient d'urbanisation. Cette étude s'est déroulée entre décembre 2019 et juin 2021. L'exploration de diverses zones de la région d'Annaba et El Tarf nous a permis d'identifier trois types d'habitats : urbain (Berrahal), périurbain (Ben M'Hidi) et rural (Drean).

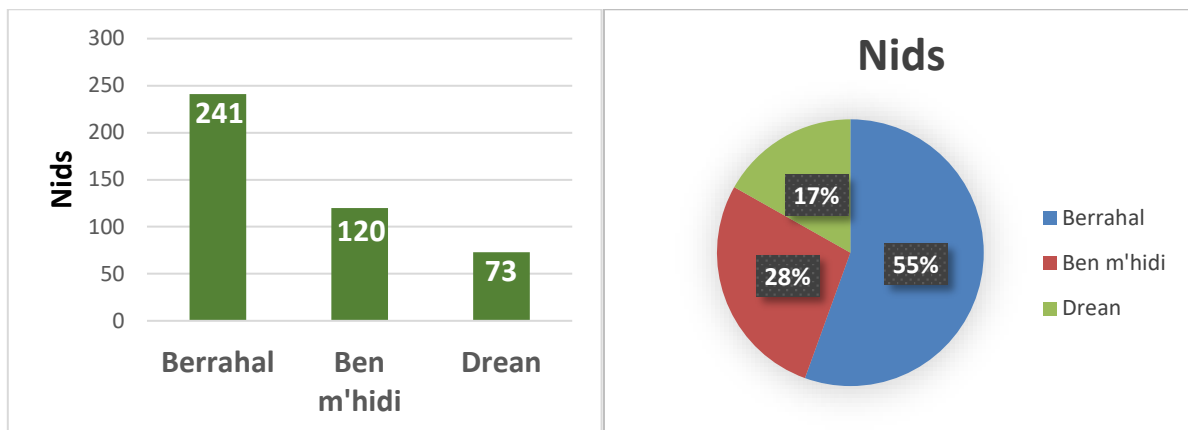


Figure 18 : Répartition des nids de cigognes blanches par localité en nombre et en pourcentage

Les résultats révèlent que la majorité des nids de cigognes blanches se trouvent à Berrahal (milieu urbain), avec un total de 241 nids, soit 55.5% des 434 nids observés. Ben M'Hidi (milieu périurbain) suit avec 120 nids (27.6%), tandis que Drean (milieu rural) en compte 73 (16.8%). Ces résultats suggèrent que le milieu urbain de Berrahal offre des conditions de nidification plus favorables,

-Identification des supports preferentiels de nidification

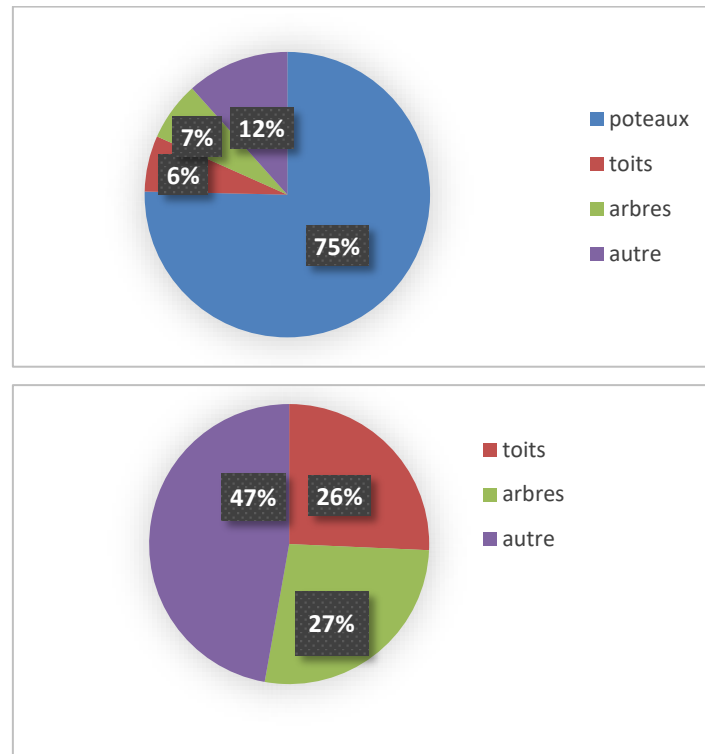
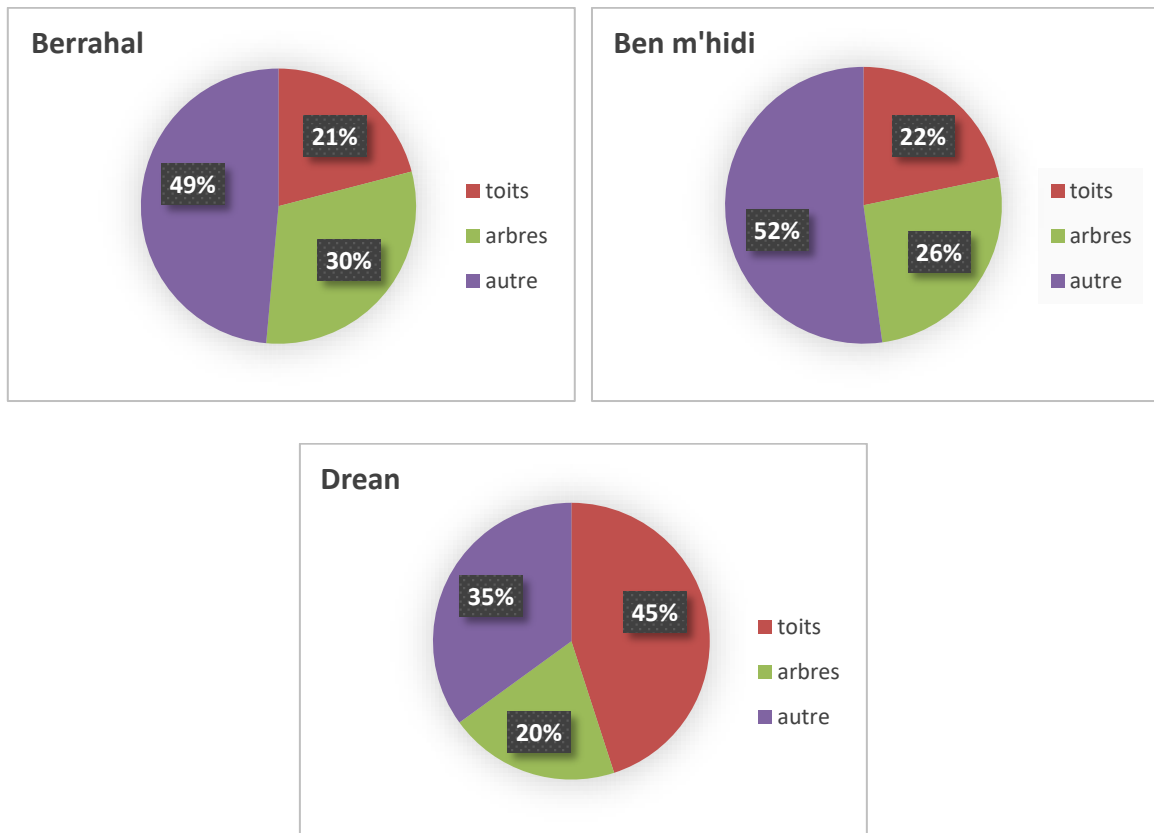


Figure 19 : Répartition par supports préférés de nidification chez les cigognes blanches

Les cigognes blanches utilisent divers supports pour nidifier, avec une prédilection marquée pour les poteaux avec près de 75% de nids sur les poteaux, suivis par la catégorie « autre » qui englobe différentes structure anthropiques (minarets, panneaux publicitaire, réservoir d'eau, etc.) avec 12% des nids observés. Viennent ensuite les arbres et les toits avec, respectivement, 7% et 6% des nids.

En excluant les poteaux, la catégorie « autre » représente pratiquement la moitié (47%) des supports préférés de nidification ce qui suggère probablement un opportunisme évident chez la cigogne. Les toits et les arbres ne représentent que 26% et 27% respectivement.

Ceci est valable dans les différents sites d'étude avec une tendance plus sélective pour les toits (45%) (fig. 10)



Figures 20 : Répartition par supports préférés de nidification chez les cigognes blanches selon le gradient d'urbanisation

-Total d'œufs éclos :

Taille de niché / site

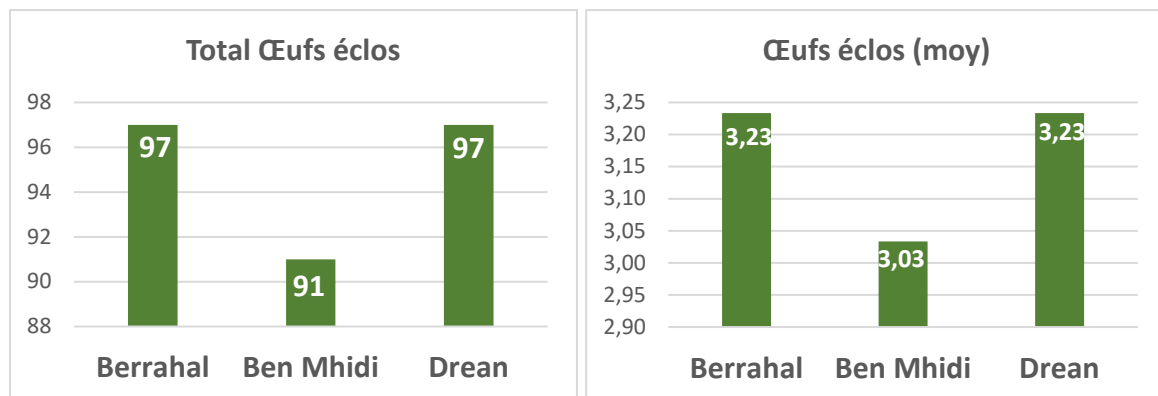


Figure 18 : Nombre et moyenne d'œufs éclos par localité

La niché, est relativement uniforme entre Berrahal et Drean, chacun comptant 97 œufs éclos. Ben M'Hidi, avec 91 œufs éclos, présente un taux légèrement inférieur. La moyenne d'œufs éclos par nid est également similaire entre Berrahal et Drean (3.23 œufs par nid), avec une légère baisse à Ben M'Hidi (3.03 œufs par nid). Ces résultats pourraient indiquer des variations dans les conditions de nidification ou dans la disponibilité des ressources alimentaires entre les degrés d'urbanisation.

Niché / support

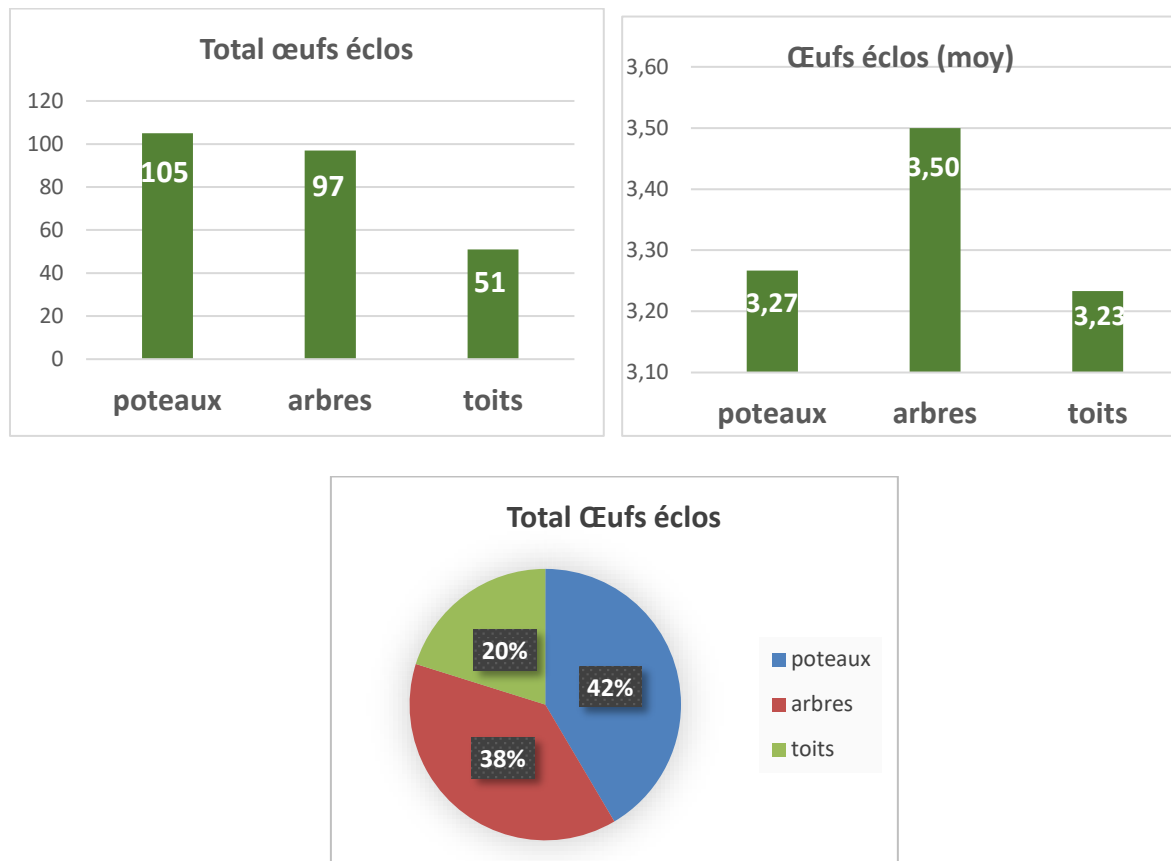


Figure 21 : Nombre total et moyenne d'œufs éclos par type de support

Les poteaux sont les supports de nidification les plus utilisés par les cigognes (42%) totalisant 105 œufs éclos et une moyenne de 3.26 ± 0.63 . Suivis avec un pourcentage de 38 % par les arbres (97 œufs /moyenne de 3.5 ± 0.62 œufs) et par les toits, avec 51 œufs éclos et une moyenne de 3.23 ± 0.56 . soit 20% des œufs éclos.

- Comptage des nids

Le nombre de nids occupés comptabilisés au niveau des 3 localités est de 434 nids/année, soit une population globale de Cigognes blanches estimée à 868 individus. La population de la

Impact de l'anthropisation sur les traits d'histoire de vie de la cigogne blanche *Ciconia ciconia ciconia* (Linné 1775) dans le Nord-Est algérien.

localité de Berrahal est la plus importante, elle compte 241 nids/année soit 282 individus. Elle est suivie par celle de Ben M'hidi qui compte 120 nids/année, soit 240 individus et celle de Dréan qui compte 73 nids/année soit 146 individus (Fig. 2). Les populations de Cigognes blanches des 3 localités sont donc stables puisqu'il n'y a pas de variation annuelle du nombre de nids pour les années 2020 et 2021.

2- Impacte des ondes electromagnetiques des antennes relais

Un total de 140 nids a été etudier sur les 3 localités ils ont été séparés en trois groupes :

-Le 1er groupe G1 est composé des nids situés à 0 m des antennes relais, soit posés sur les émetteurs des ondes électromagnétiques.

-Le 2ème groupe G2 sont les nids à moins de 200 m des antennes relais.

-Le 3ème groupe G3 sont des nids éloignés d'au moins 300 m de toutes antennes relais.

La répartitions des antennes sur la région étudiée a donné une répartitions par localités comme suit : le nombre de nids sur les antennes (distance=0m) est de 8 nids/année dans la région de Ben M'hidi, 4 nids/année dans la région de Berrahal et 15 nids/année dans la région de Dréan soit un total de 27nids directement sur l'anntenne relais (Fig.23) ; (tab6)

En ce qui concerne les nids situés à -200m des antennes relais, nous avons enregistré 14 nids/année dans la région de Ben M'hidi, 9 nids/année dans la région de Berrahal et 20 nids/année dans la région de Dréan soit un total de 43 nids a moins de 200 m de toutes années relais (Fig.23) et (Tab 6)

Pour le groupe de nids situé à + 300m, nous avons comptabilisé 22 nids/année dans la région de Ben M'hidi, 13 nids/année dans la région de Drean et 35 nids/année dans la région de Berrahal. Soit un total de 70 nids a plus de 300m de toutes annetes relais (Fig 23 et Tab 6)

Aucune variation annuelle du nombre de nids dans et autour des antennes relais n'est à signaler, le nombre de nids est identique pour les deux années 2020 et 2021.

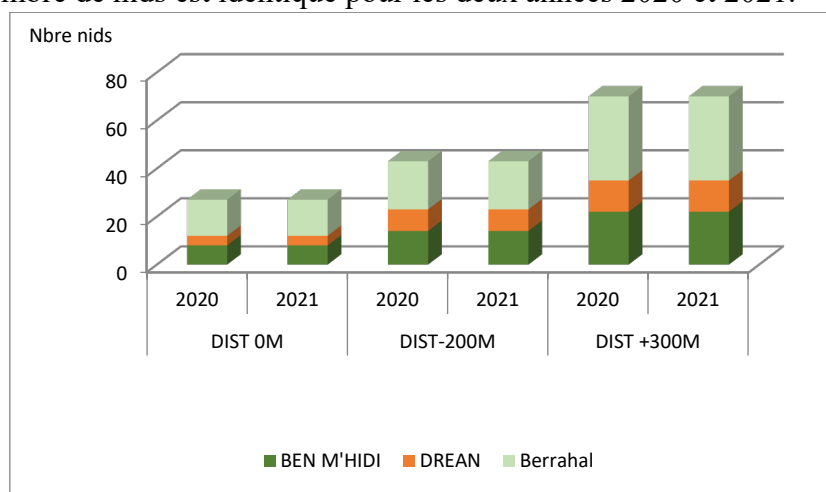


Figure 22 : Distance des nids par rapport aux antennes relais

- Taille des nichées

Le nombre de jeunes au nid varie de 0 à 4 cigogneaux par nid au niveau des 3 sites. Les nichées sans petits existent exclusivement sur les antennes relais (G1) alors que ceux de 4 jeunes sont surtout fréquents dans les nids situés à + 300m des antennes (Table 2).

Les nids comportant uniquement un jeune sont fréquents dans les nichées de G1 et G2, ils sont absents ou faiblement représentés dans le groupe G3.

Les nids comportant deux jeunes sont faiblement représentés dans les nichées du groupe G1 mais sont quasi-équitablement dans les groupes G2 et G3.

Enfin les nichées à 3 et 4 jeunes sont absentes du groupe G1. Celles de 3 jeunes sont légèrement plus présentes dans le groupe G3 et celles de 4 jeunes sont quasi-absentes du groupe G2 (Table 7).

Table 7: Fréquences des nichées de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia ciconia*

| | Ben M'hidi | Dréan | Berrahal | | Ben M'hidi | Dréan | Berrahal |
|----------------------------|----------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|
| 2 0 2 0 | G1 -G2 - G3 | G1- G2- G3 | G1 -G2 - G3 | 2 0 2 1 | G1 -G2 -G3 | G1-G2- G3 | G1 -G2 - G3 |
| % nids à 0 jeunes | 50 - 0 - 0 | 75 - 0 - 0 | 46.66 - 0 - 0 | | 50 - 0 - 0 | 25 - 0 - 0 | 46.66 - 0 - 0 |
| % nids à 1 jeune | 37 - 35.71 - 4.54 | 25 - 33.33 - 0 | 40 - 20 - 5.71 | | 25 - 7.14 - 4.54 | 25 - 11.11 - 0 | 33.33 - 20 - 0 |
| % nids à 2 jeunes | 12.5 - 28.57 - 27.27 | 0 - 55.55 - 36.46 | 13.33 - 45 - 40 | | 25 - 57.14 - 27.27 | 0 - 66.66 - 30.76 | 20 - 50 - 37.14 |

| | | | | | | | |
|-------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|--|----------------------|----------------------|-------------------|
| % nids à 3 jeunes | 0 - 35.71 - 36.36 | 0 - 11.11- 46.15 | 0 - 30 - 31.42 | | 0 - 28.57 - 45.45 | 0 - 33.33 - 53.84 | 0 - 30 - 37.14 |
| % nids à 4 jeunes | 0 - 0 - 31.81 | 0 - 0 - 15.38 | 0 - 20 - 22.85 | | 0 - 7.14 - 22.72 | 0 - 0 - 15.38 | 0 - 0 - 25.71 |

- Jeunes au nid

Le groupe de nids situé sur les antennes relais (G1) possède dans la localité de Ben M'hidi un nombre moyen de jeunes de 0.62 en 2020 et de 0.75 en 2021. Celui situé à Dréan, présente un nombre moyen de jeunes de 0.25 en 2020 et de 1.25 en 2021 et celui situé dans la localité de Berrahal possède un nombre moyen de jeunes de 0.66 en 2020 et de 0.73 (Table 3).

Le groupe de nids situé à -200m des antennes (G2) présente dans le site de Ben M'hidi un nombre moyen de jeunes de 2 en 2020 et de 2.11 en 2021. Celui du site de Dréan, a un nombre moyen de jeunes de 1.77 en 2020 et de 2.11 en 2021 et celui du site de Berrahal présente un nombre moyen de jeunes de 2.2 en 2020 et de 2.11 en 2021 (Table 3).

Le dernier groupe de nids situé à +300m des antennes (G3) a dans le site de Ben M'hidi un nombre moyen de jeunes de 2.95 en 2020 et de 2.86 en 2021. Celui du site de Dréan, a un nombre moyen de jeunes de 2.76 en 2020 et de 2.84 en 2021 et celui du site de Berrahal présente un nombre moyen de jeunes de 2.76 en 2020 et de 2.88 en 2021 (Table 3).

Le nombre de jeunes diffère peu selon les années mais il est significativement variable selon les distances par rapport aux antennes relais. Le nombre de jeunes a tendance à augmenter dans les nids éloignés des antennes relais. L'analyse statistique montre une corrélation positive et significative à Ben M'hidi en 2020 ($r=0.61$, $\alpha=0.05$) et 2021 ($r=0.51$, $\alpha=0.05$), à Dréan en 2020 ($r=0.69$, $\alpha=0.05$) et 2021 ($r=0.60$, $\alpha=0.05$) et à Berrahal en 2020 ($r=0.53$, $\alpha=0.05$) et 2021 ($r=0.65$, $\alpha=0.05$).

**Table 8: Variation du nombre de jeunes au nid par rapport aux antennes relais
(2020-2021)**

| 2020 | Ben M'hidi | Dréan | Berraha I | 2021 | Ben M'hidi | Dréan | Berrahal |
|-------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Moy (sd - n) | Moy (sd - n) | Moy (sd - n) | | Moy (sd - n) | Moy (sd - n) | Moy (sd - n) |
| G1 | 0.62 (0.74 - 8) | 0.25 (0.5-4) | 0.66 (0.72-15) | G1 | 0.75 (0.88-8) | 1.25 (0.95 - 4) | 0.73 (0.79 – 15) |
| G2 | 2 (0.87 - 14) | 1.77 (0.66-9) | 2.2 (0.83-20) | G2 | 2.35 (0.74- 14) | 2.11 (0.60 - 9) | 2.11 (0.79 – 20) |
| G3 | 2.95 (0.89 - 22) | 2.76 (0.72-13) | 2.71 (0.89-35) | G3 | 2.86 (0.83- 22) | 2.84 (0.68-13) | 2.88 (0.79 – 35) |

- Impact des antennes relais sur le succès de la reproduction

Nous avons regroupé les données des 3 sites (Ben M'hidi, Dréan et Berrahal) afin d'analyser l'impact des antennes relais sur le succès de la reproduction des Cigognes blanches.

En 2020, le Groupe G1 (27 nids situés directement sur les antennes relais) a une moyenne de 0,592 jeunes par nid, avec un pourcentage de nids sans jeunes de 51,85%. Le Groupe G2 (43 nids à une distance de moins de 200 m des antennes) a une moyenne de 2,046 jeunes par nid,

sans aucun nid sans jeunes. Le Groupe G3 (70 nids à une distance de plus de 300 m des antennes) a une moyenne de 2,8 jeunes par nid, sans aucun nid sans jeunes (Table 8).

En 2021, les tendances restent similaires. Le Groupe G1 a une moyenne de 0,814 jeunes par nid, avec un pourcentage de nids sans jeunes de 40,70%. Le Groupe G2 a une moyenne de 2,186 jeunes par nid, sans aucun nid sans jeunes. Le Groupe G3 a une moyenne de 2,87 jeunes par nid, sans aucun nid sans jeunes (Table 8).

Table 9 : Variation globale du succès de la reproduction

| 2020 | Nombre total de nids | Nombre total de jeunes | Moyenne des jeunes/nid | % de nids sans jeunes |
|-------------|----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| G1 | 27 | 16 | 0.59 | 51.85% |
| G2 | 43 | 88 | 2.04 | 0.00% |
| G3 | 70 | 196 | 2.80 | 0.00% |
| 2021 | | | | |
| G1 | 27 | 22 | 0.81 | 40.70 |
| G2 | 43 | 94 | 2.18 | 0.00% |
| G3 | 70 | 201 | 2.87 | 0.00% |
| | | | | |

| 2020 | Nombre de nids | nombre total de jeune | Moyennes de jeunes par nids | pourcentage de nids sans jeunes |
|-------------|----------------|-----------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Groupe 1 | 27 | 16 | 0,592 | 51.85% |
| Groupe 2 | 43 | 88 | 2,046 | 0,00% |
| Groupe 3 | 70 | 196 | 2,8 | 0,00% |
| 2021 | | | | |
| Groupe 1 | 27 | 22 | 0,814 | 40.70%. |
| Groupe 2 | 43 | 94 | 2,186 | 0,00% |
| Groupe 3 | 70 | 201 | 2,871 | 0,00% |

Les résultats du test T apparié ne montrent pas de différence significative (p -value = 0,162) entre les années 2020 et 2021.

En ce qui concerne la moyenne des jeunes/nid, l'analyse de variance (ANOVA) révèle une différence très hautement significative entre les groupes (G1, G2, G3) ($F = 122,21$, $p < 0,0001$).

Les comparaisons multiples de Tukey montrent des différences significatives entre les moyennes des groupes, avec G2 et G3 ayant des moyennes plus élevées que G1.

De plus, l'analyse de la régression linéaire entre la distance par rapport aux antennes relais (DIST) et le nombre moyen de jeunes par nid (NJ), montre une relation significative très hautement significative ($p < 0,0001$). L'équation de régression est $DIST = -68,8 + 141$ (Fig.4).

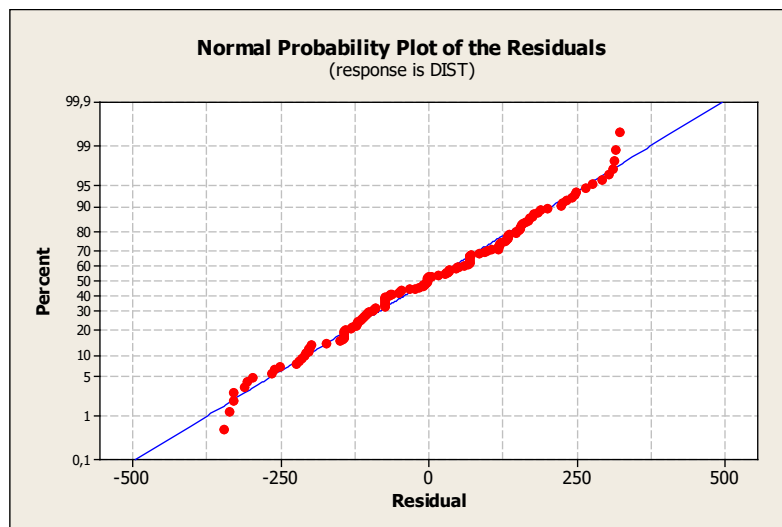


Figure 23 : Droite de régression (Nombre de jeunes-distance des nids)

Ces résultats suggèrent que la proximité des nids aux antennes relais de téléphonie mobile affecte la reproduction des cigognes. Les nids situés directement sur les antennes ont un succès reproductif très faible. Plus on s'éloigne des antennes, plus le succès de reproduction augmente, les nids situés à plus de 300 mètres des antennes ont un taux plus élevé.

3- impact les lignes a haute et tres autre tension sur le cycle reproductif de la cigogne blanche :

Cette étude compare l'impact des ondes électromagnétiques émises par des poteaux électriques de haute et très haute tension, de moyenne et basse tension, ainsi que des arbres (sans tension), sur le cycle reproducteur de la cigogne blanche. Les résultats couvrent la période de décembre 2020 à août 2021 et se concentrent sur les différentes phases de reproduction des cigognes : couvaison, éclosion, et envol. L'objectif est d'analyser comment ces environnements affectent le nombre d'œufs pondus, leur éclosion, et la survie des jeunes cigognes en fonction du niveau d'exposition aux ondes électromagnétiques des poteaux électriques.

Le graphique présente la moyenne d'œufs éclos par nid : **2,96 œufs** par nid en haute et très haute tension, **3,26 œufs** par nid en basse et moyenne tension, et **3,43 œufs** en absence de tension ce qui nous laisse penser que les cigognes situées dans des environnements avec une exposition élevée aux ondes semblent avoir des éclosions moins nombreuses par nid, probablement en raison des perturbations induites par les champs électromagnétiques. Cela suggère que les ondes pourraient affecter le développement embryonnaire et la survie des œufs. Ce qui expliquerait le fait que les cigognes nichant près des poteaux à haute tension montrent une moyenne d'éclosions plus faible par nid, indiquant un effet néfaste des ondes sur le taux d'éclosion.

- Cycle reproductif des nids sur les poteaux a haute et tres haute tension :

Tableau 10 : Moyenne de nombres d'œufs éclos en fonction du niveau de tension des poteaux électriques :

| Niveau de tension | haute/très haute | basse/moyenne | arbre (0 tension) |
|---------------------|------------------|---------------|-------------------|
| Nombre d'œufs éclos | 2,97 | 3,27 | 3,43 |

Impact de l'anthropisation sur les traits d'histoire de vie de la cigogne blanche *Ciconia ciconia ciconia* (Linné 1775) dans le Nord-Est algérien.

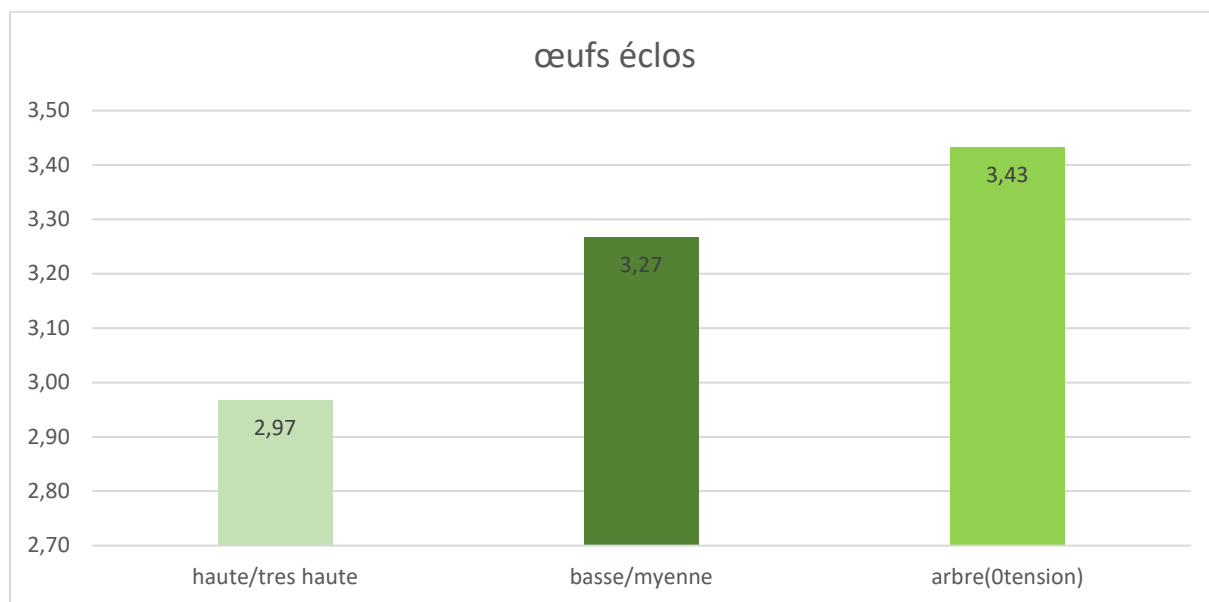


Figure 22 : Moyenne d'œufs éclos par nid

Si on décortique de plus près quelques dates clés on peut obtenir quelques résultats intéressants :

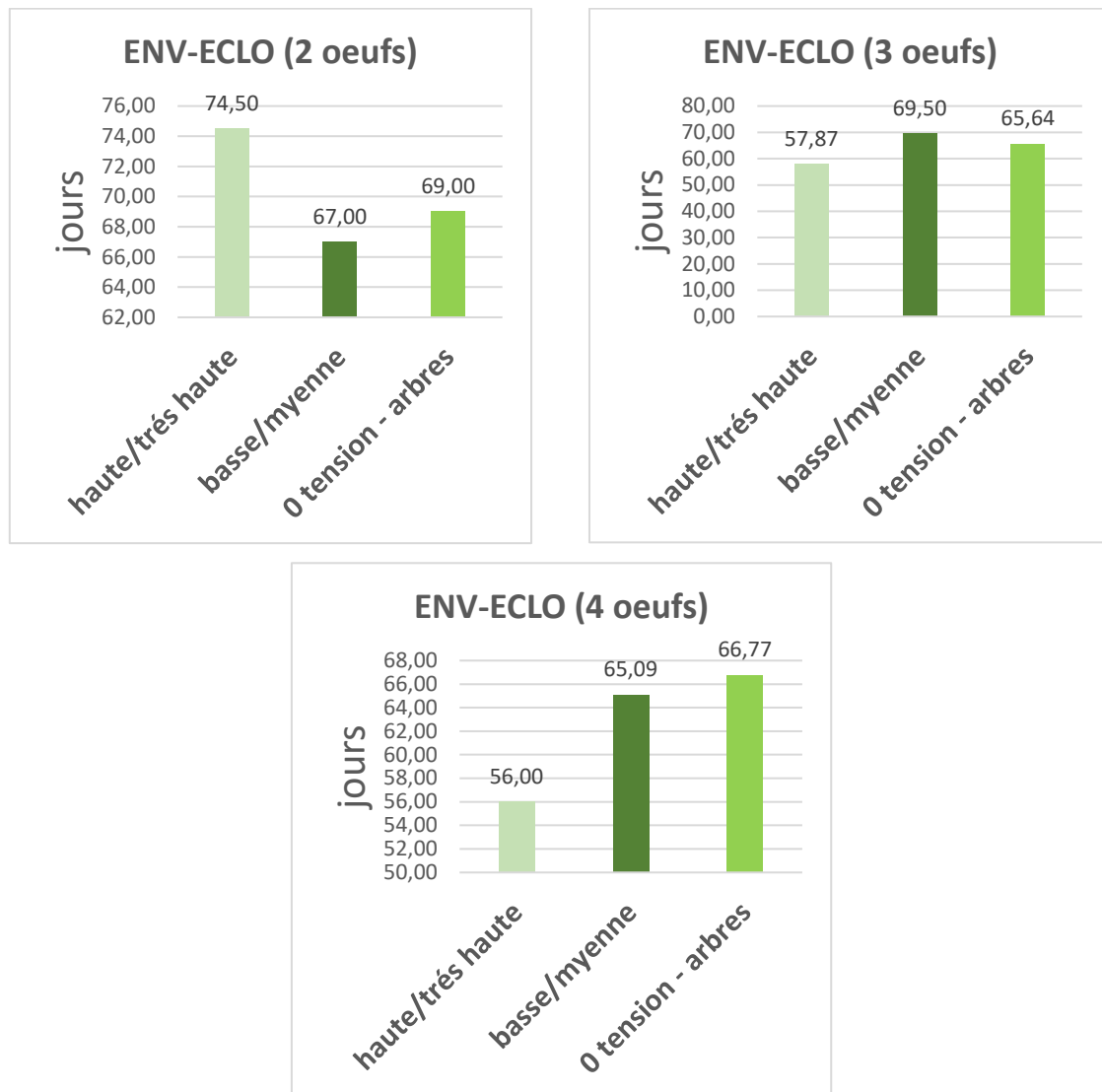


Figure 24 : Intervalle de jours entre l'éclosion et l'envol (ENV- ECLO)

La moyenne l'intervalle entre l'éclosion et l'envol est légèrement plus courte dans les environnements à haute et très haute tension (**62 jours**) comparé à **67 jours** en basse et moyenne tension, et **67.13 jours** dans les zones sans tension.

L'analyse par catégorie illustre clairement pour les lignes à très haute tension une corrélation négative entre le nombre d'œufs et le temps d'envol, ce qui pourrait être induit par la chaleur émise par les poteaux à haute tension, accélérant ainsi la maturation des cigogneaux.

La moyenne de l'intervalle entre la couvaison et l'éclosion varie légèrement selon les différents environnements. Les nids situés à proximité de poteaux à haute et très haute tension ont un intervalle de **33.24 jours**, tandis que ceux dans des zones à basse et moyenne tension montrent un intervalle légèrement plus long (**34.10 jours**), et ceux sans tension présentent un intervalle de **34,05 jours**.

Pour les nids a 2 œufs on voit clairement l'impact des ondes électromagnétiques sur la durée « couvaison – éclosion »

L'écart se creuse légèrement chez les nids à 3 ou 4 œufs mais on garde la même tendance ou les nids sur les poteaux à haute tension éclosent plus vite, probablement due à la chaleur ou à un stress environnemental qui ne laisse pas le temps à un développement embryonnaire « normal » même si la différence est infime.

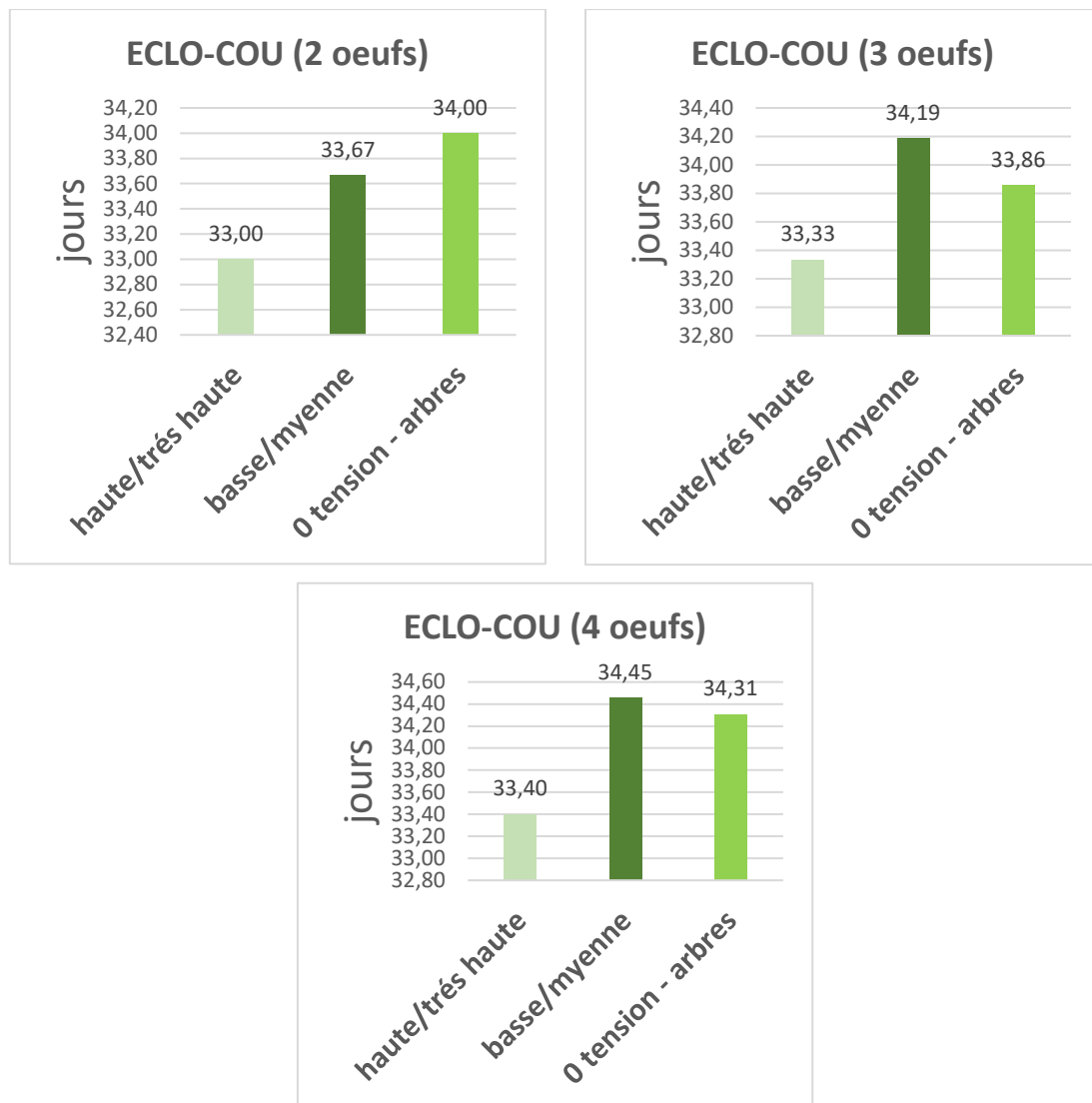


Figure 25 : Intervalle de jours entre la couvaison et l'éclosion (ECLO-COUV)

Tableaux 11 : Moyenne et Écart-Type des Intervalles ENV-ECLO et ECLO-COU en Fonction des Niveaux de Tension :

| | haute/tres haute | basse/myenne | Arbre (0tension) |
|----------|------------------|--------------|------------------|
| ENV-ECLO | 58,95 ± 9,07 | 67,63 ± 4,83 | 66,27 ± 7,91 |
| ECLO-COU | 33,32 ± 0,47 | 34,23 ± 0.62 | 34,07 ± 0,73 |

- ANOVA (ENV-ECLO/ haute/tres haute-basse/myenne-arbre (0tension))

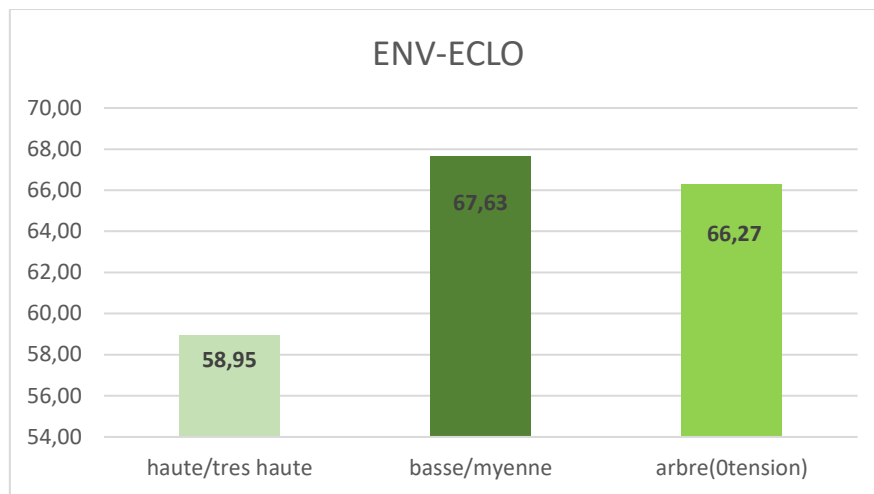


Figure 26 : Interval entre l'eclosion et l'envole (en jours)

| Test for equal means | | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------------------|
| | Sum of sqrs | df | Mean square | F | p (same) |
| Between groups: | 1057.09 | 2 | 528.545 | 9.521 | 0.0001975 |
| Within groups: | 4385.79 | 79 | 55.5163 | | Permutation p (n=99999) |
| Total: | 5442.88 | 81 | | | 0.00017 |
| Components of variance (only for random effects): | | | | | |
| Var(group): | 17.4722 | Var(error): | 55.5163 | ICC: | 0.239383 |
| <i>omega</i> ² : | 0.1721 | | | | |
| Levene's test for homogeneity of variance, from means | | | | p (same): | 0.7058 |
| Levene's test, from medians | | | | p (same): | 0.6202 |
| Welch F test in the case of unequal variances: F=7.856, df=43.87, p=0.001213 | | | | | |

Tukey's Q below the diagonal, p(same) above the diagonal.
Significant comparisons are pink.

| | haute/tres haute | basse/myenne | arbre(0tension) |
|------------------|------------------|--------------|-----------------|
| haute/tres haute | | 0.0002437 | 0.00222 |
| basse/myenne | 5.869 | | 0.7581 |
| arbre(0tension) | 4.944 | 1.005 | |

Les moyennes et écarts-types sont respectivement de :

Haute/Très haute tension : $58,95 \pm 9,07$. Tension Basse/Moyenne : $67,63 \pm 4,83$. Arbres (0 tension) : $66,27 \pm 7,91$

L'analyse ANOVA ainsi que le texte de Tukey montrent des différences très hautement significatives entre les catégories haute/très haute tension avec les arbres, ainsi que basse / moyenne avec les arbres ($p < 0,001$). Cela indique que la tension électrique influence fortement l'intervalle entre l'arrivée et l'éclosion. Les nids situés sur des supports haute ou très haute tension présentent des valeurs plus basses, suggérant que l'exposition à des champs électromagnétiques peut raccourcir cet intervalle.

- ANOVA (ECLO-COUV/ haute/tres haute-basse/myenne-arbre (0tension))

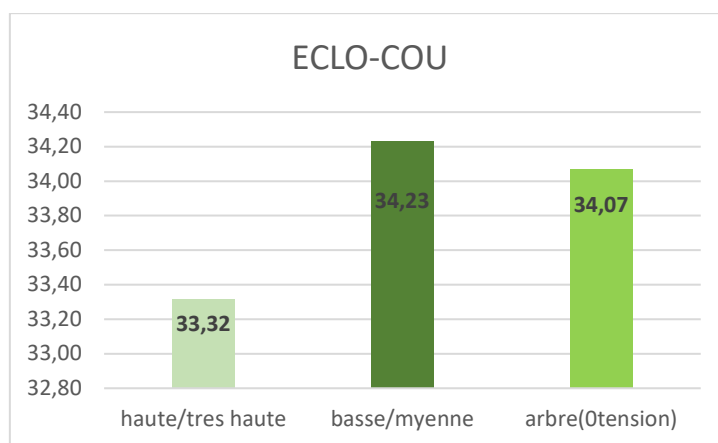


Figure 27 : Interval d'incubation (en jours)

Impact de l'anthropisation sur les traits d'histoire de vie de la cigogne blanche *Ciconia ciconia ciconia* (Linné 1775) dans le Nord-Est algérien.

| Test for equal means | | | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------------------|
| | Sum of sqrs | df | Mean square | F | p (same) |
| Between groups: | 11.5549 | 2 | 5.77746 | 14.26 | 5.156E-06 |
| Within groups: | 32.0061 | 79 | 0.40514 | | Permutation p (n=99999) |
| Total: | 43.561 | 81 | | | 1E-05 |
| Components of variance (only for random effects): | | | | | |
| Var(group): | 0.198437 | Var(error): | 0.40514 | ICC: | 0.328768 |
| <i>omega</i> ² : | 0.2444 | | | | |
| Levene's test for homogeneity of variance, from means | | | | p (same): | 0.4935 |
| Levene's test, from medians | | | | p (same): | 0.7074 |
| Welch F test in the case of unequal variances: F=20.11, df=52.37, p=3.303E-07 | | | | | |

Tukey's Q below the diagonal, p(same) above the diagonal.

Significant comparisons are pink.

| | haute/tres haute | basse/myenne | arbre(0tension) |
|------------------|------------------|--------------|-----------------|
| haute/tres haute | | 6.195E-06 | 0.0002116 |
| basse/myenne | 7.244 | | 0.5702 |
| arbre(0tension) | 5.925 | 1.434 | |

CLO-COU (Intervalle entre l'éclosion et la fin de la couvaison)

Les moyennes et écarts-types sont : Haute/Très haute tension : $33,32 \pm 0,47$. Tension Basse/Moyenne : $34,23 \pm 0,62$. Arbres (0 tension) : $34,07 \pm 0,73$

Le test ANOVA et le teste de Tukey indiquent également une différence statistiquement tres hautement significative ($p < 0,001$) pour cet intervalle entre les catégories : Les nids sur haute/très haute tension ont un intervalle plus court que ceux sur les autres supports, ce qui peut suggérer un impact des champs électromagnétiques sur la durée de la couvaison.

Impact de l'anthropisation sur les traits d'histoire de vie de la cigogne blanche *Ciconia ciconia ciconia* (Linné 1775) dans le Nord-Est algérien.

DISCUSSION :



"Si l'on pense que l'économie est plus importante que l'environnement, essayez de retenir votre souffle pendant que vous comptez votre argent."

- Guy McPherson,

IV- DISCUSSION :

La cigogne blanche : un modèle de prédilection pour étudier l'anthropophilie

Notre problématique s'est construite autour du suivi de la cigogne blanche, une espèce typiquement anthropophile, dont la forte adaptabilité a fait l'objet de nombreux travaux aussi bien sur la phénologie de la reproduction (**Kosicki, 2010; Vergara et al., 2010; Bialas et al., 2020**), que l'exploitation de territoires nouveaux (**Wuczyński, 2006; Bialas et al., 2020**). L'anthropophilie a été observée chez de nombreux taxons, à commencer par les insectes tels que le moustique tigre *Aedes albopictus* (**Roiz et al., 2024; Medlock et al., 2012**), ou encore la mouche domestique, *Musca domestica* (**Geden et al., 2021; Scott et al., 2018**), en passant par les mammifères tels que l'omniprésent rat, dont le Rat brun *Rattus norvegicus* (**Puckett et al., 2016; Himsworth et al., 2013**), aussi appelé rat d'égout, ou le Rat noir *Rattus rattus* (**Aplin et al., 2003; Fichet-Calvet & Lecompte, 2007**).

Cependant les oiseaux restent les candidats idéaux pour les études sur l'anthropophilie en raison de leur visibilité et de leurs interactions fréquentes avec les humains. Ces interactions vont de la recherche de nourriture dans les zones urbaines à la nidification sur des structures artificielles. Parmi les oiseaux anthropophiles les plus connus figure le Moineau domestique *Passer domesticus*, une espèce qui prospère dans les environnements urbains et suburbains, tirant profit de l'abondance de nourriture et de sites de nidification fournis par les habitations humaines. **Anderson (2007)** a documenté de manière approfondie la biologie du Moineau domestique, en mettant l'accent sur son adaptabilité et les avantages conférés par son association étroite avec les humains.

De même, les Pigeons *Columba livia*, en particulier les pigeons ferals, se sont adaptés à la vie urbaine en nichant sur les bâtiments et autres structures artificielles. Leur dépendance aux sources de nourriture et sites de nidification créés par l'homme en fait un exemple de choix (**Giunchi et al., 2012**). L'Étourneau sansonnet *Sturnus vulgaris* illustre également l'anthropophilie, dans le sens où l'espèce s'est bien adaptée aux environnements urbains, nichant souvent dans les cavités des bâtiments (**Linz et al., 2007**). Leur capacité à imiter les sons, y compris les bruits créés par l'homme, illustre leur intégration dans les habitats humains (**Hindmarsh, 1984**).

Un autre exemple notable est l'Hirondelle rustique *Hirundo rustica*, qui construit souvent ses nids dans les granges et autres structures, profitant des insectes qui se rassemblent autour des habitations (**Sakraoui et al., 2005 ; Dadci et al., 2022**). Enfin, on constate que la Cigogne

blanche (*Ciconia ciconia*) est un modèle de prédilection en termes d'anthropophilie puisqu'il remplit toutes les conditions requises pour l'étude de ce phénomène.

D'abord, ce grand échassier est facilement visible et reconnaissable tant par sa grande taille que par l'envergure de son nid. Ensuite, cette espèce est connue pour ses habitudes de nidification sur des structures artificielles telles que les toits, les cheminées et surtout les poteaux électriques. Enfin, cette promiscuité avec l'homme en fait un excellent outil d'analyse des interactions faune - environnements modifiés par l'homme (**Tryjanowski et al., 2009**). Les cigognes blanches n'ont pas seulement changé leur comportement pour s'adapter à l'urbanisation, mais elles exploitent désormais les structures créées par l'homme, comme les poteaux électriques, pour en faire de nouveaux sites de nidification privilégiés (**Tryjanowski et al., 2009**). Ce comportement s'aligne avec celui d'autres espèces anthropophiles, mais la cigogne blanche se distingue par l'ampleur de son opportunisme (**Yavuz et al., 2012**).

Ce phénomène est particulièrement frappant dans notre étude menée entre décembre 2019 et juin 2021 dans les régions d'Annaba et d'El Tarf, qui révèle des tendances nouvelles et fascinantes concernant les préférences de nidification de cette espèce. Les données recueillies montrent que plus de 70 % des nids recensés se trouvent sur des structures anthropiques, ce qui démontre une forte dépendance aux aménagements humains. En raison de la stabilité de ces infrastructures et de la disponibilité de ressources trophiques à proximité, la cigogne blanche maximise son succès reproducteur en occupant ces sites.

L'observation de cette adaptation en milieu urbain et périurbain offre des perspectives uniques sur la manière dont une espèce peut ajuster son comportement en fonction des transformations de son habitat. Ces résultats soulignent que l'anthropophilie de la cigogne blanche n'est pas un simple phénomène isolé, mais une véritable stratégie évolutive qui lui permet d'exploiter des niches écologiques modifiées par l'homme. En exploitant des structures artificielles pour la nidification, elle réduit considérablement les contraintes de recherche de sites naturels adaptés, ce qui peut lui conférer un avantage concurrentiel par rapport à d'autres espèces d'oiseaux ayant des exigences plus strictes en matière de nidification.

Cette capacité adaptative est particulièrement manifeste dans la stratégie de sélection des sites de nidification, qui illustre à quel point cette espèce sait exploiter les opportunités offertes par les milieux urbains. Il est probable que ces nouvelles habitudes influencent également d'autres aspects du comportement des cigognes, comme leurs déplacements et leur organisation sociale. De futures études pourraient approfondir ces interactions en examinant par exemple la fidélité

aux sites de nidification d'une année à l'autre, l'impact des perturbations humaines sur la dynamique des populations et les changements dans les schémas migratoires en lien avec l'urbanisation croissante.

Ainsi, la cigogne blanche représente un modèle d'étude particulièrement pertinent pour mieux comprendre comment certaines espèces fauniques tirent parti des environnements anthropisés, un enjeu majeur dans le contexte actuel de transformation rapide des habitats naturels. Ce phénomène met en lumière la nécessité d'une approche intégrée combinant conservation des espèces et gestion des infrastructures humaines pour assurer la pérennité des populations dans un monde en mutation.

Stratégie de sélection des sites de nidification dans les milieux urbains et opportunisme écologique :

L'opportunisme de la cigogne blanche dans le choix des sites de nidification est particulièrement remarquable. Sur les 434 nids observés, la majorité se trouvent en milieu urbain, avec 55,5 % des nids à Berrahal, suivi par 27,6 % en milieu périurbain à Ben M'Hidi et 16,8 % en milieu rural à Drean. Ces chiffres suggèrent que les zones urbaines offrent des conditions plus favorables, probablement en raison de la disponibilité de structures artificielles stables et accessibles (**Tryjanowski et al., 2009**). Les poteaux électriques représentent les supports de nidification les plus couramment utilisés, avec environ 75 % des nids ce qui représente un changement radicale dans la stratégie de nidification de la cigogne, où l'on observe un nombre décroissant d'individus nichant sur des sites de nidification traditionnels - arbres, toits, cheminées, alors que les poteaux électriques sont de plus en plus sélectionnés (**Gyalus, et al ; 2018**). Ce changement dans les supports de nidification a été signalé dans le monde entier, et principalement en Europe où de nombreuses études ont traité du sujet, en Estonie, par exemple, un nombre important de nids sur des poteaux électriques ont été enregistré en 1984 et sont devenus dominants en 20 ans (**Ots, 2009**). La contribution des poteaux électriques dans les sites de nidification a été multiplié par six en Bulgarie entre 1979 et 1994. Parallèlement, la contribution des arbres a chuté de 50%, (**Petrov et al. 1999**). En Turquie, le poteau électrique était également le type de support le plus choisi lors du dernier recensement (**Yavuz et al. 2012**). En Slovénie, l'apparition de nids sur des poteaux électriques est apparue en 1965. La proportion de ce type était de 40% en 1979 et de 80% depuis 1999 (**Denac, 2010**). Au Portugal, la proportion de nids sur des poteaux électriques est passée de 1% à 25% entre 1984 et 2014, parmi lesquels 60% sont des poteaux haute tension pouvant contenir plusieurs nids (**Moreira et al. 2017**). En Lettonie, la proportion de nids sur des poteaux électriques est passée de 1% à

60% entre 1974 et 2004, (**Janaus & Stipnicee, 2013**). Le même constat a été fait en Algérie, dont une étude récente a été effectuée dans la région d'Annaba avec un pourcentage de 84.13% des nids se trouvant sur des poteaux électriques (**Soltani, 2017**). Cette préférence peut être attribuée à la stabilité et à la hauteur de ces structures, qui offrent une vue dégagée pour la détection des prédateurs et un accès facile aux zones de nourrissage (**Boukhemza et al., 2006**). Autre explication rationnelle reste le changement de l'environnement de la cigogne. Les arbres vieux et robustes qui représentaient l'ancien optimum de la cigogne disparaissent au prix de l'urbanisation croissante. Pour ce qui est des toits ou des cheminées, les habitants des villages détruisent souvent les nids de cigognes ou tentent d'entraver leurs nidifications par divers stratagèmes, ce qui peut expliquer la préférence des cigognes pour les poteaux électriques, plus stables et plus durables, avec une moindre perturbation anthropique (**Tryjanowski ; 2009 ; Gyalus, 2018**).)

Selon **Gyalus et al. (2018)** le rôle des conflits entre cigognes et humains dans la sélection des sites de nidification n'a pas été examiné, probablement en raison de la difficulté à échantillonner les données. D'après (**Ozgo & Boguczki, 1999**) les cigognes nichent le plus près possible de l'habitat optimal même si le support lui-même n'est pas l'optimum, (**Jakab 1989**). **Olsson & Arvid (2014)** ont confirmé cette hypothèse en concluant que les cigognes n'occupent pas des habitats dis optimaux, si les coûts de déplacement à partir du site de nidification le plus proche sont plus importants que le gain en énergie de l'habitat. Ce qui rejoint nos résultats qui montrent que le nombre total d'œufs éclos est relativement uniforme entre les différentes zones étudiées : 97 œufs à Berrahal, 91 à Ben M'Hidi et 97 à Drean. La moyenne d'œufs éclos par nid est similaire à Berrahal et Drean (3,23 œufs par nid) et légèrement inférieure à Ben M'Hidi (3,03 œufs par nid). Ces données indiquent que les cigognes blanches parviennent à maintenir un succès reproducteur stable malgré les variations dans le degré d'urbanisation.

En examinant les performances de nidification par type de support, nous constatons que les poteaux électriques sont les plus efficaces, avec 105 œufs éclos (42 % du total) et une moyenne de 3,26 œufs par nid. Les arbres, bien que moins utilisés, montrent une meilleure performance reproductrice par nid, avec 97 œufs éclos (38 % du total) et une moyenne de 3,5 œufs par nid. Les toits des bâtiments complètent cette répartition avec 51 œufs éclos (20 % du total) et une moyenne de 3,23 œufs par nid. Cette diversité dans le choix des supports souligne l'opportunisme de la cigogne blanche dans l'exploitation des structures disponibles, qu'elles soient naturelles ou artificielles. L'adoption de structures anthropiques pour la nidification comporte des avantages pratiques pour les cigognes blanches. Les poteaux électriques, par

exemple, sont largement disponibles et donc situés partout y compris près des zones de nourrissage, ce qui réduit le temps et l'énergie nécessaires pour la recherche de nourriture ((Tryjanowski et al., 2009; Onmuş et al 2012). Cependant ce support est loin d'être sans danger pour la cigogne, car la moitié des cas connus de mortalité sont liés à une électrocution ou à une collision avec des lignes électriques ou des poteaux électriques, 80% des victimes étant des juvéniles (Lovászi & Rékási 2009). En Europe cette transition soudaine et obligatoire ; en effet depuis le début du 20^{ème} siècle la rénovation des toitures ainsi que l'abatage des arbres pour la création ou l'agrandissement des routes a obligé les cigognes à « déménager » leurs nids sur des supports tels que les poteaux électriques, ce qui a eu un impact négatif sur la population car le succès de la reproduction a chuté de 50% au cours de la décennie suivante (Pelle ; 1999).

En Europe, les cigognes nichent sur des églises, des usines et d'autres structures élevées, démontrant leur flexibilité et leur capacité d'adaptation (Tryjanowski et al ; 2009)

Dans une étude menée au centre de la Pologne, il a été constaté que la nidification sur des poteaux électriques s'étendait le plus rapidement dans les meilleurs habitats. Il est de plus en plus difficile pour les nouveaux venus de s'intégrer à la population à forte densité, car ils doivent choisir un site de nidification proche des zones d'alimentation mais pas trop près des autres couples (Onmuş et al ; 2012)

Cela pourrait expliquer le fait que des individus jeunes nichent sur les poteaux électriques ou autres structures artificielles qu'ils peuvent dénicher alors que les individus plus anciens occupent plus tôt d'autres sites de nidification ou la taille du nid peut être plus conséquente (Vergara et al ; 2010) . Dans une étude précédente, les individus les plus anciens et les plus expérimentés occupent d'abord les nids sur les cheminées et les toits ; qui représente leurs anciens préférés avant la grande urbanisation à travers le monde (Tryjanowski et al., 2009).

L'évolution des stratégies de nidification de la cigogne blanche, notamment sa préférence croissante pour les structures anthropiques comme les poteaux électriques, reflète non seulement son opportunisme mais aussi son interaction complexe avec les environnements urbains. Cette adaptation soulève des questions sur son impact écologique et sur la fitness globale de l'espèce dans ces habitats.

Incidence des habitats urbains sur la fitness de la cigogne blanche

Dans notre étude, les sites urbains offrent non seulement une protection contre les prédateurs, mais sont également situés à proximité des zones de nourrissage, augmentant ainsi les chances de succès reproductif. L'opportunité de la cigogne se manifeste non seulement dans la sélection des supports de nidification, mais touche également la composition du nid, dans le sens où l'espèce utilise de plus en plus d'éléments anthropiques tels que les déchets plastiques, les cartons d'emballages, les bouchons de bouteilles et des morceaux de câble, électriques ou autre. Cette exploitation anthropique peut modifier à terme la macrobiote du nid, qui devient de plus en plus vulnérables en absence de matériaux naturels aux activités antifongiques et antiparasitaires (**Błońska et al., 2023**).

Les résultats de notre étude révèlent également des différences dans les taux de réussite d'éclosion en fonction des supports de nidification. Les nids sur poteaux électriques et autres structures anthropiques montrent des taux d'éclosion plus élevés par rapport aux nids sur des supports naturels comme les arbres. Cela pourrait s'expliquer par la stabilité accrue et la durabilité des structures artificielles, qui réduisent les risques de prédation et de perturbations (**Tryjanowski et al., 2009**). Les résultats de notre étude indiquent également que les cigognes blanches parviennent à maintenir un succès reproducteur stable malgré les variations dans le degré d'anthropisation. En effet, le nombre total d'œufs éclos est relativement uniforme entre les différentes zones étudiées, avec 97 œufs à Berrahal, 91 à Ben M'Hidi et 97 à Drean. La moyenne d'œufs éclos par nid est similaire à Berrahal et Drean (3,23 œufs par nid) et légèrement inférieure à Ben M'Hidi (3,03 œufs par nid).

Les habitats urbains n'influencent pas seulement les stratégies de nidification de la cigogne blanche, mais affectent également son comportement alimentaire. La sélection des ressources trophiques, adaptée à la disponibilité accrue de nourriture dans les zones urbanisées, illustre à quel point cette espèce exploite les nouvelles opportunités écologiques offertes par l'anthropisation.

Sélection des ressources trophiques dans les milieux urbains

La Cigogne blanche dépend largement des paysages agricoles pour se nourrir. Les zones agricoles fournissent une abondance de ressources alimentaires telles que les insectes, les petits mammifères et d'autres proies, particulièrement dans les prairies et les champs irrigués (**Boukhemza et al., 1995**). Cette dépendance à l'égard des paysages agricoles en fait un bon indicateur de l'état de santé des agrosystèmes et des impacts des pratiques agricoles sur la biodiversité. Cependant, l'urbanisation effrénée a profondément modifié les habitudes

trophiques de l'espèce qui se nourrit de plus en plus dans des décharges publiques, ce qui montre l'adaptation de la cigogne à l'intrusion de l'homme dans l'écosystème naturel, dans un souci d'allocation d'énergie à la recherche de ressources « easy to acquire » (**Janiszewski et al. 2014**)

D'ailleurs, la présence de décharges et d'autres sources de nourriture artificielles le long des routes migratoires a totalement modifié les schémas de migration traditionnels des cigognes (**Chernetsov et al. 2004**). Ainsi, en explorant l'adaptabilité et l'opportunisme de la cigogne blanche, il devient clair que ses interactions avec les paysages anthropisés témoignent d'une évolution marquée dans ses comportements de nidification et d'alimentation. Les cigognes, autrefois fortement liées aux environnements naturels, se sont peu à peu tournées vers des milieux artificiels, notamment les zones urbaines et périurbaines. Par ailleurs, les cigognes blanches profitent de la proximité des activités humaines pour augmenter leur succès reproducteur.

Selon **López-García et Aguirre (2023)** les décharges publiques, constituent une source de nourriture importante, surtout en hiver lorsque les ressources naturelles se font rares. Dans notre cas la décharges de Drean ainsi que l'abattoir de poulet de Ben m'hidi sont d'excellents exemples Cette disponibilité de nourriture en milieu urbain et périurbain peut expliquer en partie pourquoi ces zones sont favorisées pour la nidification.

La sélection des ressources trophiques par la cigogne blanche démontre une adaptation efficace aux environnements urbains. Toutefois, ces milieux présentent aussi des menaces modernes, telles que l'exposition aux ondes électromagnétiques, qui pourraient avoir des impacts sous-estimés sur l'espèce.

Cigognes blanches vs ondes électromagnétiques

Durant la dernière décennie, le classement des types de supports de nidification, a inclut de nouvelles structures qui sont les antennes relais de téléphonie mobile. Ces antennes émettent des ondes électromagnétiques, qui ont fait l'objet de nombreuses études visant à mieux comprendre leurs impacts sur les êtres vivants, et dans notre cas, sur les cigognes. Plusieurs auteurs se sont donc intéressés à l'impact du rayonnement électromagnétique (EM) sur la faune et la flore. Ainsi, **Waldmann-Selsam et al. (2016)**, ont prouvé à travers les mesures de tous les arbres des différences significatives entre le côté endommagé faisant face à un mât téléphonique et le côté opposé, ainsi que des différences entre le côté exposé des arbres endommagés et tous les autres groupes d'arbres éloignés des antennes relais et ceux des deux côté. Aussi, d'après **Upadhyaya et al. (2021)**, le potentiel antimicrobien des plantes *Oscimum sanctum* et *Bacopa*

monnieri a été considérablement endommagé par les ondes électromagnétiques à haute fréquence après une exposition de 72 h à 144 h. Les insectes ne sont pas épargnés par le phénomène, **Lazaro et al. (2016)** ont étudié les effets de l'EMR (Rayonnement électromagnétique) des antennes de télécommunication sur les principaux groupes de pollinisateurs sauvages (abeilles sauvages, syrphes, mouches des abeilles, mouches restantes, coléoptères, papillons et guêpes) sur les îles de Limnos et de Lesbos, en Grèce. Les résultats obtenus ont montré que tous les groupes de pollinisateurs, à l'exception des papillons, ont été affectés par l'EMR. Dans les deux îles, l'abondance des coléoptères, des guêpes et des syrphes a diminué avec l'EMR, tandis que l'abondance des abeilles sauvages et des mouches des abeilles nichant sous terre a augmenté de manière inattendue avec l'EMR (**Lázaro et al., 2016**).

Dans les études traitant des effets des radiations de téléphonie sur les oiseaux, La grande mobilité des oiseaux, la variation des temps d'exposition et les propriétés physiques des ondes radiantes, telles que la résonance, les réflexions ou l'atténuation par certaines structures, peuvent compliquer l'étude. (**Balmori 2004**), Il est également possible que chaque espèce, voire que chaque individu montre une sensibilité différente aux radiations, puisque la vulnérabilité dépend de sa prédisposition génétique et de l'état physiologique et neurologique de l'être vivant irradié (**Hyland, 2001; Fedrowitz et al, 2004**).

Au Royaume uni, en raison de l'installation de stations de base de téléphonie mobile dans plusieurs régions, une baisse considérable a été enregistré chez les populations des oiseaux dans les zones urbaines dont le moineau, où les effectifs ont diminué de 41% en trente ans (**Chaudhary et al., 2021**). En Espagne, **Balmori & Hallberg (2021)** rapportent qu'en 10 ans, de 1997 à 2007, trois espèces d'oiseaux sur quatorze ont totalement disparu, et un déclin de la population de quatre espèces a été observé. Selon Ali (2012), l'exposition continue aux rayonnements EM affecte le comportement, le système immunitaire, la croissance, le succès de la reproduction et le développement chez les oiseaux. Il semble aussi que lorsque les oiseaux traversent une région proche d'une station de base de téléphonie mobile, le rayonnement EM affecte les capacités de navigation des oiseaux, ce qui les amène à être désorientés de leur chemin et à voler dans le mauvais sens (**Everaert & Bauwens, 2007**).

Dans leur synthèse sur plusieurs travaux analysant les effets écologiques des radiofréquences du champ électromagnétique (RF-EMF), **Cucurachi et al. (2013)** ont constaté que pour les expériences réalisées dans des laboratoires, les résultats ont conclu à un effet des RF-EMF sur la mortalité et le développement des embryons à la fois à un niveau élevé et à faibles doses.

Pour les cinq études réalisées sur le terrain, les résultats ont montré un effet significatif des RF-EMF sur la densité des couples reproducteurs, la reproduction ou la composition des espèces.

Les recherches sur les effets des ondes de téléphonie mobile chez les oiseaux se heurtent à plusieurs difficultés : leur capacité de déplacement rapide, la diversité des durées et des intensités d'exposition, ainsi que les caractéristiques physico-chimiques des ondes (résonance, phénomènes de réflexion ou atténuation par différents matériaux) compliquent considérablement les protocoles expérimentaux (**Balmori, 2004**). Par ailleurs, il est probable que la sensibilité aux radiations varie non seulement d'une espèce à l'autre, mais aussi d'un individu à l'autre, en fonction de facteurs tels que la prédisposition génétique et l'état physiologique ou neurologique au moment de l'exposition (**Hyland, 2001 ; Fedrowitz et al., 2004**).

Dans notre étude, les résultats indiquent que les nids à proximité d'une ou de plusieurs antennes relais montrent une fécondité inférieure aux nids se trouvant à plus de 300 m de toutes antennes. Pour l'année 2020, 14 nids sur un total de 70 distants à moins de 200 m d'une antenne relais, n'ont pas eu de cigogneau soit 20% des nids. En 2021, la tendance a été confirmée puisque 11 nids sans petits ont été recensés sur un total de 70 nids, ce qui correspond à 16%. Par ailleurs, que ce soit en 2020 ou en 2021, aucun nid sans cigogneau n'a été enregistré parmi ceux situés à plus de 300m d'une antenne relais, contrairement, les nichées de 4 petits ne se trouvent qu'à cette distance. Les nichées à un petit sont fréquentes à -200 m des antennes alors que les nichées à deux petits se retrouvent dans les deux groupes mais particulièrement celui à +300 m. Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour expliquer ce résultat, notamment la position du nid dans le faisceau principal de l'antenne relais, augmentation de la température, œufs stériles, embryons morts.... (**Balmori, 2004**)

Autre hypothèse, les structures métalliques sur lesquels nichent les cigognes véhiculent mieux, voir amplifient les radiations électromagnétiques. De plus du fait que le nid de la cigogne a une structure ouverte directement exposé aux ondes car il ne se trouve pas dans des cavités ou abritées d'une quelconque manière ; en plus de sa position en hauteur qui est plus exposée aux ondes électromagnétiques (**Balmori, 2004**). On peut également avancer que les cigognes étant des oiseaux qui nichent principalement dans des villages ou des milieux semi-urbains sont plus exposées aux ondes que les oiseaux vivants directement dans les grandes villes, car les radiations émises par les antennes relais en milieux ruraux sont plus élevées qu'en milieux urbains du fait de la densité plus importante dans les villes.

En Algérie, l'Autorité de régulation de la Poste et des télécommunications (ARPT) a fixé les seuils maximums d'exposition du public aux champs électromagnétiques fixé pour la bande des 900 Mhz à 41 Volts/mètre, pour la bande des 1800 Mhz à 58 V/m et pour celles des 2,1 Ghz et plus à 61 V/m, indique l'ARPT, qui limite le rayonnement des installations radioélectriques en l'occurrence les antennes relais situées à proximité des zones sensibles à 28 V/m. Cette décision s'applique à tous les opérateurs de la téléphonie fixe et mobile (**Khenifsa, 2016**).

Les résultats de notre étude montrent aussi, que le succès de la reproduction des cigognes varie en fonction de leur distance par rapport aux antennes relais de téléphonie mobile. Les nids situés directement sur les antennes ont le plus faible taux, avec une moyenne de 0,59 jeunes par nid en 2020 et 0,81 jeunes par nid en 2022, correspondant à un taux de nids sans jeunes de 51,85% en 2020 et de 40,70% en 2021. Ceux situés à moins de 200 mètres des antennes n'ont pas connu un bon succès reproductif en 2020 et en 2021, ce qui indique que ces cigognes ont probablement été plus exposées aux ondes électromagnétiques. En revanche, les nids situés à plus de 300 mètres des antennes ont connu un succès reproductif significatif, avec une moyenne de 2,8 jeunes par nid en 2020 et de 2,87 jeunes par nid en 2021.

Ces résultats suggèrent que les ondes électromagnétiques émises par les antennes relais de téléphonie mobile peuvent affecter négativement la reproduction des cigognes. Les nids situés sur les antennes semblent être les plus affectés, avec un succès reproductif très faible. Beaucoup de nids sont restés sans petits malgré la présence des couples adultes. Ce résultat est lié soit à une absence de ponte ou à une couvée avec des œufs stériles. Des expériences conduites au laboratoire sur des poules exposées directement (≤ 25 cm) au rayonnement EM ont montré que celles-ci présentaient un pourcentage plus élevé de mortalité embryonnaire comparativement à celles exposés à 1.5 m (**Batellier et al., 2008**). En fin, les nids situés à plus de 300 mètres des antennes semblent moins affectés, avec un taux de succès reproductif plus élevé.

Ces résultats rejoignent ceux de **Balmori (2004)** qui a travaillé sur 60 nids de Cigogne blanche. Selon l'auteur, pour les 30 nids situés à moins de 200 m d'une antenne téléphonique, 40 % n'ont pas eu de poussins alors que dans une autre colonie de 30 nids éloignés de plus de 300 m, 3,3 % de nids seulement n'ont pas eu de poussins.

Autre résultat intéressant pour les Cigognes, les résultats obtenus n'ont pas montré d'effet cumulatif, en effet contrairement à bien des études comme celle de (**Magras ; Xeno, 1997**) qui indique une diminution progressive du nombre de naissances des souris exposées à 0,168 W /

cm² qui deviennent stériles après 5 générations, tandis que ceux exposés à 1,053 W / cm² sont devenus stériles après seulement 3 générations. L'interaction semble avoir lieu à travers le système nerveux central plus que sur la glande reproductrice directement. Mais dans notre étude, même les cigognes irradiées ont eu une légère hausse de natalité entre 2020 et 2021.

La baisse du taux du succès reproductif en 2020 peut être liée aussi à l'impact de la pandémie du COVID-19. En effet la période de confinement où l'utilisation du téléphone portable a connu des records partout dans le monde (**Chin & Rajermani, 2021 ; Statistica, 2020, Foster et al., 2020**), a coïncidé avec la période de reproduction des cigognes, on peut donc supposer que l'utilisation accrue de la téléphonie mobile et d'internet durant cette période à mener à une surexploitation des antennes relais de téléphonie mobile qui inclus la 3G et la 4G pour une grande partie d'entre elles, ce qui peut avoir mener à une grande radiation des cigognes en 2020 plus qu'en 2021.

Il est extrêmement difficile d'établir une relation de cause à effet avec certitude dans les études au laboratoire, en raison de la complexité et de la multiplicité des paramètres environnementaux à prendre en compte. Cependant, notre étude in situ a permis d'étudier des conditions de radiation quasi in vitro, car les nids de cigognes étaient directement nichés sur des émetteurs d'ondes électromagnétiques. Cette radiation continue et à pleine puissance ne peut être ignorée quant à son impact sur la diminution de la couvée des cigognes concernées. Cette constatation suggère que les ondes électromagnétiques ont un effet sur la reproduction des cigognes. Cette hypothèse nécessite toutefois d'être approfondie et nécessite une étude plus large sur le sujet.

Les ondes électromagnétiques représentent un aspect des perturbations anthropiques auxquelles les cigognes sont confrontées. Une évaluation plus détaillée des impacts des infrastructures électriques, comme les poteaux à moyenne et haute tension, est cruciale pour comprendre les effets sur leur cycle de reproduction.

Impacts comparés des poteaux à moyenne et haute tension sur le cycle de reproduction de la cigogne blanche

Cette partie de notre étude met en lumière l'impact des infrastructures humaines, notamment les poteaux à moyenne, haute et très haute tension, sur le cycle reproducteur des cigognes blanches

(*Ciconia ciconia*). Avec la transformation progressive des paysages en Algérie, ces oiseaux sont amenés à nicher sur des structures anthropiques, telles que les poteaux électriques, Cette utilisation croissante des structures humaines interroge sur les conséquences potentielles, non seulement en termes de perturbations électromagnétiques, mais aussi en termes d'effets thermiques.

Il est fondamental de distinguer les sources principales d'ondes électromagnétiques dans cette étude : les lignes électriques à haute et très haute tension et les antennes relais de téléphonie mobile. Les lignes à haute tension (généralement de 60 kV à 400 kV) émettent des champs électromagnétiques (CEM) à basse fréquence (50-60 Hz), produisant des champs électriques et magnétiques alternatifs (**Balmori, 2009**). En revanche, les antennes relais de téléphonie mobile fonctionnent à des fréquences plus élevées (radiofréquences) (**Fernie & Reynolds, 2005**). Ces deux types d'ondes, bien qu'anthropiques, agissent différemment sur les organismes vivants. Les ondes des lignes électriques, bien que plus persistantes, sont de plus faible énergie que celles des antennes relais, mais elles restent suffisamment puissantes pour induire des perturbations biologiques sur le long terme. Par ailleurs, les ondes radioélectriques peuvent entraîner des impacts thermiques et non thermiques plus marqués sur les tissus biologiques (**Lazaro et al., 2016**).

En Algérie, les lignes à très haute tension (THT) transportent entre 220 et 400 kV, tandis que les lignes à haute tension (HT) sont responsables du transport de 60 à 150 kV. Ces niveaux de tension varient en fonction des infrastructures régionales, et sont couramment utilisés pour acheminer l'électricité depuis les centrales électriques vers les zones urbaines ou industrielles.

Impact des ondes électromagnétiques sur la reproduction des cigognes

Nos résultats confirment que les cigognes nichant à proximité des lignes à haute et très haute tension sont continuellement exposées à des CEM, ce qui perturbe directement leur cycle reproducteur. Parmi les perturbations constatées, on note une baisse du taux d'éclosion des œufs ainsi qu'une réduction de l'intervalle de la période d'elvége des jeunes (ENV-ECLO). L'exposition prolongée aux CEM semble affecter le développement embryonnaire, probablement en induisant des processus biologiques tels que le stress oxydatif et des déséquilibres hormonaux. Le stress oxydatif, en particulier, résulte de la production excessive de radicaux libres en réponse aux CEM, ce qui peut entraîner des dommages cellulaires et affecter le développement neurologique et physiologique des jeunes cigognes.

Les effets observés sont en accord avec les travaux de **Schuermann & Mevissen (2021)**, qui ont mis en évidence des impacts similaires chez d'autres espèces d'oiseaux exposées aux CEM. Il est également nécessaire de souligner que les effets des CEM varient en fonction de plusieurs facteurs, notamment l'intensité du champ, la distance par rapport aux lignes électriques, et les conditions environnementales locales, telles que la température et l'humidité. L'exposition continue aux CEM, même à des intensités modérées, pourrait induire un stress environnemental permanent, affectant la santé générale des populations d'oiseaux.

Dans ce contexte, **Fernie et Reynolds (2005)** ont documenté que l'exposition aux CEM des lignes électriques affecte non seulement le comportement reproducteur des oiseaux, mais également la viabilité des œufs. Par ailleurs, **Balmori (2009)** a rapporté des résultats comparables chez d'autres espèces d'oiseaux, renforçant ainsi l'idée que les CEM ont un impact négatif sur la reproduction aviaire.

Effet de la chaleur émise par les lignes à haute tension

Outre les CEM, les lignes à haute et très haute tension dégagent de la chaleur, qui peut influencer le développement des cigognes. Dans cette étude, nous avons observé que les nids situés sur des poteaux à haute tension présentent un intervalle durant l'elvage (ENV-ECLO) de 62 jours, contre 67 jours pour les nids situés sur des poteaux à basse tension et 67,13 jours pour ceux nichant dans des arbres. Ainsi que la durée d'incubation entre 33.32 et 34.07 jours, ces différences très hautement significatives pourraient s'expliquer par la chaleur émise par les lignes à haute tension, qui pourrait accélérer le développement des jeunes cigognes.

En Algérie, les lignes à très haute tension (220-400 kV) émettent généralement une chaleur atteignant entre 40 et 75°C selon la charge transportée. Les lignes à haute tension (60-150 kV), quant à elles, émettent une chaleur comprise entre 35 et 60°C, tandis que les lignes à moyenne tension (1-60 kV) génèrent une chaleur de 30 à 50°C. Ces niveaux thermiques peuvent créer des microclimats autour des nids situés sur ces poteaux, modifiant ainsi la dynamique de développement des jeunes cigognes.

Bien que la chaleur générée puisse accélérer le processus de maturation, elle peut également entraîner un stress thermique chez les jeunes oiseaux, compromettant leur développement à long terme (**Andreasson, Nilsson, & Nord, 2020**). Si une croissance plus rapide semble avantageuse à court terme, elle pourrait être nuisible sur le long terme, notamment en limitant le développement des aptitudes essentielles, telles que la thermorégulation et l'autonomie alimentaire. Des études sur d'autres espèces, comme l'aigle royal (*Aquila chrysaetos*), ont

montré que l'exposition à des températures élevées avait des conséquences négatives sur la survie des jeunes oiseaux (**Kochert et al, 2019**).

Variabilité des phases de reproduction selon les types de nids

L'analyse des différentes phases de reproduction montre que la période d'incubation (ECCOUCOUV) varie également selon le type de nid. Les cigognes nichant à proximité des lignes à haute tension ont un intervalle légèrement plus court (33, 32, jours) que celles nichant sur des poteaux à basse tension (34,10 jours) ou dans des arbres (34,07 jours). Cette variation pourrait indiquer que l'exposition aux CEM favorise un développement embryonnaire plus rapide, éventuellement dû à l'effet thermique des lignes électriques ou à un stress environnemental accru.

Des études antérieures (**Balmori, 2009 ; Schuermann & Mevissen, 2021**) ont montrés que les oiseaux exposés à des niveaux élevés de CEM peuvent présenter des anomalies dans le développement embryonnaire, ce qui pourrait expliquer les écarts observés dans notre étude. Cette exposition prolongée soulève des questions importantes quant aux effets à long terme sur la santé des populations d'oiseaux, en particulier dans les zones où les lignes électriques et les nids d'oiseaux cohabitent.

Allocation d'énergie parentale et survie des jeunes cigognes

Concernant l'allocation d'énergie parentale, les cigognes nichant sur des poteaux à haute tension montrent des taux d'éclosion plus faibles, mais aussi un envol plus rapide des jeunes cigogneaux dans les nids contenant moins d'œufs. Pour les nids contenant deux œufs, l'envol est plus rapide (74,5 jours) dans les nids situés sur des poteaux à haute tension, contre 67 jours pour les nids situés sur des poteaux à basse tension et 69 jours pour ceux nichant dans des arbres. Ce phénomène pourrait indiquer que les cigognes ajustent leur stratégie parentale face aux environnements stressants, intensifiant leurs efforts pour maximiser les chances de survie de leurs jeunes.

Toutefois, dans les nids contenant trois ou quatre œufs, l'envol des jeunes est plus lent dans les environnements à haute tension. Cela pourrait être dû à la nécessité d'allouer davantage d'énergie à la survie des jeunes, compte tenu des effets néfastes des CEM et du stress thermique. Les observations sont cohérentes avec des études sur d'autres espèces d'oiseaux, comme la chouette effraie (*Tyto alba*), où une perturbation environnementale accrue a conduit à une augmentation des efforts parentaux (**Taylor, 1994**).

Impact de l'anthropisation sur les traits d'histoire de vie de la cigogne blanche *Ciconia ciconia ciconia* (Linné 1775) dans le Nord-Est algérien.

Implications écologiques et gestion des infrastructures

Les résultats de cette étude soulignent les implications importantes pour la gestion des infrastructures électriques. Les lignes à haute et très haute tension non seulement affectent la reproduction des cigognes, mais augmentent également le risque de collisions en vol (**Janss, 2000**). Il convient également de prendre en compte les impacts des nids des cigognes sur la fiabilité du réseau de distribution électrique en Algérie (**Sonalgaz**), les matériaux de nidification entraînant fréquemment des courts-circuits et des pannes majeures (**APLIC, 2012 ; Middle East Eye, 2019**). Pour limiter ces incidents, l'adoption de dispositifs de dissuasion efficaces que les simples pointes anti-nidification.

Impact de l'anthropisation sur les traits d'histoire de vie de la cigogne blanche *Ciconia ciconia ciconia* (Linné 1775) dans le Nord-Est algérien.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES:



"Les espèces qui survivent ne sont ni les plus fortes ni les plus intelligentes, mais celles qui s'adaptent le mieux aux changements."

- Charles Darwin,

V- CONCLUSION ET PERSPECTIVES :

Au terme de ce travail de doctorat, il apparaît avec évidence que l'empreinte croissante de l'anthropisation dans le Nord-Est algérien exerce une influence multiforme sur les traits d'histoire de vie de la cigogne blanche (*Ciconia ciconia ciconia*). Ce constat global se décline en trois grands enseignements étroitement imbriqués : d'une part la réorganisation de la stratégie de nidification et l'émergence d'un opportunisme écologique marqué, d'autre part l'impact mesurable des champs électromagnétiques (CEM) émis par les antennes relais, enfin les contraintes spécifiques liées aux lignes à haute et très haute tension.

Dès la première observation en milieu naturel, la raréfaction progressive des supports classiques — vieux arbres morts ou vivants — a contraint la cigogne blanche à un « glissement » vers les structures artificielles. Toits, cheminées, pylônes métalliques et, plus récemment, antennes relais sont devenus des substituts privilégiés pour la nidification. Loin de constituer une simple curiosité, cette exploitation systématique de supports urbains et périurbains traduit un opportunisme écologique sans précédent pour l'espèce. Toutefois, ce choix n'est pas sans danger : les rénovations de bâtiments, les abattages d'arbres jugés « dangereux » et les interventions sur les réseaux électriques, ou même juste selon le bon vouloir des habitants entraînent régulièrement la destruction de nids en cours de construction ou d'élevage. Dans les localités de Berrahal, Ben M'Hidi et Dréan, nous avons montré que si le choix de ces nouveaux supports permettait d'augmenter ponctuellement la densité de nids, il se traduisait également par une fragilité accrue face aux aléas anthropiques. Ce paradoxe « s'adapter mais se rendre plus dépendant » illustre combien une espèce anthropophile n'est pas immunisée contre les dérives de l'anthropisation.

Le deuxième enseignement majeur concerne l'impact des CEM émis par les antennes relais. En comparant systématiquement les nids situés à moins de 200 m de plusieurs émetteurs à ceux établis à plus de 300 m, nous avons observé une réduction significative du succès reproducteur à proximité des antennes. Les taux d'échec (20 % en 2020, 16 % en 2021) témoignent d'un effet délétère direct : absence de cigogneaux, nichées de quatre oisillons uniquement au-delà de 300 m, et un appauvrissement de la répartition des portées les plus nombreuses dans la zone d'influence des CEM. Cette relation de cause à effet, clairement démontrée sur un modèle animal, ne peut plus être balayée d'un revers de main par l'argument fallacieux de l'« effet placebo » dont se prévalent trop souvent les opérateurs de télécommunication. Certes, ces résultats ne sauraient être extrapolés à tous les taxons, et encore moins à l'Homme, mais ils

imposent de revoir les normes actuelles d'implantation des antennes et d'élargir sensiblement les zones tampons destinées à préserver la faune nicheuse.

Le troisième volet de notre étude porte sur les implications de la nidification sur pylônes à haute et très haute tension. Nous avons mis en lumière un double handicap pour les cigogneaux : un risque élevé d'électrocution mais aussi surtout une phase d'envol significativement retardée par rapport aux portées situées sur supports sans courant ou basse tension. Ce retard traduit une sollicitation prolongée des parents, qui doivent fournir davantage d'efforts pour nourrir des oisillons souffrant probablement d'un stress thermique et d'un épuisement physiologique lié à l'exposition aux lignes. À terme, on peut craindre un épuisement de la réserve comportementale et physiologique des couples, avec pour conséquences une baisse de survie juvénile et, potentiellement, un déclin local des effectifs.

En dépit de ces multiples pressions, la cigogne blanche fait preuve d'une plasticité remarquable. Son aptitude à détecter et à exploiter les nouvelles ressources de nidification, son comportement de recherche active des meilleurs sites malgré les perturbations, soulignent une capacité adaptative qui mérite d'être saluée. Cet avantage écologique est néanmoins un pari risqué à long terme : l'évolution trop rapide de l'urbanisation et de l'aménagement du territoire pourrait dépasser la marge de manœuvre adaptative de l'espèce.

À l'issue de ces six années de recherche, nous formulons des recommandations fondées sur les données accumulées :

1. Redéfinir les zones tampons autour des antennes relais

Les résultats obtenus rendent indispensable un élargissement des distances minimales entre antennes et sites de nidification potentiels. Les normes actuelles, trop permissives, sont incompatibles avec la préservation de la biodiversité aviaire dans nos zones urbaines et périurbaines.

2. Sécuriser et accompagner la transition vers des supports électriquement sûrs

Les pylônes à haute et très haute tension doivent être équipés de systèmes de dissuasion de nidification efficace, (barrières physiques) — et les procédures de maintenance d'isolation et de rénovation doivent intégrer une composante écologique pour éviter toute destruction involontaire de nids.

3. Maintenir et restaurer les supports naturels de nidification

La plantation et la préservation d'arbres adaptés, le maintien de zones humides doivent

être prioritaires. Offrir des alternatives viables aux structures artificielles peu fiables garantirait aux cigognes un habitat plus résilient.

4. Poursuivre les suivis à long terme et diversifier les taxons étudiés

Pour confirmer l'universalité ou la spécificité de nos observations, il est nécessaire d'étendre ces protocoles à d'autres espèces anthropophiles ou migratrices, tout en maintenant une vigilance méthodologique rigoureuse

En somme, cette thèse illustre parfaitement la nature paradoxale de l'anthropophilie : si elle permet à la cigogne blanche de prospérer là où d'autres espèces peinent à s'adapter, elle l'expose en même temps à une vulnérabilité accrue face aux perturbations engendrées par nos propres aménagements. Les choix que nous faisons quant à l'urbanisation, à la gestion des infrastructures et au maintien des habitats déterminent directement la capacité de cette sentinelle ailée à poursuivre son cycle de reproduction et à assurer sa survie. Dans le Nord-Est algérien, l'avenir de la cigogne blanche repose donc sur notre aptitude à concevoir des paysages où ville et campagne coexistent harmonieusement avec ses besoins biologiques : la préservation ou le rétablissement de supports de nidification stables, la limitation des expositions aux champs électromagnétiques et la sécurisation des lignes à haute tension sont autant de leviers à actionner pour maintenir un taux de succès reproducteur satisfaisant.

Au-delà du sort particulier de *Ciconia ciconia*, ses nids fonctionnent comme de véritables indicateurs écologiques : leur abondance, leur distribution et leur succès offrent un reflet direct de l'état de santé de nos écosystèmes. Protéger la cigogne blanche ne se résume pas à sauver une seule espèce ; c'est avant tout garantir la résilience d'un réseau complexe de relations entre l'Homme et la nature. En définitive, c'est à nous, en tant que société, de réinventer nos pratiques d'aménagement et de gestion des milieux pour que cette emblématique messagère migratrice puisse continuer, année après année, à témoigner de l'équilibre délicat qui unit la vie sauvage à nos espaces de vie.

Impact de l'anthropisation sur les traits d'histoire de vie de la cigogne blanche *Ciconia ciconia ciconia* (Linné 1775) dans le Nord-Est algérien.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES



"La Terre fournit suffisamment pour satisfaire les besoins de chacun, mais pas la cupidité de tous."

- Mahatma Gandhi.

VI- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES:

- Aguirre J., & Vergara P., (2009). Census methods for White stork (*Ciconia ciconia*): Bias in sampling effort related to the frequency and date of nest visits. *Journal of Ornithology*. 150. 147-153. 10.1007/s10336-008-0329-3.
- Alberti M., Palkovacs E.P, Des Roches P., De Meester L., Brans K.I, Govaert L., Grimm N.B, Harris N.C, Hendry A.P., Schell C.J., Szulkin M., Munshi-South J., Urban M.C & Verrelli B.C., (2020) The Complexity of Urban Eco-evolutionary Dynamics, *BioScience*, Volume 70, Issue 9, September 2020, Pages 772–793,
- Ali S., (2012), *The Book of Indian Birds*, 13th edition, Oxford University Press, New Delhi.
- Amara C.B : Contribution à l'étude comparative du régime alimentaire de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* pendant trois années (1997, 1998 et 1999), période (Mai, Juin et Juillet) dans la région d'El Merdja (W. Tébessa). Mémoire d'Ingénieur Biologie animale. Centre Universitaire de Tébessa, 2001, 77 p
- Ambrosini R., Borgoni R., Rubolini D., Sicurella B., Fiedler W., Bairlein F., Baillie S., Robinson R., Clark J., Spina F. & Saino N. (2014). Modelling the Progression of Bird Migration with Conditional Autoregressive Models Applied to Ringing Data. *PloS one*. 9. e102440. 10.1371/journal.pone.0102440.
- Anderson T., (2007). *Biology of the Ubiquitous House Sparrow: From Genes to Populations*. *Biology of the Ubiquitous House Sparrow: From Genes to Populations*. 1-560. 10.1093/acprof:oso/9780195304114.001.0001.
- Andreasson F., Nilsson J.-Å., & Nord, A., (2020). *Avian Reproduction in a Warming World*. *Frontiers in Ecology and Evolution*,
- Aplin K.P., Brown P.R, Jacob J., Krebs C., & Singleton G. (2003). *Field methods for rodent studies in Asia and the Indo-Pacific*.
- Artur Wdowiak M., Wdowiak L., Wiktor H., & Śliwińska-Kowalska M. (2017). Evaluation of the effect of using mobile phones on male fertility. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 24(1), 60-64.

- Arun P.R., (2015). Environmental Impacts of Electro-magnetic fields; A Review Report Submitted to the MoEF Expert committee on communication towers on birds & bees. 10.13140/RG.2.1.5114.1285.
- Asghari A., M., Khaki A. A., Ghanbari A., & Rezazadeh M., (2016). The effects of cell phone waves (900 MHz-GSM band) on sperm parameters and total antioxidant capacity in rats. *International Journal of Fertility and Sterility*, 9(4), 461-469.
- Bahaodini A., Owjifard M., Tamadon A. & Marzieh Jafari S., (2015) "Low frequency electromagnetic fields long-term exposure effects on testicular histology, sperm quality and testosterone levels of male rats", *Asian Pacific Journal of Reproduction*, Volume 4, Issue 3, 2015.
- Balmori A., (2004)a. Possible effects of electromagnetic fields from phone masts on a population of white storks in Spain. *ElectromagneticBiology and Medicine*, 23(2), 115-129.
- Balmori, A. (2004)b. Possible Effects of Electromagnetic Fields from Phone Masts on a Population of White Storks (*Ciconiaciconia*). *ElectromagneticBiology and Medicine*, 23(3), 189-199. <https://doi.org/10.1081/JBC-200030981>
- Balmori A., (2005)a. The incidence of electromagnetic pollution on wild mammals: a new “poison” with a slow effect on nature? *Rivista di Biologia/Biology Forum*, 98(1), 115-120.
- Balmori A., (2005)b. The incidence of electromagnetic pollution on the White Stork (*Ciconiaciconia*). *ElectromagneticBiology and Medicine*, 24(2), 109-119.
- Balmori A. & Hallberg Ö., (2007). The urban decline of the house sparrow (*Passer domesticus*):a possible link with electromagnetic radiation. *Electromagn. Biol.Med.*, 26: 141–151.
- Balmori A., (2009). Electromagnetic pollution from phone masts. Effects on wildlife. *Pathophysiology : the official journal of the International Society for Pathophysiology / ISP*. 16. 191-9. 10.1016/j.pathophys.2009.01.007.
- Banet L., (1963). Observations sur l'arrivée et le départ des Cigognes dans le Constantinois. *Alauda*, 31 (1) : 64-67.

- Batellier F., Couty I., Picard D. & Brillard J.P. (2008). Effects of exposing chicken eggs to a cell phone in "call" position over the entire incubation period. *Theriogenology*, Volume 69, Issue 6, 1 April 2008, Pages 737-745
- Bauer S. & Hoyer B.J., (2014). Migratory animals couple biodiversity and ecosystem functioning worldwide. *Science*. 2014 Apr 4;344(6179):1242552. doi: 10.1126/science.1242552. PMID: 24700862.
- Beaudet G., & Marre A., (1988). Géomorphologie du Tell oriental algérien. In: *Méditerranée, troisième série, tome 63, 1-1988*. pp. 68-70.
- Benyacoub S. & Chabi Y., (2000) : Diagnose écologique de l'avifaune du parc national d'El Kala. *Revue des sciences et de la technologie. Synthèse N°2, Publication de l'Université Badji Mokhtar- Annaba* pp. 90-101.
- Benyacoub S., (1997). Diagnose écologique de l'avifaune du parc national d'Elkala. Composition - statut - répartition. Etude individuelle. N° E I 10. *Projet Banque Mondiale*. 67 p
- Benyacoub S., Louanchi M., Baba Ahmed R., Benhouhou S., Boulahbel R., Chalabi B., Haou F., Rouag R. & Ziane N., (1998). Plan directeur du parc national d'El Kala et du complexe des zones humides (wilaya d'El Tarf), 300 p.
- Berthold P., Fiedler W. & Querner U., (2000). White stork (*Ciconia ciconia*) migration studies: Basic research devoted to conservation measures. *Global Environmental Research*. 4. 133-141.
- Białas J., Dylewski L. & Tobółka M., (2020). Determination of nest occupation and breeding effect of the white stork by human-mediated landscape in Western Poland. *Environmental Science and Pollution Research*. 27. 1-11. 10.1007/s11356-019-06639-0.
- Biber O., Enggist P., Marti C., & Salathé T. (1995). Conservation of the White Stork western population. *Proceedings of the International Symposium on the White Stork (Western Population)*, 7-10 April 1994, Basle (Schweiz), 370 p.
- BirdLife International (2021). Species factsheet: *Ciconia ciconia*

- Blair R., (2001). Birds and Butterflies Along Urban Gradients in Two Ecoregions of the United States: Is Urbanization Creating a Homogeneous Fauna?. 10.1007/978-1-4615-1261-5_3.
- Blanco G. (1996). Population Dynamics and Communal Roosting of White Storks Foraging at a Spanish Refuse Dump. *Colonial Waterbirds*, 19(2), p.273.
- Blazquez E., Aguirre J.I., Martinez-Haro M., Mateo R. & B. Jiménez I. (2006). In Souilah R., (2011). *Ecologie de la reproduction de la cigogne blanche (Ciconia ciconia)* 29p.
- Błońska E., Jankowiak R., Lasota J., Krzemińska N., Zbyryt A., & Ciach M., (2023). The role of chemical properties of the material deposited in nests of white stork in shaping enzymatic activity and fungal diversity. *Environmental Science and Pollution Research*. 31. 10.1007/s11356-023-31383-x.
- Bocheński M., Jerzak L., Tryjanowski P., & Sparks T.H. (2006). Behaviour of the white stork *Ciconia ciconia*: a review. *The White Stork in Poland: Studies in Biology, Ecology and Conservation*. 301-330.
- Bouchner M., (1982) - *Guide des traces d'animaux*. Ed. Hatier, 269 p.
- Bouet G., (1936). Nouvelles recherches sur les cigognes blanches d'Algérie. Densités du peuplement des cigognes nichant en Algérie. Une campagne de baguage en 1935. *L'oiseau et la R.F.O.*, 5 : 287-301.
- Bouet G., (1938)a. Nouvelles recherches sur les cigognes de l'Afrique du Nord. *L'oiseau et la R.F.O.*, 8 : 20-45.
- Bouet G., (1938)b. Le problème de la migration des cigognes blanches *Ciconia c. ciconia* (L) de l'Afrique du Nord. *Proc. Int. Ornithol. Congr.*, 8: 671-677.
- Bouet G., (1950). *La vie des cigognes*. Braun et Cie Ed., Paris, 112 p.
- Boukhemza M., (1990). Contribution à l'étude de l'avifaune de la région de Timimoun (Gourara): Inventaire et données bioécologiques. Thèse de Magister, Inst. Nati. Agr., ElHarrach (Alger), 117p.

- Boukhemza M., Righi M. & Doumandji S., (1995)a « Le régime alimentaire de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* dans une région de Kabylie (Algérie) ». *Alauda* 63, 1995, (3), p. 31-39.
- Boukhemza M., Doumandji S. & Bentamer N. (1995)b. Part des insectes dans le spectre alimentaire de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) dans la vallée de Sébaou, région de Kabylie, 2eme journée nationale d'entomologie, 29 et 30 mai 1995, Inst. Sci.Nature, Univ. De Constantine.
- Boukhemza M., (2000). Etude Bio-écologique de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia* L. 1775) et du Héron garde-bœufs (*Bubulcus ibis* L. 1775) en Kabylie : Analyse démographique, éthologique et essai d'interprétation des stratégies trophiques. Thèse doctorat, Inst. Nat. Agro., El Harrach. (Alger), 188 p.
- Boukhemza M., Boukhemza-Zemmouri N., Voisin J-F., & Boaziz B., (2006). « Ecologie trophique de la cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) et Héron garde-bœufs (*Bubulcus ibis*) en Kabylie (Algérie) ». *Ecologia mediterranea*, 2006, (32), p. 15.
- Boulahbal R., (2012). La prédation sur les populations de *Cyanistes caeruleus ultramarinus* (Paridae, Aves) dans les forêts du nord-est algérien: identité et impact des prédateurs durant la période de reproduction (Doctoral dissertation, Université de Annaba-Badji Mokhtar).
- Bouriach M., Houhamdi M., & Samraoui B., (2015). White Stork *Ciconiaciconia* nesting parameters in the northeastern plains of Algeria. *Ostrich*, 86(3), 221-226.
- Brumm H. & Naguib M., (2009). Chapter 1 Environmental Acoustics and the Evolution of Bird Song. *Advances in The Study of Behavior - Advan Study Behav.* 40. 1-33. 10.1016/S0065-3454(09)40001-9.
- Burton M., & R. Burton., (1973). *Le grand dictionnaire des animaux*. Ed. Bordas, Paris, N°4, pp. 607-811.
- Cadiou B. & Yésou P., (2006). Évolution des populations de goélands bruns, argentés et marins *Larus fuscus*, *L. argentatus*, *L. marinus* dans l'archipel de molène (bretagne, France) : Bilan de 50 ans de suivi des colonies = Population trends of lesser black-backed, herring and great black-backed gulls *larus fuscus*, *L. argentatus*, *L. marinus* in

the molène archipelago (Brittany, France) : a check-up after 50 years of colony monitoring. *Revue d'Ecologie*. 51. 159-173.

- Carracal L.M., Bautista L.M. & Lazaro E., (1993). Geographical variation in the density of the white stork *Ciconia ciconia* in Spain: Influence of habitat structure and climate. *Biological Conservation*, 65 (1): 83-87.
- Castiglioni R., & Santoro R., (2021). Sexual dimorphism in the acoustic signal of the european white stork (*ciconia ciconia*, l. 1758): a pilot study. 10.13140/rg.2.2.18794.85446.
- Chace J. & Walsh J., (2006). Urban effects on native avifauna: A review. *Landscape and Urban Planning*. 74. 46-69. 10.1016/j.landurbplan.2004.08.007.
- Cheriak M., Bensaada M. & Barbraud C., (2014). Diet of breeding White Storks (*Ciconiaciconia*) in northeastern Algeria. *Journal of AridEnvironments*, 100-101, 81-84.
- Chernetsov N., Berthold P., & Querner U., (2004). Migratory orientation of first-year White Storks (*Ciconia ciconia*): inherited information and social interactions. *The Journal of experimental biology*. 207. 937-43. 10.1242/jeb.00853.
- Chin J. & Rajamani T. K. (2021). Digital media usage during the COVID-19 pandemic: A shift in behavioral trends. *Journal of Loss and Trauma*, 26(7), 623-634.
- Circulaire du 3 mai 2002 relative à l'information des acquéreurs et des locataires de biens immobiliers sur les risques liés aux ondes émises par les antennes relais
- Coulter M.C., Qishan W. & Luthin C.S., (1991). Biology and conservation of the oriental White stork *Ciconia boyciana*. *Savanah River Ecology Laboratory*, Aiken, South Carolina, USA, 244 p.
- Cramp S. & Simmons K.E.L., (1977). White Stork. – In: Cramp S., Simmons K. E. L. (eds.) *Handbook of the Birds of the Western Palearctic*, Vol. 1. – Oxford University Press, Oxford, pp. 328–335.
- Creutz G., (1988). *Der Weißstorch Ciconia ciconia*. *Die neue Brehm Büch*. 375- Wittenberg Lutherstadt. 80. DARLEY B., 1985- *Systématique des vertébrés*. Centre Universitaire de Tizi-Ouzou. Office des publications universitaire, Alger, 124 p.

- Cucurachi S., Tamis W.L.M., Vijver M.G., Peijnenburg W.J.G.M., Bolte J.F.B. & de Snoo G.R., (2013). A review of the ecological effects of radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF). *Environment International* 51 (2013) 116–140.
- Cuisin M., 1969. Dictionnaire des oiseaux. Librairie Larousse, Paris, 255 p.
- De Belair G. 1981. Biogéographie et aménagement de la Plaine de la Mafragh (Annaba - Algérie). Université de Montpellier 3
- De Belair, G. 1990. Structure, fonctionnement et perspectives de gestion de quatre écosystèmes lacustres et marécageux (El Kala, Est-Algérien). Université Montpellier II (FR)
- De Belair, G. 1996. Une poche phylogénétique tropicale relictuelle : La Numidie algérienne.
- De Belair, G. 2000. De Bélair G., 2000.- Les orchidées de Numidie, 1re partie : taxonomie et iconographie. *L'Orchidophile* 144:220-230.
- De Belair, G. 2004. Statut spatio-temporel de 25 mares temporaires, cycle 2000-2001 (Numidie orientale, Algérie). Page 6 Conférence internationale : Les mares temporaires méditerranéenne: de la connaissance à la gestion. Roquebrune-sur-Argens.
- De Belair, G. 2005. Dynamique de la végétation de mares temporaires en Afrique du Nord (Numidie orientale, NE Algérie). *Ecologica Mediterranea* 31:83-100.
- De Belair, G. 2008. Un carrefour d'origines biogéographiques ; les mares temporaires de Numidie (N.E. Algérie). *Au fil des mares* 6/7:21-24.
- De Belair, G., and M. Bencheikh-Lehocine. 1987. Composition et déterminisme de la végétation d'une plaine côtière marécageuse : la Mafragh (Annaba, Algérie). *Bulletin d'écologie* 18:393-407.
- Dekeyser & Derivot., 1966. Les oiseaux de l'ouest africain I Ed .I.F.A.N.Dakar, 507p.
- Denac, D. (2006) a Resource-dependent weather effect in the reproduction of the White Stork *Ciconia ciconia*. – *Ardea* 94(2): 233–240.

- Denac, D. (2006)b Intraspecific exploitation competition as cause for density dependent breeding success in the White Stork. – *Waterbirds* 29: 391–394.
- Denac, D. (2010). Population dynamics of the White Stork *Ciconia ciconia* in Slovenia between 1999 and 2010. – *Acrocephalus* 31(145/146): 101–114. DOI: 10.2478/v10100-010-0007-4.
- Djellab S., (1993) – Inventaire et écologie des Syrphidés (Ordre : Diptera) dans le parc national d'El- Kala. Thèse. Magistère. Univ. Annaba, 184 p.
- Dolata P.T. (2006) The White Stork *Ciconia ciconia* protection in Poland by tradition, customs, law, and active efforts In: Tryjanowski P., Sparks T. H., Jerzak L. (red.) ». *The White Stork in Poland: studies in biology, ecology and conservation*. 2006, p. 437-448.
- Dolata P., (2006). The White Stork *Ciconia ciconia* protection in Poland by tradition, customs, law, and active efforts.
- Dominoni D., Goymann W., Helm B., & Partecke J. (2013). Urban-like night illumination reduces melatonin release in European blackbirds (*Turdus merula*): Implications of city life for biological time-keeping of songbirds. *Frontiers in zoology*. 10. 60. 10.1186/1742-9994-10-60.
- Donald, P.F., Green, R., & Heath M.F. (2001). Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proceedings of the Royal Society, Series B*. 155. 39-43.
- Dorst J., (1971)a. *La vie des oiseaux*. Ed. Bordas, Paris et Montréal, T. I, Vol.11, 382 p.
- Dorst J., (1971)b. *Les oiseaux dans leurs milieux*. Ed. Bordas, Paris, T.I, Vol.13, 383 p.
- Duquet M., (1990). Impact du réseau électrique aérien sur la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* en France. Rapport L.P.O /E.D.F, Paris, 23 p.
- Ebrahim S., Azab, A., Albasha M., & Albishti N., (2016). The Biological Effects Of Electromagnetic Fields On Human And Experimental Animals. *International Research Journal of Natural and Applied Sciences*. 3. 106-121.

- Erciyas Y., Kiraz Y., Tavares J., & Baroú Y. (2012). Nesting habits and breeding success of the White Stork, *Ciconia ciconia*, in the Kızılırmak delta, Turkey (Aves: Ciconiidae). *Zoology in the Middle East*. 57. 10.1080/09397140.2012.10648959.
- Etchecopar R.D & Hue F. (1964). *Les oiseaux du nord de l'Afrique*. Ed Boubée & Cie, 606p.
- Everaert J., & Bauwens D. A, (2007), Possible Effect of Electromagnetic Radiation from Mobile Phone Base Stations on the Number of Breeding House Sparrows (*Passer domesticus*) *Electromagnetic Biology and Medicine*, 26: 63–72.).
- Eyienne P., & Earruete P. (2002). « La cigogne blanche ». Delachaux et Niestlé S.A. Paris, 180 p.
- Ezennaya S., (2016). a review of the effects of electromagnetic fields on the environment. *Electroscope Journal*. 7.
- Fasolă-Mătășaru L., Baltag E., Ichim P., & Cojocaru D. (2018). Factors Influencing The Breeding Success of White Storks *Ciconia ciconia* in Eastern Romania. *Ardeola*. 65. 271-282. 10.13157/arla.65.2.2018.ra6.
- Fedrowitz, K., Frenzel, T., Hartwig, E., & Wiemann, M. (2004). Electromagnetic fields (EMF): do they play a role in children's environmental health (CEH)? *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 207(6), 535-544
- Fernie K., & Reynolds S. (2005). The Effects of Electromagnetic Fields From Power Lines on Avian Reproductive Biology and Physiology: A Review. *Journal of toxicology and environmental health. Part B, Critical reviews*. 8. 127-40. 10.1080/10937400590909022.
- Fischer J. & Lindenmayer D., (2007). Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Glob Ecol Biogeogr. Global Ecology and Biogeography*. 16. 265 - 280. 10.1111/j.1466-8238.2007.00287.x.
- Flack A., Fiedler W., Blas J., Pokrovsky I., Kaatz M., Mitropolsky M., Aghababyan K., Fakriadis I., Makrighianni E., Jerzak, L., Azafzaf H., Azafzaf C., Rotics S., Mokotjomela T., Nathan R., & Wikelski, M. (2016). Costs of migratory decisions: A comparison across eight white stork populations. *Science Advances*. 2. e1500931-e1500931. 10.1126/sciadv.1500931.

- Foster, J., Cresswell, T., Robertson, S., & Bowers, J. (2020). The impact of the COVID-19 pandemic on the use of technology in healthcare: Systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 22(9), e20034.
- Garrido J., Fernández-Cruz M., (2003). Effects of power lines on a White Stork *Ciconia ciconia* population in central Spain. *Ardeola*. 50.
- Geden C., Nayduch D., Scott J., Burgess I.V., Edwin T., Gerry A., Kaufman P., Thomson J., Pickens V., & Machtinger E. (2021). House Fly (Diptera: Muscidae): Biology, Pest Status, Current Management Prospects, and Research Needs. *Journal of Integrated Pest Management*. 12. 10.1093/jipm/pmaa021.
- Geroudet P., (1978). Grands échassiers, Gallinacés, Râles d'Europe. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel, Lausanne, Paris, 429 p.
- Giunchi D., Soldatini C., Vanni L., Baldaccini N., & Albores-Barajas Y. (2012). Feral Pigeons: Problems, Dynamics and Control Methods.
- Goriup P. & Schulz h. (1991) « Conservation management of the White stork: an international opportunity ». I.C.B.P Study report, Cambridge U.K. n°37.
- Grimm N., Faeth S., Golubiewski N., Redman C., Wu J., Bai X., & Briggs J. (2008). Global Change and the Ecology of Cities. *Science* (New York, N.Y.). 319. 756-60. 10.1126/science.1150195.
- Grosbois V., Gimenez O., Gaillard J.M., Pradel R., Clobert J., Moller A., & Weimerskirch H., (2008). Assessing the impact of climate variation on survival in vertebrate populations. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*. 83. 357-99. 10.1111/j.1469-185X.2008.00047.x.
- Gyalus, A., Hahn, I., Vizi, B., & Bankovics, A. (2018). Habitat selection of White Storks in a heavily urbanized city in Central Europe. *Avian Research*, 9(1), 28. <https://doi.org/10.1186/s40657-018-0113-7>
- Hyland, G. J. (2000). Physics and biology of mobile telephony. *The Lancet*, 356(9244), 1833-1836. doi: 10.1016/S0140-6736(00)03243-7.
- Gyalus A., Végvári Z., & Csörgő T. (2018). Changes in the nest sites of White Stork (*Ciconia ciconia*) in Hungary. *Ornis Hungarica*. 26. 65-88. 10.1515/orhu-2018-0005.

- Haag-Wackernagel D., & Moch H., (2004). Health hazards posed by feral pigeons. *The Journal of infection*. 48. 307-13. 10.1016/j.jinf.2003.11.001.
- Hancock J.J., Kush A. & M.P. Kahl., (1992). *Storks, ibis and spoonbills of the World*.
- Hayman P., & P. Burton., (1977). *Le grand livre des oiseaux de France et d'Europe*. Ed. Fernand Nathan, Paris 260 p.
- Heim de Balasac H., & N. Mayaud., (1962). *Les oiseaux du Nord-Ouest de l'Afrique*. Ed. P. Lechevalier, Paris, 486 p.
- Heinzel H., Fitter R. & J. Parslow., (1985). *Oiseaux d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient*. Ed. Delachaux et Niestlé, Neuchatel, (Suisse), 319 p.
- Hindmarsh A.M., (1984): « Vocal mimicry in Starlings », *Behaviour*, vol. 90, no 4, 1984, p. 302-324 (ISSN 0005-7959, JSTOR 4534373,
- Hoehers., (1989). *Guide des oisillons et poussins des oiseaux d'Europe*. Ed. Delachaux et Niestlé, Paris, 340 p.
- Hyland, G. J. (2000). Physics and biology of mobile telephony. *The Lancet*, 356(9244), 1833-1836.
- Isenmann P., & A. Moali., 2000. *The birds of Algeria- Les oiseaux d'Algérie*. Soc. Etudes Ornithol., France, Muséum Nat. Hist. Nat., Paris, 336 p.
- Jacob C., (1991). Un exemple de destruction d'un biotope à Cigogne en Alsace: causes et remèdes. In: Mériaux J.L. et al. (Eds). *Actes du colloque international, les cigognes d'Europe*. Institut Européen d'écologie / Association multidisciplinaires des biologistes de l'environnement Metz (France), 265-272.
- Jakab, B. (1989). A talajtípusok szerepe a fehér gólya (*Ciconia ciconia*) elterjedésében Magyarországon [The role of soil types in the distribution of White Stork in Hungary]. *A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve 1989–90(1)*: 519–531. (in Hungarian and German)
- Jakab, B. (1991). A hazai madárbarát villamosművek szerepe a fehér gólya állományának alakulásában [The role of the bird friendly electric power industry in forming the White Stork population in Hungary]. – In: Király, Á. & Gazda, I. (eds.) *Gólyavédelem a villamoshálózatokon [White Stork protection on electricity*

networks]. – A Magyar Tudománytörténeti Intézet Tudományos Közleményei 79., Magyar Elektrotechnikai Múzeum, Budapest, pp. 9–14. (in Hungarian).

- Janaus, M. & Stipnice, A. (2013). The White Stork in Latvia from 1934 to 2005. – In: NABU. White Stork populations across the world – Results of the 6th International White Stork Census 2004/05., Berlin (Imprint).
- Janiszewski T., Minias P., Wojciechowski Z., & Podlaszczuk P., (2014). Habitat Selection by White Storks Breeding in a Mosaic Agricultural Landscape of Central Poland. *The Wilson Journal of Ornithology*. 126. 591-599. 10.1676/13-219.1.
- Janiszewski, T., Tobolka, M., Łosak, K., & Nowakowski, J. K. (2015). Nest-site selection and breeding success of White Storks *Ciconia ciconia* nesting on different structures. *Bird Study*, 62(4), 502-509.
- Janss, Guyonne. (2000). Avian mortality from power lines: a morphologic approach of a species-specific mortality. *Biological Conservation - BIOL CONSERV*. 95. 353-359. 10.1016/S0006-3207(00)00021-5.
- Jerzak L., Sparks T., Kasprzak M., Bocheński M., Kaminski P., Grochowska E., Mroczkowski S., & Tryjanowski P. (2010). Blood chemistry in white stork *Ciconia ciconia* chicks varies by sex and age. *Comparative biochemistry and physiology. Part B, Biochemistry & molecular biology*. 156. 144-7. 10.1016/j.cbpb.2010.03.003.
- Johst K., Brandl R., & Pfeifer R. (2001). Foraging in a Patchy and Dynamic Landscape: Human Land Use and the White Stork. *Ecological Applications - ECOL APPL*. 11. 10.2307/3061055.
- Jonsson L., Dubois Ph-J., Duquet M., Lesaffre G., Geroudet P., & D. Lafontaine., (2006). *Les oiseaux d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen Orient*. Ed. Nathan, Paris, 559 p.
- Kareiva P., Watts S., McDonald R., & Boucher T. (2007). Domesticated Nature: Shaping Landscapes and Ecosystems for Human Welfare. *Science (New York, N.Y.)*. 316. 1866-9. 10.1126/science.1140170.
- Kashkarov R., Ataxodjaev A., & Mitropolskaya Y. (2017). *International Journal of Zoology Studies* Turkestan white stork *Ciconia ciconia asiatica* (Aves: Ciconiiformes) in Uzbekistan: current size and condition of population. 2455-7269.

- Kochert M., Steenhof K., & Brown J. (2019). Effects of Nest Exposure and Spring Temperatures on Golden Eagle Brood Survival: An Opportunity for Mitigation. *Journal of Raptor Research*. 53. 91. 10.3356/JRR-17-100.
- Kosicki J., Profus P., Dolata P., & Tobółka M. (2006). Food composition and energy demand of the White Stork *Ciconia ciconia* breeding population. Literature survey and preliminary results from Poland.
- Kosicki J. (2010). Reproductive success of the white stork *Ciconia ciconia* population in intensively cultivated farmlands in western Poland. *Ardeola*. 57. 243-255.
- Laferrere M., (1968). Observations ornithologiques au Tassili des Ajjers. *Alauda*, 36 : 260-273.
- Landrigan P., Fuller R., Acosta N., Adeyi O., Arnold R., Basu N., Baldé A., Bertollini R., Bose-O'Reilly S., Boufford J., Breyse P., Chiles T., Mahidol C., Coll-Seck A., Cropper M., Fobil J., Fuster V., Greenstone M., Haines A., & Zhong M. (2017). The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet*. 391. 10.1016/S0140-6736(17)32345-0.
- Latus C., & Kujawa K. (2005). The effect of land cover and fragmentation of agricultural landscape on the density of White Stork (*Ciconia ciconia* L.) in Brandenburg, Germany. *POLISH JOURNAL OF ECOLOGY (Pol. J. Ecol.)*. 53. 535-543.
- Lazaro, A., Tscheulin, T., Devalez, J., Nakamura, F., & Kohler, F. (2016)a. Effects of electromagnetic radiation from mobile phone towers on wild pollinators. *Ecological Indicators*, 69, 104-113.
- Lázaro, Amparo & Chroni, Antonia & Tscheulin, Thomas & Devalez, Jelle & Matsoukas, Christos & Petanidou, Theodora. (2016)b. Electromagnetic radiation of mobile telecommunication antennas affects the abundance and composition of wild pollinators. *Journal of Insect Conservation*. 20. 1-10. 10.1007/s10841-016-9868-8.
- Lazaro A., Chroni A., Tscheulin T., Devalez J., Matsoukas C., & Petanidou T., (2016)c. Effects of electromagnetic radiation from telecommunications towers on the wild pollinators of two Mediterranean islands. *Sci Rep* 6, 38210 (2016).

- Ledant J. P., & G. Van Dijk., (1977). Situation des zones humides algériennes et de leur avifaune. *Aves*, 14 : 217- 232.
- Ledant J.P., Jacobs J.P., Malher F., Ochando B. & J. Roche., (1981). Mise à jour de l'avifaune algérienne. *Le Gerfaut*, 71: 295-398.
- Lejeune R. (2009) « Oiseaux et lignes électriques. La cigogne blanche ». Bulletin de liaison du comité national avifaune, n°6, p.1-4.
- Linz G., Homan H., Gaulker S., Penry L., & Bleier W. (2007). European starlings: a review of an invasive species with far-reaching impacts. *Managing vertebrate invasive species: Proceedings of an international symposium*.
- Longcore T., & Rich C. (2004). Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2(4), 191-198
- Longcore T., & Rich, C. (2007). Lights out! For nature.
- López-García A., Gil-Tapetado D., & Aguirre J. (2023)a. Drastic reduction of the population distribution of White Storks predicted in absence of landfills. *Ornithological Applications*. 125. 10.1093/ornithapp/duad021.
- López-García A., Miranzo B., & Aguirre J. (2023)b. Influence of landfill use on nest-site selection and breeding success in white storks. *Journal of Zoology*. 321. 10.1111/jzo.13105.
- Lovászi, P. (2004). A fehér gólya (*Ciconia ciconia*) helyzete Magyarországon az 1941–2002 között [Status of the White Stork (*Ciconia ciconia*) in Hungary between 1941 and 2002]. – *Aquila* 111: 11–18. (in Hungarian with English Summary).
- Lovászi, P. & Rékási, J. (2009). A fehér gólya [White Stork]. – In: Csörgő, T., Karcza, Zs., Halmos, G., Magyar, G., Gyurácz, J., Szép, T., Bankovics, A., Schmidt, A. & Schmidt, E. (eds.) *Magyar Madárvonulási Atlasz [Hungarian Bird Migration Atlas]*. – Kossuth Kiadó Zrt., Budapest, pp. 186–192.
- Lovaszi, P., Horváth, M., & Nagy, K. (2020). High rate of White Stork (*Ciconiaciconia*) nesting on power poles in a Hungarian lowland area. *OrnisHungarica*, 28(2), 13-23.
- Magras, I. N., & Xenos, T. D. (1997). RF radiation-

induced changes in the prenatal development of mice. *Bioelectromagnetics*, 18(6), 455-461.

- Mahler U., & F. Weick., (1994). *Der Weibstorch-Vogel des Jahres 1994. Das weibstorchProjekt in Baden-Württemberg*, 48 p.
- Mammeria, A., Samraoui, B., & Houhamdi, M. (2019). Relationship between the breeding of the White Stork (*Ciconiaciconia*) and climate change in Algeria. *Zoology and Ecology*, 29(4), 312-319.
- Mary Z., Lalthanpuii S., Lalawmpuii K., Malsawmkima D., Lalmuanpuii R., & Laldusanga P. (2021). Radiofrequency electromagnetic radiation from mobile phone base stations affects homeostasis redox status in Swiss albino mice. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(25), 32612-32621. doi: 10.1007/s11356-021-14409-4
- Marzluff J., Bowman R., & Donnelly R. (2001). *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*. 10.1007/978-1-4615-1531-9_1.
- Mata A-J., Caloin M., Michard-Picamelot D., Ancel A. & Le Maho Y., (2001) « Are non-migrant white storks (*Ciconia ciconia*) able to survive a cold-induced fast? ». *Comparative Biochemistry and Physiology part A*, 2001, 130, p. 93- 104.
- Maxhuni Q., Fiedler W., Karataş A., & Hoxha L. (2018). Satellite tracking and migration routes of Kosovo White Stork (*Ciconia ciconia*).
- Maxhuni Q., Karataş A., & Fiedler W. (2023). Census and spatial distribution of White Stork (*Ciconia ciconia*) population in Kosovo in 2017 and 2018. *Ornis Hungarica*. 31. 29-48. 10.2478/orhu-2023-0017.
- McDonnell M, & Hahs A. (2015). Adaptation and Adaptedness of Organisms to Urban Environments. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 46. 10.1146/annurev-ecolsys-112414-054258.
- McKinney M. (2006). McKinney, M. L. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*. *Biological Conservation*. 127. 247-260. 10.1016/j.biocon.2005.09.005.

- Metmacher M., (1979). Les oiseaux de la Macta et de sa région (Algérie) : non passereaux. *Aves*, 16: 89-123.
- Mineau P., & Whiteside M. (2013). Pesticide Acute Toxicity Is a Better Correlate of U.S. Grassland Bird Declines than Agricultural Intensification. *PloS one*. 8. e57457. 10.1371/journal.pone.0057457.
- Moali-Grine, N., Doumandji, S., Samraoui, B., & Houhamdi, M. (2013)a. Nesting of white storks *Ciconiaciconia* in Algeria: status, distribution and habitat. *Ostrich*, 84(2), 145-150.
- Moali-grine N. Moali, L. & Moali A. (2013)b. Distribution et écologie de la reproduction de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) en Algérie. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, in press.. *Revue d Ecologie*. in press.
- Møller, A.P. (2008). Flight distance and population trends in European breeding birds. *Behavioral Ecology*, 19(6), 1095-1102
- Moreira, F., Encarnação, V., Rosa, G., Gilbert, N., Infante, S., Costa, J., D'Amico, M., Martins, R. C. & Catry, I. (2017). Wired: impacts of increasing power line use by a growing bird population. – *Environmental Research Letters* 12: 024019. DOI: 10.1088/1748-9326/aa5c74
- Newton I. (2004). Population limitation in migrants. *Ibis*. 146. 197 - 226. 10.1111/j.1474-919X.2004.00293.x.
- Nord A., & Giroud S. (2020). Lifelong Effects of Thermal Challenges During Development in Birds and Mammals. *Frontiers in Physiology*. 11. 10.3389/fphys.2020.00419.
- Office National des Forêt. (2002). Rapport annuel sur la gestion forestière de la wilaya d'El Tarf.
- Office National de la Météorologie. (2021). Rapport annuel sur les conditions climatiques en Algérie.
- Office National des Statistiques (ONS). (2008). Résultats du Recensement Général de la Population et de l'Habitat 2008 (RGPH 2008). Alger : ONS.

- Office National des Statistiques. (n.d.). Office National des Statistiques.
<https://www.ons.dz/>
- Olsson, O. & Arvid, B. (2014). A model for habitat selection and species distribution derived from central place foraging theory. – *Oecologia* 175(2): 537–548. DOI: 10.1007/s00442-014-2931-9.
- Onmuş O., Ağaoğlu Y., & Gül O. (2012). Environmental Factors Affecting Nest-Site Selection and Breeding Success of the White Stork (*Ciconia ciconia*) in Western Turkey. *The Wilson Journal of Ornithology*. 124. 354-361. 10.2307/41480753.
- Ots M., (2009). The White Stork (*Ciconia ciconia*) in Estonia till year 2008. – *Hirundo* 22: 32–42. Ożgo, M. & Boguczki, Z. 1999. Home range and intersexual differences in foraging habitat use of a White Stork (*Ciconia ciconia*) breeding pair. – In: Schulz, H. (ed.) *Weissstorch im Aufwind? – White Storks on the up? – Proceedings of the International Symposium on the White Stork, Hamburg 1996*. NABU, Bonn, pp. 437–442.
- Ouchtati N., (1993) – Contribution à l'inventaire et à l'étude des Brachinidés, Carabidés et Cicindelidés de la région d'El-kala. Thèse. Magistère. Univ. Annaba. 93 p.
- Ożgo, M. & Boguczki, Z. (1999). Home range and intersexual differences in foraging habitat use of a White Stork (*Ciconia ciconia*) breeding pair. – In: Schulz, H. (ed.) *Weissstorch im Aufwind? – White Storks on the up? – Proceedings of the International Symposium on the White Stork, Hamburg 1996*. NABU, Bonn, pp. 437–442.
- Panagopoulos D., (2023). *Electromagnetic Fields of Wireless Communications: Biological and Health Effects*. 10.1201/9781003201052.
- Pawel t. Dolata. 2006. « Close to Storks – a project of on-line of the White Stork *Ciconia ciconia* nest and potential use of on line monitoring in education and research». *The White Stork in Poland: studies in biology, ecology and conservation*. p. 437 - 448.

- Pestka Z., Zbyryt A., Sebastian M., & Jakubas D. (2023). Habitat suitability mapping of white stork *Ciconia ciconia* in one of its key European breeding areas. *Ecological Indicators*. 151. 110278. 10.1016/j.ecolind.2023.110278.
- Peterson R., Mountfort G., Hollom P.A.D. & P. Geroudet., (1986). Guide des oiseaux d'Europe. Ed. Delachaux & Niestlé, Neuchâtel, Paris, 460 p.
- Peterson R., Mountfort G., Hollom P.A.D. & P Geroudet., 2006. Guide Peterson des oiseaux de France et d'Europe. Le classique de l'édition ornithologique. Ed. Delachaux & Niestlé, Paris, 534 p.
- Petrov, T., Iankov, P. & Georgiev, D. (1999). Population status of the White Stork (*Ciconia ciconia*) in Bulgaria in the years 1994/95. – In: Schulz, H. (ed.) *Weissstorch im Aufwind? – White Storks on the up? – Proceedings of the International Symposium on the White Stork*, Hamburg 1996. NABU, Bonn, pp. 241–247.
- Plan Directeur d'Aménagement Urbain (PDAU)1996 wilaya el teref
- Profus P. (2005) Bestandsveränderungen des Weißstorchs *Ciconia ciconia* in Polen. *Charadrius*41,Heft 1-2:12-20.
- Profus P.(1986) « Zur Burtiologie und Bioenergetik des Weißstorchs In Polen. *Beih Veröff* ». *Naturschutz Landschaftspflege Bad Württ*,43, p. 205-220.
- Profus P., TryjanowskiP., TworekS., Zduniak P. (2004). Intrapopulation variation of egg size in the White Stork *Ciconia ciconia* in southern Poland. *Polish Journal of Ecology*,52(1), 7578.
- Puckett, E. E., Park, J., Combs, M., Blum, M. J., Bryant, J. E., Caccone, A., Costa, F., Deinum, E. E., Esther, A., Himsworth, C. G., & Munshi-South, J. (2016). "Global population divergence and admixture of the brown rat (*Rattus norvegicus*)."
Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 283(1841), 20161762.
- Puckett E., Park J., Combs M., Blum M., Bryant J., Caccone A., Costa F., Deinum E., Esther A., Himsworth C., Keightley P., Ko A., Lundkvist Å., Mcelhinney L., Morand S., Robins J., Russell J., Strand T., Suarez O., & Munshi-South J. (2016). Global population divergence and admixture of the brown rat (*Rattus norvegicus*).
Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 283.
10.1098/rspb.2016.1762.

- Redondo T., Tortosa F.S & Arias De Reyna I. (1995) « Nest switching and alloparental care in colonial white storks ». *Anim.Bchav*,49, p. 1097-1110.
- Riegner M. (1993). *Storks, Ibises and Spoonbills of the World*. James A. Hancock, James A. Kushlan, M. Philip Kahl. *The Quarterly Review of Biology*. 68. 603. 10.1086/418369.
- Rockey C., Vijay K., Prakash S., (2021). The decline of birds due to EM radiation: a review. *Webology*, Volume 18, Number 4, 2021. DOI: 10.29121/WEB/V18I4/114.
- Roiz D., Pontifes P., Jourdain F., Diagne C., Leroy B., Vaissière A., Tolsá M., Salles J., Simard F., & Courchamp F. (2024). The rising global economic costs of invasive *Aedes* mosquitoes and *Aedes*-borne diseases. *Science of The Total Environment*. 933. 173054. 10.1016/j.scitotenv.2024.173054.
- Rouag R., (1999). Contribution à l'inventaire de l'Herpétofaune dans la région d'El - Kala (Nord-Est algérien). Thèse. Magistère. Univ. Annaba. 79 p.
- Sakraoui D., Ziane N., Ghalem R., Boukheroufa M., & Habbachi, W. (2024). Is there an effect of electromagnetic waves from base stations on the breeding success of *Ciconia ciconia ciconia* in Algeria?. *Biosystems Diversity*. 31. 10.15421/012358.
- Salvati L., Ranazzi, L. & Manganaro, A.. (2002). Habitat preferences, breeding success, and diet of the Barn Owl (*Tyto alba*) in Rome: Urban versus rural territories. *Journal of Raptor Research*. 36. 224-228.
- Samraoui B. & de Belair G., (1998). Les zones humides de la Numidie orientale: Bilan des connaissances et perspectives de gestion. Synthèse. 4. 1-90.
- Saufi Mohamad & Ravindran, Shakinah & Hamid, Noor Hisham & Zainal Abidin, Cik Mohd Rizuan & Ahmad, Hamdan & Hassan, Ahmad & Salim, Hasber. (2019). Diet composition of introduced Barn Owls (*Tyto alba javanica*) in urban area in comparison with agriculture settings. 10.1101/574277.
- Sbiki M., (2008). Contribution à l'étude comparative des niches trophiques de deux échassiers de la région de Tébessa : La Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) et le Héron garde-bœufs (*Ardea ibis*). Mémoire. Magister, Uni. De Tébessa, 193 p.

- Schierer A., (1963). Les cigognes blanches en Alsace de 1959 à 1962. *Alauda*, 31 :137-148.
- Schuermann D, Mevissen M. Manmade Electromagnetic Fields and Oxidative Stress-Biological Effects and Consequences for Health. *Int J Mol Sci.* (2021) Apr 6;22(7):3772. doi: 10.3390/ijms22073772. PMID: 33917298; PMCID: PMC8038719.
- Schuermann, D.; Mevissen, M. Manmade Electromagnetic Fields and Oxidative Stress—Biological Effects and Consequences for Health. *Int. J. Mol. Sci.* 2021, 22, 3772.
- Schulz H. (1995) « Zur Situation des Weißstorchs auf den Zugrouten und in den Überwinterungsgebieten ». In Biber O., P. Enggist, C. Marti & T. Salathe (Eds.), *Conservation of the White Stork western population. 7-10 April 1994, Basle (Schweiz), Proceedings of the International Symposium on the White Stork (Western Population)*, 1995, p. 27-48.
- Schulz H., (1999) « The world population of the White Stork (*Ciconia ciconia*)». Results of the 5th International White Stork Census 1994/1995. In: Schulz H. (Ed.), *Weißstorch im Aufwind? White Stork on the up? Proceedings of the International Symposium on the White stork, Hamburg 1996-NABU (Naturschutzbund Deutschland e.V.), 1999, Bonn*, p. 351-365.
- Silling G., & J. Schmidt., (1994). Der Weibstorch, *Ciconia ciconia* Vögel des jahres1994. *Der falke*, 1: 11-16.
- Singh A., (2015). BirdLife International (2020) Species factsheet: *Liocichla bugunorum*. Downloaded from <http://www.birdlife.org> on 13/08/2020.
- Skov H., (1991). Population studies on the White Stork *Ciconia ciconia* in Denmark. In: Mériaux J.L. & al. (Eds.), *Actes du Colloque International, Les Cigognes d'Europe. Institut Européen d'Écologie/ Association Multidisciplinaire des Biologistes de l'Environnement, M CREUTZ G., 1988- Der Weißstorch Ciconia ciconia. Die neue Brehm Büch. 375-Wittenberg Lutherstadt.etz (France)*, pp. 119- 24.
- Soltani H., (2017) Etude démographique de la population nicheuse de cigogne blanche *Ciconia ciconia ciconia* de la wilaya de Annaba : ces des communes de berrahal et Ain Berda.2017.

- Stasinopoulou M., Fragopoulou A.F., Koussoulakos S.L., Margaritis L.H., (2016) Exposure of pregnant rats to a 2.44 GHz WiFisignal: Effects on offspring's development and behavior. *Journal of Chemical Neuroanatomy*, 75(Pt B), pp. 107-113.
- Statista. (2020). Mobile internet usage in the United States during the COVID-19 pandemic as of March 2020, by age group. Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/1102733/mobile-internet-usage-us-covid-by-age/>
- Steffen, Will & Broadgate, Wendy & Deutsch, Lisa & Gaffney, Owen & Ludwig, Cornelia. (2015). The Trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*. 10.1177/2053019614564785.
- Thimm G., Ben-Yacoub S., Luettin J. (1999). Évaluation de la complexité des bases de données pour l'identification et la vérification des personnes. In : Solina, F., Leonardis, A. (éd.) *Analyse informatique des images et des motifs*. CAIP 1999. Notes de cours en informatique, vol. 1689. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Thomas J.P., Heringua A.G., Ledant J.P. & W. Mazern., (1975). Recensement national des cigognes blanches. Rapport polycopié, Inst. Nat. Agro / Algérie -Actualités, 41 p.
- Tolba, S., Doumandji, S. E., Khammar, F., & Boukhatem, N. (2018). Parasitism of white stork (*Ciconiaciconia*) by ticks (Ixodidae) in Algeria. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*, 12(1), 23-30.
- Tomruk A., Özgür Buyukatalay E., Ozturk G.G., & Ulusu N.N., (2022). Short-term exposure to radiofrequency radiation affects metabolic enzyme activities during pregnancy and prenatal development of New Zealand White rabbits. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, Volume 71, 2022, 126844, ISSN 0946-672X.
- Travis J., Delgado M., Bocedi G., Baguette M., Bartoń K., Bonte D., Boulangeat I., Hodgson J., Kubisch A., Penteriani V., Saastamoinen M., Stevens V., Bullock J. (2013). Dispersal and species' responses to climate change. *Oikos*. 122. 10.1111/j.1600-0706.2013.00399.x.
- Upadhyaya C., Upadhyaya T. & Ishita Pate., (2022). Exposure effects of non-ionizing radiation of radio waves on antimicrobial potential of medicinal plants. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences* 15 (2022) 1–10.

- Urban, Emil. (2006). Oiseaux d'Algeria-Birds of Algeria. The Auk. 123. 913-915. 10.1093/auk/123.3.913.
- Vanden Bossche W., Berthold P., Kaatz M., Nowak E., Querner U. (2002). Eastern European White Stork populations : migration studies and elaboration of conservation measures. Bundesamt für Naturschutz (BfN) / German Federal Agency for Nature Conservation, Bonn.
- Vergara P., Aguirre J.I., Fernandez-Cruz M. « Arrival date, age and breeding success in white stork *Ciconia ciconia* ». J. Avian Biol. 2007, 38, p. 573-579.
- Vitousek, Peter & Mooney, Harold & Lubchenco, Jane & Melillo, Jerry. (1997). Human Domination of Earth's Ecosystems. Science. 277. 10.1007/978-0-387-73412-5-1.
- Waldmann-Selsam, C., Balmori-de la Puente, A., & Breunig, H. (2016). Radiofrequency radiation injures trees around mobile phone base stations. Science of The Total Environment, 572, 554-569.
- Whitfield Ph., & R. Walker., (1999). Le grand livre des animaux. Ed. Lavoisier, Paris, 616 p.
- Wuczyński A. (2006). Colonization of new territories: the White Stork *Ciconia ciconia* distribution and population changes in the Sudeten Mountains (Poland).
- Zosangzuali M, Lalramdinpuii M, Jagetia GC. (2021). Radio frequency electromagnetic radiation from mobile base stations and oxidative stress: a review. J Environ Pathol Toxicol Oncol :40(1):1-18.