



People's Democratic Republic of Algeria
Ministry of Higher Education and Scientific Research



University of El Oued
Faculty of Natural Life and Sciences
Laboratory of Biology, Environment and Health

A Doctoral Thesis

Submitted in fulfilment of the requirements for the/ Doctorate degree in the third cycle
(LMD)

Field: Ecology and environment

Specialization: Ecology and environment

Etude écologique de l'avifaune dans le Sahara Septentrional Est -Algérie (Oued Souf)

Presented by: GUEDDOUL Messaoud

Supervised by: MOUANE Aicha

Defended in the presence of the Examination Committee:

Name	Rank	Affiliation	Role
KHEZZANI Bachir	Pr	U. of El Oued	Chair
MOUANE Aicha	MCA	U. of El Oued	Supervisor
SELMANE Mehdi	MCA	U. of El Oued	Co-Supervisor
SADINE Salah Eddine	Pr	U. of Ghardaïa	Examiner
BENKENANA Naima	Pr	U. of Constantine	Examiner
BOUKHTACHE Naoual	MCA	U. of El Oued	Examiner
MAHDA Ismail	MCA	U. of El Oued	Examiner
BOUZID Abdelhakim	Pr	U. of Ouargla	Invited

Academic Year: 1447-1448 AH / 2025-2026

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A ma mère et mon père

A mes frères et mes sœurs

A toutes la familles GUEDDOUL

*À ma promotion de doctorants, avec qui j'ai partagé ce
parcours*

A mes collègues de la conservation des forêts El Oued.

*A tous les enseignants de département de biologie à
l'université d'El Oued.*

A Toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin.

GUEDDOUL Messaoud

Remerciement

Avant toute chose, je remercie ALLAH, le Tout Puissant, pour sa grâce et ses bienfaits, la patience et le courage qu'ils m'ont accordés tout au long de ma vie afin de traverser les moments difficiles, ainsi que pour son aide dans l'accomplissement de cette thèse de doctorat et tout au long de notre parcours scientifique. Je lui demande de m'accorder le succès et de me faciliter la poursuite de ma carrière scientifique.

Les travaux présentés dans ce document n'auraient pu aboutir sans la contribution et la collaboration de nombreuses personnes. C'est avec un grand plaisir que j'exprime ma sincère reconnaissance pour tous ceux qui, à différents niveaux, ont contribué à la réalisation de cette thèse.

En premier lieu, j'exprime ma sincère reconnaissance à ma directrice de thèse **Madame MOUANE Aicha** : Maitre de conférences classe A ainsi qu'à mon Co-encadreur **Monsieur SELMANE Mehdi** Maitre de conférences classe A, tous deux à l'université d'El Oued, pour m'avoir guidé tout au long de cette étude. Je les remercie pour leurs précieux conseils et orientations, leurs disponibilités constantes dans toutes les étapes de ce travail ainsi que pour leurs remarques pertinentes et suggestions judicieuses qu'ont permis d'améliorer la qualité de ce travail.

Je remercie également l'ensemble des membres du jury qui ont accepté d'évaluer ce travail et de m'apporter leur expertise et leur jugement éclairé :

Monsieur KHEZZANI Bachir professeur à l'université d'El Oued qui a accepté de présider le jury et les examinateurs **SADINE Salah Eddine** professeur à l'université de Ghardaïa, **BENKENANA Naima** professeur à l'université de Constantine, **BOUKHTACHE Naoual** maître de conférences A à l'université d'El Oued, **MAHDA Ismail** maître de conférence A à l'université d'El Oued et **BOUZID Abdelhakim** professeur à l'université de Ouargla d'avoir accepté de participer au jury et d'examiner ce travail.

J'adresse mes sincères remerciement à **Monsieur CHEDAD Abdelwahab** doctorant au Laboratoire de recherche agronomie environnement, Université de Tissemsilt, **BOUZID Abdelhakim** professeur à l'université de Ouargla et **SAMRAOUI Boudjemaa** professeur à l'université de Annaba, pour leurs précieuses orientations et leurs expertises dans le domaine d'ornithologie, apportés durant mon parcours de recherche et qui m'ont permis d'achever ce travail.

Je tiens également à remercier aussi tous les forestiers de la conservation des forêts de la wilaya d'El Oued, à leur tête **Mr. GUEDDOUAR Oualid**, Conservateur des forêts de la wilaya d'El Oued et **Mr ZAGHDI Ali** chef service d'extension du patrimoine forestier et la protection de la faune et la flore pour son soutien matériel et moral apporté ainsi que pour les encouragements tout au long de la préparation de ce travail.

Je remercie également les cadres et les agents de l'Office National de l'Assainissement (ONA) de la wilaya d'El Oued, en particulier ceux de la station d'épuration des eaux usées de Kouinine, pour leur précieux soutien apporté lors de l'élaboration de ce travail. Nous rendons hommage à l'âme du regretté **Houri Youcef**, ancien directeur de la station d'épuration de Kouinine et implorons Allah Tout-Puissant de l'envelopper de sa vaste miséricorde.

Ma reconnaissance à tous ceux qui nous ont soutenus et encouragés en toute circonstance, de près ou de loin, dans la réalisation de ce travail.

المخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تنوع الطيور من خلال جرد شامل في منطقة وادي سوف بالصحراء الجزائرية الشمالية، مع إبراز القيمة الطيرية والبيئية الاستثنائية للموائل المختلفة لا سيما المناطق الرطبة، مع رصد توسع المنطقة الجغرافية لنوعين من الطيور و دراسة إيكولوجيا التكاثر لطائر الزقزاق الإسكندري *Anarhynchus alexandrinus*. أجرينا جردًا للطيور في مختلف الموائل البيئية لمنطقة الدراسة خلال الفترة الممتدة من سبتمبر 2023 إلى أوت 2025، إلى جانب متابعة نصف شهرية (سبتمبر 2023 – أغسطس 2024) للتنوع الطيري على مستوى شط الوادي. علاوةً على ذلك، درسنا الإيكولوجيا التكاثرية لطائر الزقزاق الإسكندري من خلال متابعة 134 عشًا موزعة على وسطين بيئيين مختلفين (طبيعي واصطناعي) خلال موسم التكاثر لعام 2024. تم رصد 120 نوعًا تنتمي إلى 20 رتبة و 40 فصيلة، وهو ما يمثل 29.5% من أصناف الطيور الجزائرية. يتألف مجتمع الطيور من 74 طائرًا بريًا و 46 طائرًا مائيًا، من بينها 5 أنواع مدرجة في القائمة الحمراء للاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة (IUCN)، و 35 نوعًا محميًا بموجب التشريعات الجزائرية. تهيمن على المجتمع الطيري الطيور المهاجرة بشكل واسع 87 نوعًا، منها 42 نوعًا عابرًا و 36 نوعًا شتويًا. كما تُسجل الدراسة، لأول مرة، التوسع الجغرافي لمنطقة توزيع طائر درسة القصب *Emberiza schoeniclus*، فضلًا عن امتداد منطقة تكاثر اللقلق الأبيض *Ciconia ciconia* بالصحراء الجزائرية. على مستوى شط الوادي، تم تسجيل 71 نوعًا وتمثل 59.16% من إجمالي الثراء النوعي بالمنطقة، موزعةً بين 39 طائرًا مائيًا و 32 طائرًا بريًا، تنتمي إلى 15 رتبة و 29 فصيلة، من بينها 4 أنواع شبه مهددة و 21 نوعًا محميًا بموجب التشريع الجزائري. إضافةً إلى ذلك، تم الحصول على نتائج قيمة تتعلق بالجوانب الرئيسية لبيولوجيا تكاثر طائر الزقزاق ذي الطوق المنقطع *A. alexandrinus*، مع إبراز الأهمية البالغة للأوساط الطبيعية في نجاح التكاثر واستدامة أعداد هذه الفصيلة وسائر الطيور المائية المهاجرة، مع تحديد الأوساط البشرية المنشأ كمصادر بيئية محتملة. تشكل مجمل هذه النتائج إسهامًا علميًا بارزًا في إثراء المعرفة بالتنوع الطيري المحلي والإقليمي، وتؤكد القيمة الإيكولوجية الاستثنائية لموائل منطقة الدراسة بوصفها موقعًا رئيسيًا للإشتاء، ومحطةً محوريةً للتوقف، ومنطقةً للتكاثر بالنسبة للطيور المهاجرة العابرة للصحراء.

الكلمات المفتاحية: جرد، طيور، توسع، أراضي رطبة، تكاثر، وادي سوف.

Abstract

This study aims to assess avian diversity through an exhaustive ornithological inventory in the Oued Souf area (northern Algerian Sahara), while highlighting the exceptional ornithological and ecological value of the various habitats, particularly wetlands, tracking the range expansion of two species, and studying the reproductive ecology of the Kentish Plover *Anarhynchus alexandrinus*. We conducted an ornithological inventory across the different habitats of the study area through the period from September 2023 to August 2025 and a bi-monthly monitoring survey (September 2023 – August 2024) of avian diversity at Chott El Oued. In addition, we studied the reproductive ecology of the Kentish Plover by monitoring 134 nests distributed across two distinct habitats (natural and artificial) during the 2024 breeding season. A total of 120 species were recorded, belonging to 20 orders and 40 families, representing 29.5% of the Algerian avifauna. The avian community comprises 74 terrestrial birds and 46 waterbirds, including 5 species listed on the IUCN Red List and 35 species protected under Algerian law. The community is largely dominated by migratory species (87 species), of which 42 are passage visitors and 36 are wintering species. The study also documents for the first time the geographical range expansion of the Common Reed Bunting *Emberiza schoeniclus*, and the extension of the breeding range of the White Stork *Ciconia ciconia* into the Algerian Sahara. At Chott El Oued, 71 species were recorded representing 59.16% of the total species richness distributed among 39 waterbirds and 32 terrestrial birds, belonging to 15 orders and 29 families, including 4 near-threatened species and 21 species protected by Algerian legislation. Furthermore, valuable results were obtained on key aspects of the reproductive biology of the Kentish Plover *A. alexandrinus*, while highlighting the crucial importance of natural habitats for the breeding success and population viability of this species and other migratory waterbirds and They also identifies anthropogenic habitats as potential ecological traps. Collectively, these findings constitute a significant contribution to the knowledge of local and regional avian diversity, and corroborate the exceptional ecological value of the study area's habitats as a major wintering site, a key stopover site, and a breeding ground for trans-Saharan migratory birds.

Keywords: Inventory, avifauna, expansion, wetland, reproduction, Oued Souf

Résumé

Cette étude a pour objectif d'évaluer la diversité aviaire à travers un inventaire ornithologique exhaustif dans la zone d'Oued de Souf (Sahara septentrional algérien), tout en mettant en évidence la valeur ornithologique et écologique exceptionnelle des différents habitats, notamment les zones humides, le suivi de l'expansion de l'aire de répartition de deux espèces et l'étude de l'écologie reproductive du pluvier à collier interrompu *Anarhynchus alexandrinus*. Nous avons réalisé un inventaire ornithologique dans les différents habitats de la zone d'étude durant la période allant de Septembre 2023 à Aout 2025 et un suivi bimensuel (Septembre 2023 - Aout 2024) de la diversité aviaire au niveau du Chott El Oued. De plus, nous avons étudié l'écologie de reproduction du Pluvier à collier par le suivi de 134 nids répartis sur deux habitats distincts (naturel et artificiel) pendant la période de reproduction en 2024. Nous avons recensé 120 espèces réparties en 20 ordres et 40 familles, ce qui représente 29,5% de l'avifaune algérienne. Le peuplement aviaire comprend 74 oiseaux terrestres et 46 oiseaux d'eaux, incluant 05 espèces classées sur la liste rouge de l'UICN et 35 espèces protégées par les lois Algériennes. La communauté est largement dominée par les migrateurs (87 espèces), dont 42 espèces visiteur de passage et 36 espèces hivernantes. L'étude souligne également pour la première fois l'expansion géographique de l'aire de répartition du Bruant des roseaux *Emberiza Schoeniclus* et l'extension de l'aire de reproduction de la Cigogne Blanche *Ciconia ciconia* au Sahara Algérien. Au niveau du Chott El Oued, nous avons enregistré 71 espèces, soit 59,16% de la richesse totale, réparties en 39 oiseaux d'eau et 32 oiseaux terrestres, appartenant à 15 ordres et 29 familles dont quatre espèces quasi menacées et 21 espèces protégées par la législation Algérienne. De plus, nous avons obtenu des résultats précieux sur les aspects clés de la biologie de la reproduction de Pluvier à collier interrompu *A. alexandrinus*, tout en mettant en évidence l'importance cruciale des habitats naturels pour la reproduction et la viabilité des populations de cette espèce et des autres oiseaux aquatiques migrateurs et en identifiant aussi les habitats anthropiques comme des pièges écologiques potentiels. L'ensemble de ces résultats constitue une contribution significative à la connaissance de la diversité aviaire locale et régionale, et confirme la valeur écologique exceptionnelle des habitats de la zone d'étude en tant que site d'hivernage majeur, halte migratoire clé et site de reproduction pour les oiseaux migrateurs transsahariens.

Mots clés : Inventaire, avifaune, expansion, zone humide, reproduction, Oued Souf.

Liste des figures

Figure 1: Carte des Secteurs et les sous-secteurs phytogéographiques de l'Algérie (Meddour., 2021 ; modifié, 2025)	6
Figure 2: Localisation géographique de la zone d'étude (originale, 2025)	7
Figure 3: Températures mensuelles moyennes, maximales et minimales et amplitude thermique de la région d'étude durant la période 2015-2024.....	8
Figure 4: Répartition de la précipitation totale annuelle sur une période de 10 ans (2015-2024).	9
Figure 5: Distribution saisonnière des précipitations mensuelle moyenne durant la période 2015-2024.	10
Figure 6: Distribution des précipitations mensuelles durant les années 2015 jusqu'à 2024. ..	10
Figure 7: Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS & GAUSSEN pour la région Souf (Station météorologique Guemar – El Oued, période 2015-2024).	12
Figure 8: L'étage bioclimatique de la région Souf sur le Climagramme pluviométrique d'Emberger.....	14
Figure 9: Zone humide Chott Melghir, (A) image Google Earth et (B) photo originale.	17
Figure 10: Zone humide Chott Merouane et Oued Khrouf (coté Hamraia), (A) image Google Earth et (B) photo originale.	17
Figure 11: Zone humide Chott El Oued, (A) image Google Earth et (B) photo originale.	18
Figure 12: Station d'épuration des eaux usées de Kouinine, (A) image Google Earth et (B) photo originale.	19
Figure 13: Zone humide rejet Taleb Larbi, (A) image Google Earth et (B) photo originale...19	
Figure 14: Rejet chott Dhiba, (A) image Google Earth et (B) photo originale.....	20
Figure 15: Paysage générale de la végétation dans la zone d'étude : (A) Paysage arbustive à base de Zita (Route El Feidh), (B) Paysage arbustive à base de l'Arta (entre Taleb Larbi et Douar El Maa), (C) parcours dégradé (D) paysage dunaire (El Ogla) (photos originales, 2025).	21
Figure 16: Image de google earth (A) represente Palmeraies (B) et agriculture de pomme de terre (C) dans la zone d'étude (photos originales, 2025).....	22

Figure 17: Secteur urbain de la zone d'étude, (A) cité résidentielle, (B) route bordée par des plantations d'alignement, (C) bosquet d'eucalyptus (forêt péri-urbaine) et (D) zone péri-urbaine (photos originales, 2025).	23
Figure 18: Localisation géographique de la zone humide urbaine Chott El Oued dans la wilaya d'El Oued, nord-est du Sahara Algérien : Situation (A) et une vue (B) de la zone humide (Originale).	29
Figure 19: Localisation géographique de la station d'épuration des eaux usées 01 dans la province d'El Oued, nord-Est du Sahara Algérien : Situation (A) et vue (B) de la station (Originale).	35
Figure 20: Mesure du diamètre du nid (A) et distance nid – plan d'eau (B) et hauteur du plante (C) où le nid pluvier à collier interrompu été installé (D) à l'aide d'un mètre ruban (photos originales, 2024).	37
Figure 21: Mesure du largeur (A) et longueur (B) à l'aide d'un pied à coulisse numérique (0,01 mm) et la masse (C) par une balance numérique (0,01 g) des œufs du pluvier à collier interrompu (D) (photos originales, 2024).	38
Figure 22: Mesure du poids des poussin (A) lords du premier jour d'éclosion (B, C) à l'aide d'une balance numérique (0,01g) (photos originales, 2024).	39
Figure 23: Nombre des familles et des espèces de la communauté aviaire dans la wilaya d'El Oued, Nord-est du Sahara septentrional Algérien.	42
Figure 24: Nombre des ordres, des familles et des espèces de la communauté aviaire dans la wilaya d'El Oued par type d'oiseaux, Nord-est du Sahara septentrional Algérien.	43
Figure 25: Diagramme de Venn montrant des taxons uniques et partagés à travers les types d'habitats.	43
Figure 26: Les statuts phénologiques de la communauté aviaire dans la région du Souf.	44
Figure 27: Les espèces classées quasi-menacé selon la liste rouge de l'UICN ; (A) Fuligule nyroca <i>Aythya nyroca</i> , (B) Marmaronette marbrée <i>Marmaronetta angustirostris</i> , (C) Pie-grièche à tête rousse <i>Lanius s. senator</i> (photos originales, 2025).	45
Figure 28: Les espèces classées vulnérable selon la liste rouge de l'UICN Tourterelle des bois <i>Streptopelia t. turtur</i> (A) et Bécasseau cocorli <i>Calidris ferruginea</i> (B) (photos originales, 2025).	45

Figure 29: Espèces protégées par la législation algérienne ; La Cigogne blanche <i>Ciconia c. ciconia</i> (A), Le Flamant rose <i>Phoenicopterus roseus</i> (B), Tadorne casarca <i>Tadorna ferruginea</i> (C), Guêpier de perse <i>Merops persicus chrysocercus</i> (D), ; Faucon crécerelle <i>Falco t. tinnunculus</i> (E) et Glaréole à collier <i>Glareola p. pratincola</i> (F) (photos originales, 2025).	46
Figure 30: Variations saisonnières de la richesse spécifique de l'avifaune dans la wilaya d'El Oued, Nord-est du Sahara septentrional Algérien.	48
Figure 31: Graphique en aires empilés représente la distribution saisonnière des statuts phénologiques de l'avifaune dans la wilaya d'El Oued, Nord-est du Sahara septentrional Algérien.	50
Figure 32: Carte de la localisation géographique de la nouvelle observation du bruant des roseaux dans le nord-est du Sahara et l'aire de répartition actuelle en Algérie (Originale).	51
Figure 33: Bruant des roseaux sur les roseaux (A) et se nourrissant de graines du phragmite (B) au Chott El Oued, nord-est du Sahara Algérien (photos originales, 2024).	52
Figure 34: Situation géographique de nouveau site de reproduction dans la province d'El Oued, nord-est du Sahara Algérien et son aire de répartition connue et les nouveaux sites d'existante de la cigogne blanche en Algérie (Originale).	54
Figure 35 : Site de nidification en milieu urbain à proximité de la zone humide urbaine Chott El Oued (A), Nid sur l'antenne-relais de téléphonie mobile (B), Adulte avec deux juvéniles (C), Nid sur un pylône électrique à haute tension (D) (photos originales, 2025).	55
Figure 36: Composition de la communauté aviaire dans la zone humide Chott El Oued : Nombre de familles et d'espèces (A), Graphique en secteurs à anneau montrant le pourcentage d'ordres et de familles pour les catégories d'oiseaux terrestres (B) et d'oiseaux d'eau (C).	59
Figure 37: Marmaronette marbrée avec ces poussins au chott El Oued, Nord-est du Sahara septentrional Algérien (photo originale, 2024).	60
Figure 38: Les valeurs de la richesse spécifique des oiseaux d'eau durant un cycle annuel (Septembre 2023 – Août 2024) au Chott El Oued, Nord-Est du Sahara Algérien.	62
Figure 39: Distribution bimensuelle de l'abondance des oiseaux d'eau et terrestres dans le Chott El Oued, Nord-Est du Sahara Algérien.	63
Figure 40: Diagramme de flux illustrant l'abondance proportionnelle des espèces selon les mois dans le Chott El Oued, Nord-Est du Sahara Algérien.	64

Figure 41: Évolution temporelle des valeurs des indices de diversité de la communauté des oiseaux d'eau dans le Chott El Oued, nord-Est du Sahara Algérien.	65
Figure 42: Mâle (A) et femelle (B) de Pluvier à collier interrompu <i>Anarhynchus alexandrinus</i> (photos originales, 2024).	66
Figure 43: Suivi bimensuel des populations de Pluvier à collier interrompu (<i>Anarhynchus alexandrinus</i>) dans les deux zones humides naturelle et artificielle du nord-est du Sahara Algérien au cours d'un cycle annuel complet (Septembre 2023 – Août 2024).....	67
Figure 44: Répartition temporelle des nids actifs de Pluvier à collier interrompu sur les deux sites au cours de la saison de reproduction.	68
Figure 45: Répartition des nids sous les plantes halophytes selon la direction géographique.	69
Figure 46: Différence entre le diamètre externe et interne des nids du pluvier à collier interrompu selon le type de la zone humide.	70
Figure 47: Différence entre la longueur (A), largeur (B), la masse (C) et le volume (D) des œufs du pluvier à collier interrompu selon le type de la zone humide.....	72
Figure 48: Graphique en boîte à moustache avec nuage des points comparant la taille de la ponte entre la zone humide naturelle et artificielle.	74
Figure 49: Graphique en boîte à moustache avec nuage des points comparant le nombre des œufs éclos entre la zone humide naturelle et artificielle.	74
Figure 50: Graphique en boîte à moustache avec nuage des points comparant le succès d'éclosion entre la zone humide naturelle et artificielle.	75
Figure 51: Nombre total de nids et nids échoués par mois.....	75

Liste des tableaux

Tableau 1: Les divisions phytogéographiques de l'Algérie.....	5
Tableau 2: Humidité relative de l'air pour la période 2015-2024.....	11
Tableau 3: Vitesse mensuelle moyenne du vent durant la période 2015-2024.	11
Tableau 4: Statuts phénologique de l'avifaune inventoriées dans la zone d'étude.....	44
Tableau 5: Liste des oiseaux du Chott El Oued au Nord-est du Sahara Algérien.	56
Tableau 6: Statut Phénologique de l'avifaune du Chott El Oued, Nord-est du Sahara Algérien.....	61
Tableau 7: Caractéristiques des nids du Pluvier à collier interrompu, nord-est du Sahara Algérien.....	69
Tableau 8: Dimensions et masses des œufs du Pluvier à collier interrompu dans les zones humides du nord-est du Sahara Algérien.	71
Tableau 9: Taille de la ponte du Pluvier à collier interrompu dans les zones humides du nord-est du Sahara Algérien.	73
Tableau 10: Succès de la reproduction des Pluviers à collier interrompu dans les deux types d'habitats au cours de la saison de reproduction.....	76
Tableau 11: Résumé du GAM binomial sur l'effet du type de la zone humide sur les résultats de nidification du Pluvier à collier interrompu.	77
Tableau 13: Résumé du GAMs à erreur de poisson sur l'effet du type de la zone humide sur le sucée d'éclosion.....	77
Tableau 13. Mesures moyennes des œufs de Pluvier à collier interrompu dans différentes régions géographiques	94

Sommaire

Dédicace

Remerciement

الملخص

Abstract

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....1

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

1	Présentation du Sahara Septentrional Algérien	5
2	Présentation de la zone d'étude	7
2.1	Situation géographique et administrative.....	7
2.2	Cadre climatique.....	7
2.2.1	Température	8
2.2.2	Précipitation.....	8
2.2.3	Humidité de l'air	11
2.2.4	Les vents	11
2.3	Cadre bioclimatique.....	11
2.3.1	Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN	12
2.3.2	Quotient pluviothermique d'Emberger (Q ₂).....	13
2.3.3	Indice d'aridité de De Martonne.....	14
3	Caractérisation et description des habitats de la zone d'étude	15
3.1	Les zones humides :.....	16
3.1.1	Les zones humides naturelles :	16
3.1.2	Les zones humides artificielles :	18
3.2	Les terres ouvertes	20
3.3	Agrosystèmes sahariens	21
3.4	Milieus urbains.....	23

Chapitre II : Matériels et Méthodes

1	Inventaire de l'avifaune dans la zone d'étude	24
1.1	Dénombrement des oiseaux d'eau	24
1.2	Dénombrement des oiseaux terrestres	24
1.3	Période et matériels utilisés	25
1.4	Identification des espèces et Organisations des données de l'inventaire.....	25
1.5	Suivi de l'aire de distribution de deux espèces migratrices	26
1.5.2	Bruant des roseaux <i>Emberiza Schoeniclus</i>	26
1.5.3	La Cigogne Blanche <i>Ciconia ciconia</i>	26
2	Valeur ornithologique et écologique d'une zone humide « Chott El Oued »	27
2.1	Le choix du Chott El Oued : enjeux et nécessité d'une étude ornithologique.	27
2.2	Présentation du Chott El Oued	28
2.3	Collecte et organisations des données ornithologiques	29
2.4	Exploitation des résultats par des indices écologiques	30
2.4.1	Abondance relative (AR%).....	30
2.4.2	Fréquence d'occurrence « FO ».....	30
2.4.3	La richesse Totale et spécifique	30
2.4.4	Indice de Shannon-Weaver.....	30
2.4.5	Equitabilité de Piélou	31
2.4.6	Indice de Simpson	31
2.4.7	Indice de Margalef	31
2.5	Analyses statistiques	32
3	Ecologie de reproduction du pluvier à collier interrompu <i>Anarhynchus alexandrinus</i>	32
3.1	Le Pluvier à collier interrompu comme espèce modèle : état des connaissances et enjeux écologiques.....	32
3.2	Sites et périodes d'étude	34
3.3	Suivi de la population	35
3.4	Collecte de données sur la reproduction	36
3.4.1	Période de reproduction.....	36

3.4.2	Recherche et localisation des nids.....	36
3.4.3	Caractéristiques des nids	36
3.4.4	Mesure des œufs.....	37
3.4.5	Les paramètres de reproduction	39
3.5	Analyses statistiques	40

Chapitre III : Résultats

1	Inventaire de l'avifaune dans la région Souf.....	41
1.1	Composition de la communauté aviaire dans la région Souf	41
1.2	Variation Saisonnière de la Richesse Spécifique	47
1.3	Dynamiques phénologique temporelle de la communauté aviaire	48
2	Expansion de l'aire de distribution de deux espèces migratrices	50
2.1	Première observation du Bruant des roseaux <i>Emberiza Schoeniclus</i> au Sahara.....	50
2.2	Expansion de l'aire de reproduction de la Cigogne Blanche <i>Ciconia ciconia</i> au Sahara Algérien	52
3	Diversité, structure et dynamique des populations de la communauté aviaire dans le Chott El Oued, Sahara septentrional Algérien.	55
3.1	Diversité de l'avifaune.....	55
3.2	Statut de protection des espèces d'oiseaux	60
3.3	Phénologie de l'avifaune du chott El Oued	61
3.4	Diversité des oiseaux d'eaux et les indices de diversité	61
3.4.1	La richesse spécifique	61
3.4.2	Abondance relative et fréquence d'occurrence.....	62
3.4.3	Indices de diversité et relations statistiques.....	64
4	Ecologie de reproduction du Pluvier à collier interrompu <i>Anarhynchus alexandrinus</i>	65
4.1	Modèles saisonniers et dynamiques des populations.....	65
4.2	Phénologie de reproduction.....	67
4.3	Habitat de reproduction et caractéristiques des nids.....	68
4.4	Caractéristiques et masses des œufs	71
4.5	Taille de la ponte et schémas d'incubation.....	72
4.6	Taux d'éclosion des œufs et succès de reproduction	73

Chapitre IV : Discussion

1	La diversité avienne dans la région Souf	79
2	Extension de l'aire de répartition des espèces.....	84
2.1	Bruant des roseaux.....	84
2.2	La cigogne Blanche	84
3	Chott El Oued : valeur ornithologique et écologique	88
4	Biologie de reproduction du pluvier à collier interrompu.....	90
4.1	Phénologie et dynamique de la population du Pluvier à collier interrompu ...	90
4.2	Phénologie de la reproduction.....	91
4.3	Habitat de nidification.....	92
4.4	Caractéristiques du nid.....	93
4.5	Caractéristiques des œufs.....	93
4.6	Taille de la ponte et schémas d'incubation	94
4.7	Succès de la reproduction.....	95
4.8	Facteurs influençant le succès reproductif	96
4.9	Prédateurs et menaces	97
	Conclusion	99
	Références bibliographiques	103

Introduction

Introduction

Les espèces aviaires remplissent des fonctions écologiques essentielles, et leurs patterns de répartition, leur dynamique démographique et leurs réponses comportementales, constituent un outil de choix pour caractériser les milieux et fournissent des indicateurs sur leurs qualités et aussi de la diversité biologique au sein de territoires spécifiques (Ravussin, 1983). Dans ce contexte, le déclin mondial de la biodiversité représente aujourd'hui l'une préoccupation majeure en matière de conservation de la nature (Engel et al., 2024), d'autant plus que le climat constitue un facteur déterminant fondamental qui contrôle la distribution spatiale de la biodiversité à l'échelle planétaire (Pecl et al., 2017).

Le changement climatique se manifeste par des modifications des régimes de précipitations et de température (Coumou & Rahmstorf, 2012; Robinson et al., 2021), impactant profondément la vie sur Terre (Khezzani, 2021). Ces changements intensifient d'autres menaces anthropiques simultanées pour la faune sauvage, comme la perte d'habitat et l'altération de l'utilisation des sols, amplifiant ainsi les défis auxquels font face les espèces et leurs écosystèmes (Kim & Weaver, 1994; Greening et al., 2025).

Les zones humides, en tant que composantes vitales de l'environnement, comptent parmi les écosystèmes les plus productifs de la planète (Perennou et al., 2020). Elles fournissent un large éventail de services écosystémiques et sont essentielles au maintien de la biodiversité mondiale (Alikhani et al., 2021). Bien que leur importance et leur valeur, les zones humides figurent également parmi les écosystèmes les plus menacés à l'échelle planétaire (Zhou et al., 2020a). Leur biodiversité élevée est influencée par des facteurs tels que l'origine, la localisation géographique, les régimes hydrologiques et chimiques, les espèces dominantes et les caractéristiques pédologiques (Houlahan et al., 2006; Bassi et al., 2014). Les modifications résultantes de ces facteurs causent des dégradations d'habitats et une redistribution géographique pour de nombreuses espèces animales (T. F. Stocker et al., 2014; Pecl et al., 2017). Ces contraignant ont modifiés les aires de répartition des espèces en migrant vers de nouveaux habitats climatiquement plus favorables (Cooperrider et al., 1996; Koufaki et al., 2024).

L'avifaune, principalement les oiseaux migrateurs, est influencée par les conditions environnementales à travers leurs aires de répartition (Arizaga et al., 2006). Ces espèces présentent une forte vulnérabilité aux modifications de l'habitat (Thongsoulin et al., 2019) et leurs mode phénologiques évoluent en réponse au changement climatique (McDermott &

DeGroot, 2017). Par conséquent, les populations d'oiseaux migrateurs à capacité d'adaptation limitée ou celles qui ne parviennent pas à manifester une plasticité comportementale en réponse aux facteurs écologiques changeants sont en déclin et voient s'accroître leur risque d'extinction (Møller et al., 2008). Les oiseaux migrateurs à long distance, y compris les migrateurs transafricains, semblent être plus sensibles au changement climatique (Both & Visser, 2001; Both et al., 2010).

Certainement, les espèces aviaires, particulièrement les oiseaux d'eau, constituent de bons bioindicateurs de la santé environnementale et écosystémique dans le contexte du changement climatique, de l'urbanisation et des modifications anthropiques (Bensizerara et al., 2013; Gregory & Strien, 2010).

L'Algérie est un vaste pays d'Afrique du Nord qui englobe un gradient bioclimatique allant du littoral méditerranéen humide aux zones sahariennes hyper-arides, caractérisé par des gradients pluviométriques longitudinaux (croissant d'ouest en est) et latitudinaux (décroissant du nord au sud) (Bouaoune & Dahmani-Megrerouche, 2010; Chenchouni et al., 2025). Cette position géographique au sein du réseau migratoire de la région paléarctique confère au pays un rôle critique dans les migrations trans-sahariennes qui interconnectent l'Eurasie et l'Afrique tropicale, et constitue un habitat important pour 406 espèces d'oiseaux migrateurs et sédentaires (Isenmann & Molai, 2000).

Le Sahara Algérien apparaît comme un milieu relativement pauvre en espèces avifaunistique en comparaison avec la partie nord du pays où les écosystèmes diversifiés (écosystèmes forestières, humides, agricole) abritent une importante richesse ornithologique. Néanmoins, il est doté d'une riche ressource en zones humides, comprenant des zones humides naturelles telles que les chotts, les sebkhas et les lacs, ainsi que des zones artificielles comme les barrages et les stations d'épuration des eaux usées (B. Samraoui & Samraoui, 2008). Ces zones humides constituent des sites cruciaux pour les oiseaux, offrant une nourriture abondante et des habitats appropriés pour l'hivernage des oiseaux d'eau le long des voies de migration entre le Paléarctique et l'Afrique subsaharienne (Samraoui et al., 2011). De plus, importants agroécosystèmes (les palmeraies) uniques et essentiels vues de leurs caractéristiques écologiques en créant un écosystème propice à la réception de diverses formes de vie, y compris les oiseaux (Guezoul et al., 2013, 2017; Amrani, 2023). Ces écosystèmes uniques au Sahara fournissent des ressources alimentaires et énergétiques nécessaires et constituent des refuges vitaux pour des populations d'oiseaux migrateurs lors des échanges saisonniers entre le Sahel

africain et l'Europe, et par conséquent, contribuent à l'enrichissement de la diversité avienne et mettent à un niveau intéressant la valeur ornithologique des régions Sahariennes.

Les études ornithologiques récentes menées dans les régions sahariennes, particulièrement dans le nord-est du Sahara Algérien (M'zab, Zibans), ont souligné l'intérêt écologique et ornithologique que jouent ces territoires avec leurs oasis et leurs zones humides comme des habitats fondamentaux pour le maintien et la préservation de la communauté aviaire résidente et migratrice (Farhi & Blhamra, 2012; Chedad et al., 2023a). De plus, des nouveaux taxons d'oiseaux sont observés à travers ces espaces géographiques (Chedad et al., 2022b, 2023c; Bouzid et al., 2023a; Bouzid, Samraoui, et al., 2023c), ainsi que des modifications dans la distribution géographique d'hivernage ou de reproduction d'autres espèces ont été mentionnées (Chedad et al., 2022a, 2022b, 2022c; Bouzid, Samraoui, et al., 2023c; Bouzid, Chedad, et al., 2023c; Chedad et al., 2023b, 2023d). Néanmoins, des lacunes importantes de connaissances persistent concernant l'écologie de l'avifaune algérienne, particulièrement pour les oiseaux d'eau, où il existe des déficiences dans les données sur le statut des populations, les dynamiques de migration saisonnière, la distribution actuelle des aires de répartition et l'utilisation de l'habitat (B. Samraoui & Samraoui, 2008).

Le suivi ornithologique s'est imposé comme une méthodologie fondamentale pour évaluer l'état des écosystèmes, particulièrement dans les régions caractérisées par des données écologiques insuffisantes ou fragmentaires (Bibby et al., 2000). Grâce à l'évaluation systématique de l'avifaune, les chercheurs et les praticiens de la conservation peuvent extraire des données significatives concernant les altérations induites par le climat, les effets de la gestion anthropique des territoires, et la détérioration progressive des habitats (Gregory & Strien, 2010). Dans les paysages mal documentés, les communautés aviaires constituent des outils diagnostiques puissants pour reconnaître les zones d'importance pour la biodiversité et de priorité conservatoire (Martínez-Núñez et al., 2023).

La zone d'Oued Souf présente une mosaïque d'habitats écologiques diversifiés tels que des zones humides, des palmeraies et agrosystèmes, des milieux ouverts et des milieux urbains, qui constituent des biotopes cruciaux pour l'avifaune sédentaire et migratrice adaptée aux environnements arides désertique. Contrairement aux régions limitrophes (Oued Righ, Ouargla, Zibans et M'Zab), les connaissances ornithologiques demeurent lacunaires dans cette zone, à l'exception des anciennes études portant sur la diversité aviaire des palmeraies réalisé par Degachi (1992) et Guezoul et al. (2013). Parallèlement, l'intensification des activités anthropiques durant ces dernières décennies (expansion agricole, développement urbain et

aménagement de zones humides artificielles) et le changement climatique ont contribué profondément à la modification de l'occupation du sol et par conséquent, la composition des communautés aviaires régionales. Face à ces enjeux, une actualisation des connaissances ornithologiques s'avère indispensable pour documenter l'état actuel de la diversité avienne au niveau de notre région.

Pour mener à bien ces lacunes scientifiques, plusieurs objectifs ont été visés :

- Mettre à jour et évaluation de la diversité aviaire au niveau de la zone d'Oued Souf par un inventaire exhaustif ;
- Etudier les relations entre de la diversité aviaire et son environnement, en mettant en évidence la valeur écologique exceptionnelle des habitats de la zone d'étude par le suivi de l'expansion de l'aire de répartition des espèces migratrices ;
- Mettre en évidence le rôle critique du Chott El Oued, une zone humide urbaine, en tant qu'habitat vital pour la communauté aviaire, par l'évaluation exhaustive de la capacité de cet écosystème à maintenir la biodiversité aviaire, spécialement les oiseaux aquatiques ;
- Combler une lacune fondamentale dans la compréhension de l'écologie reproductive du pluvier à collier interrompu *Anarhynchus alexandrinus* dans le Sahara Algérien et sa capacité d'adaptation face aux conditions hyper-arides des milieux désertiques.

Ce travail est divisé en trois chapitres distincts. Le premier chapitre décrit les caractéristiques de la zone d'étude et la description de ces habitats. Le deuxième chapitre expose les matériels et la méthodologie adopté pour atteindre les objectifs visés. Le troisième chapitre présente l'ensemble des résultats obtenus et le dernier chapitre propose la discussion des résultats en les confrontant aux recherches scientifiques antérieures, qu'elles soient régionales ou internationales. Enfin, une conclusion synthétisée des principaux résultats acquis avec leurs apports scientifiques et les perspectives envisagées.

Chapitre I :

Présentation
de la zone d'étude

Ce chapitre décrit les caractéristiques générales et la description des habitats de la zone étudiée.

1 Présentation du Sahara Septentrional Algérien

Le Botaniste Quezel & Santa (1962, 1963) lors de son travail sur la flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales a subdivisé le territoire Algérien en secteurs et sous-secteurs phytogéographiques avec une modification pour les régions Sahariennes en 1978 (Quézel, 1978). Meddour (2010) a ajouté une petite modification par l'ajout d'un petit sous-secteur au secteur Tellien Constantinois. Compte tenu de ces derniers, l'Algérie a été divisée en 10 secteurs et 21 sous-secteurs organisés en trois régions (Tableau 1).

Tableau 1: Les divisions phytogéographiques de l'Algérie.

Région	Secteur	Sous-Secteur
Région Tellien	Kabyle et numidien (K)	Grande Kabylie (K1)
		Petite Kabylie (K2)
		Numidie (K3)
	Algérois (A)	Littoral (A1)
		De l'Atlas Tellien (A2)
	Oranais (O)	Des sahels littoraux (O1)
		Plaines littorales (O2)
		De l'Atlas Tellien (O3)
	Tell constantinois (C)	Tell constantinois et montagnes des Bibans (C1)
		Montagnes du Hodna et Belezma (C2)
Région Steppique	Hauts Plateaux (H)	Hauts Plateaux occidental (H1)
		Hauts Plateaux oriental (H2)
		Plaines du Hodna (H3)
	Atlas saharien (AS)	De l'Atlas saharien oranais (AS1)
		De l'Atlas saharien algérois (AS2)
		De l'Atlas saharien constantinois (Aurès compris) (AS3)
Région Saharien	Sahara septentrional (SS)	Oriental du Sahara septentrional (SS1)
		Occidental du Sahara septentrional (SS2)
	Sahara central (SC)	Sahara central (SC)
	Sahara occidental (SO)	Sahara occidental (SO)
	Sahara méridional (SM)	Sahara méridional (SM)

Les principales divisions phytogéographiques et ces limites spatiales sont représentées dans la carte ci-dessous (Figure 1) qui a été créée à la base de la carte réalisée par Meddour et al. (2021) et superposée sur un fond Google Earth avec les limites administratives des wilayas.

Selon Ozenda (2004), le Sahara septentrional constitue la partie nord du Sahara qui borde l'Afrique méditerranéenne et est limité par le pied du versant Sud de l'Atlas saharien, caractérisé par une forme de désert atténué (c'est une forme extrême du climat méditerranéen) où la répartition annuelle des pluies présente plusieurs maximums dans des périodes différentes surtout au printemps et à l'automne avec pluviosité annuelle située entre 50 et 200 mm.

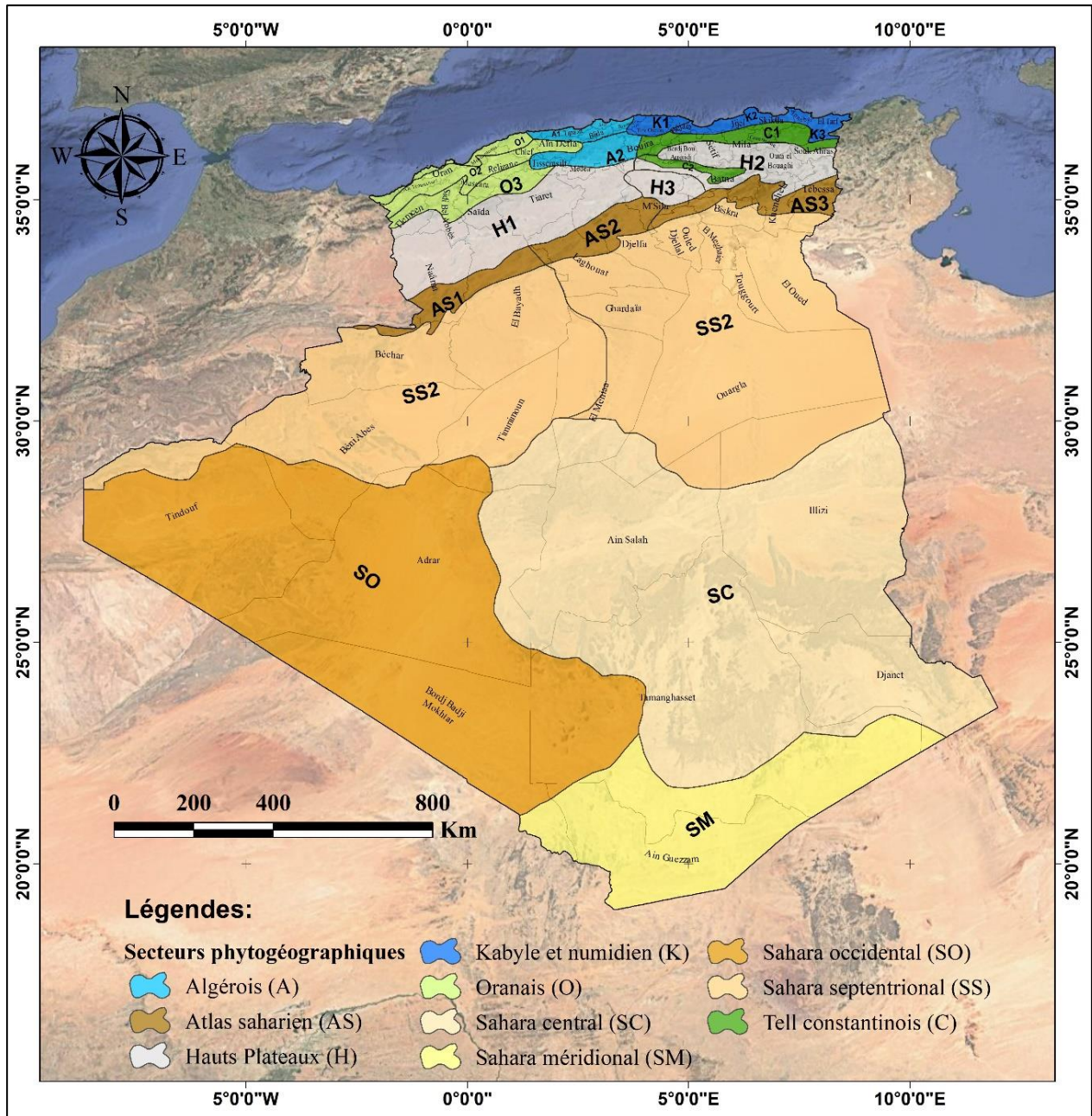


Figure 1: Carte des Secteurs et des sous-secteurs phytogéographiques de l'Algérie (Meddour., 2021 ; modifié, 2025).

2 Présentation de la zone d'étude

2.1 Situation géographique et administrative

La zone d'Oued Souf situe dans la partie orientale du Sahara Septentrional Algérien (Figure 2). Il est limité par les wilayas Tébessa, khenchela et Biskra au Nord, El Meghaier e Touggourt à l'Ouest, Ouargla au Sud et la république tunisienne à l'Est. Il couvre une superficie de 3.572.176,24 ha.

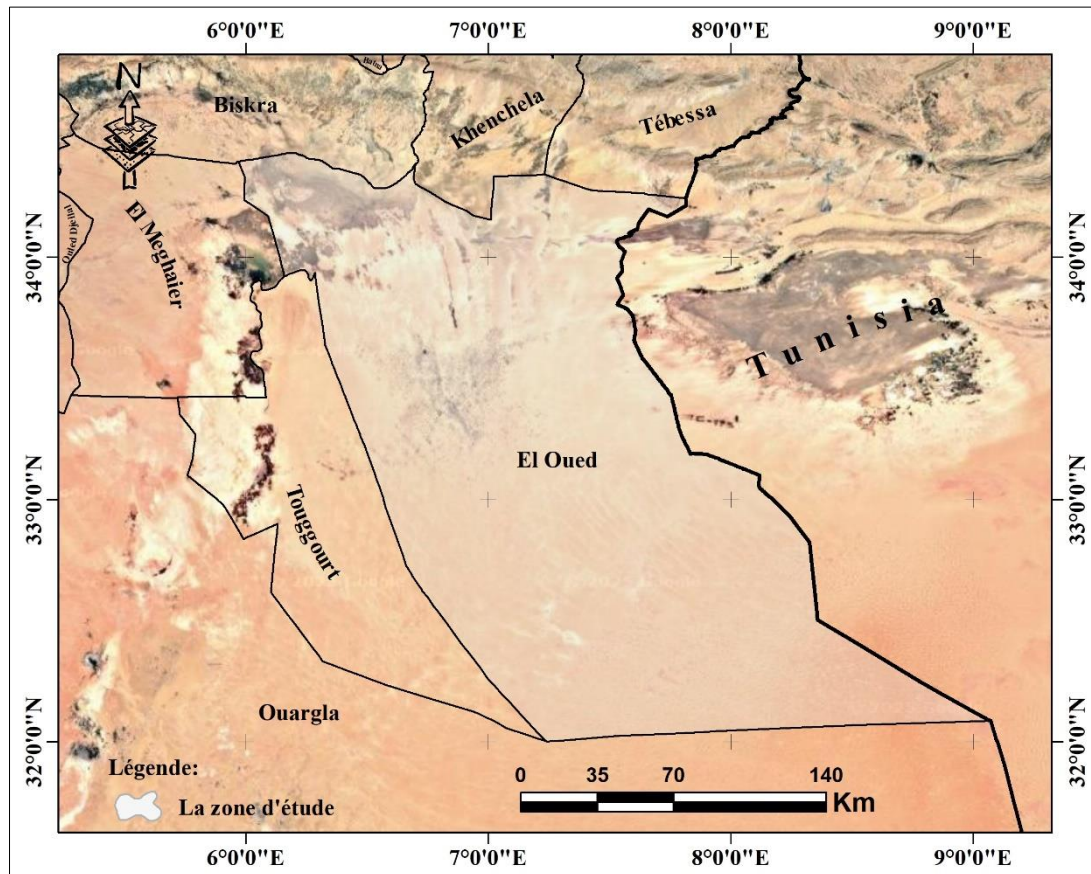


Figure 2: Localisation géographique de la zone d'étude (originale, 2025)

2.2 Cadre climatique

Les paramètres climatiques exploités dans cette thèse reposent sur les données météorologiques fournies par l'Office National de Météorologie (ONM, 2025), collectées par la station de Guemar à El Oued sur une période de dix ans allant de 2015 jusqu'à 2024. Cette station située au niveau de l'aéroport de Guemar (commune de Guemar).

Longitude : 6°47'18"E,

Latitude : 33°30'22"N.

Altitude : 63 mètres.

2.2.1 Température

Selon Ramade (1984), la température constitue un facteur écologique majeur conditionne la répartition de l'ensemble des êtres vivants dans la biosphère.

Les données thermiques de la région du Souf révèlent un régime climatique typiquement Saharien. Ce régime thermique se caractérise par une température moyenne annuelle oscillant entre 20,50°C et 30,67°C et un amplitude thermique annuelle variant de 09 °C à 18°C, reflétant la continentalité marquée du climat saharien. Les températures maximales augmentent pour atteindre le maximum (45 °C) au mois de Juillet qui correspond au mois le plus chaud et les températures minimales descendent jusqu'à 09°C au mois de Janvier qui correspond au mois le plus froid (Figure 3).

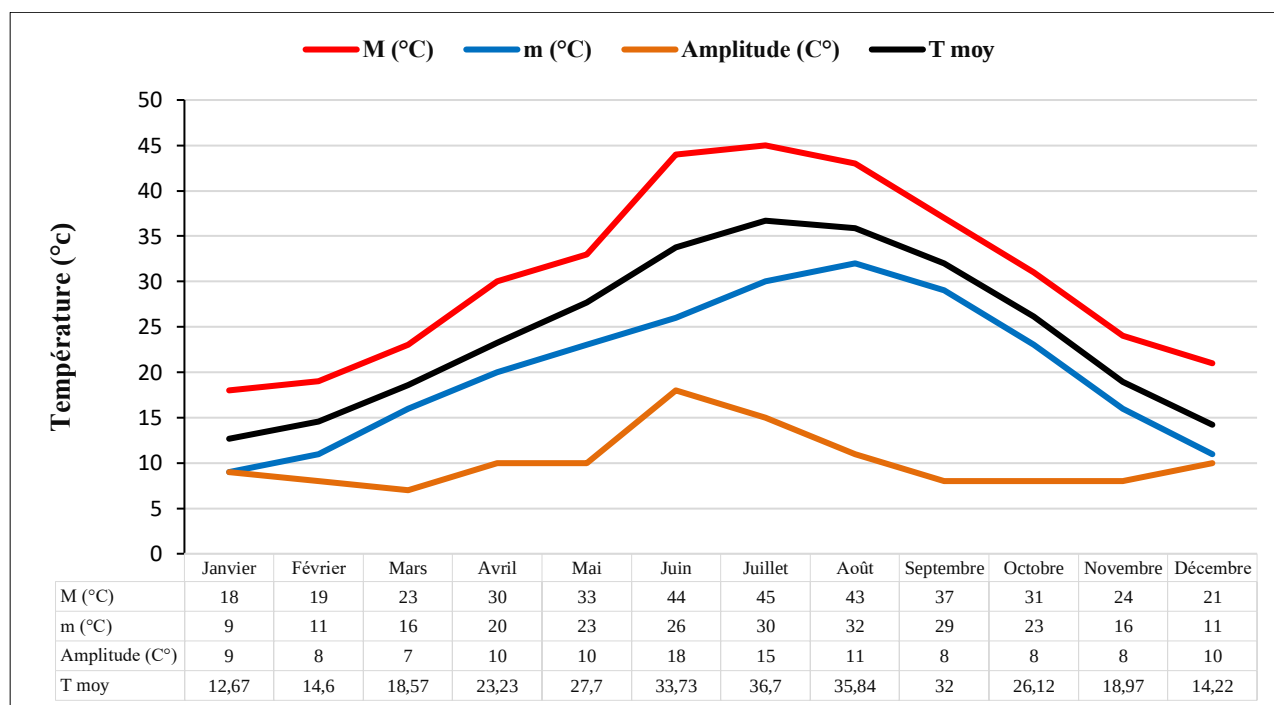


Figure 3: Températures mensuelles moyennes, maximales et minimales et amplitude thermique de la région d'étude durant la période 2015-2024.

2.2.2 Précipitation

La pluviométrie est un facteur écologique déterminant dans le fonctionnement des écosystèmes terrestres et conditionne la distribution géographique de la végétation (Ramade, 1984).

Le régime pluviométrique de la zone d'étude (Oued Souf) se caractérise par une irrégularité temporelle (variabilité interannuelle et saisonnière) avec des valeurs faibles et rarement exceptionnelles.

Sur une période 2015-2024, notre région reçoit 45,4 mm d'une pluviométrie moyenne annuelle avec une variabilité interannuelle considérable oscillant entre 09 mm en 2021 (l'année la plus sèche) et 119 mm en 2017 qui correspond l'année la plus pluvieuse (Figure 4).

Les Précipitations mensuelles moyennes (Figure 5) varient entre 0 mm (en juin le mois le plus sec) et 12.4 mm (en avril le mois le plus pluvieux) et révèlent un régime saisonnier bimodal avec deux maximas pluviométriques, un maximum principal en printemps (Avril : 12.4 mm) et un maximum secondaire en automne (Septembre : 10 mm). De plus, des événements pluviométriques mensuels remarquables à caractère sporadique et concentré avec des valeurs exceptionnelles en février 2015 (41 mm), en avril 2017 (39 mm), en avril 2024 (40 mm) et novembre et Septembre 2017 avec 32 et 30 mm, respectivement (Figure 6).

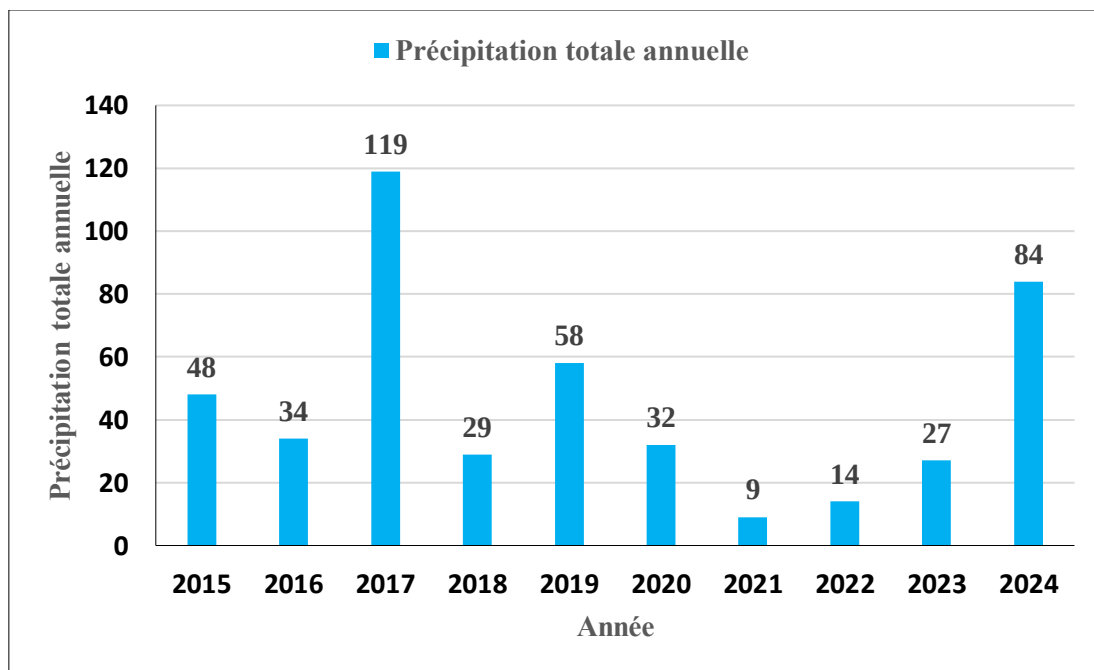


Figure 4: Répartition de la précipitation totale annuelle sur une période de 10 ans (2015-2024).

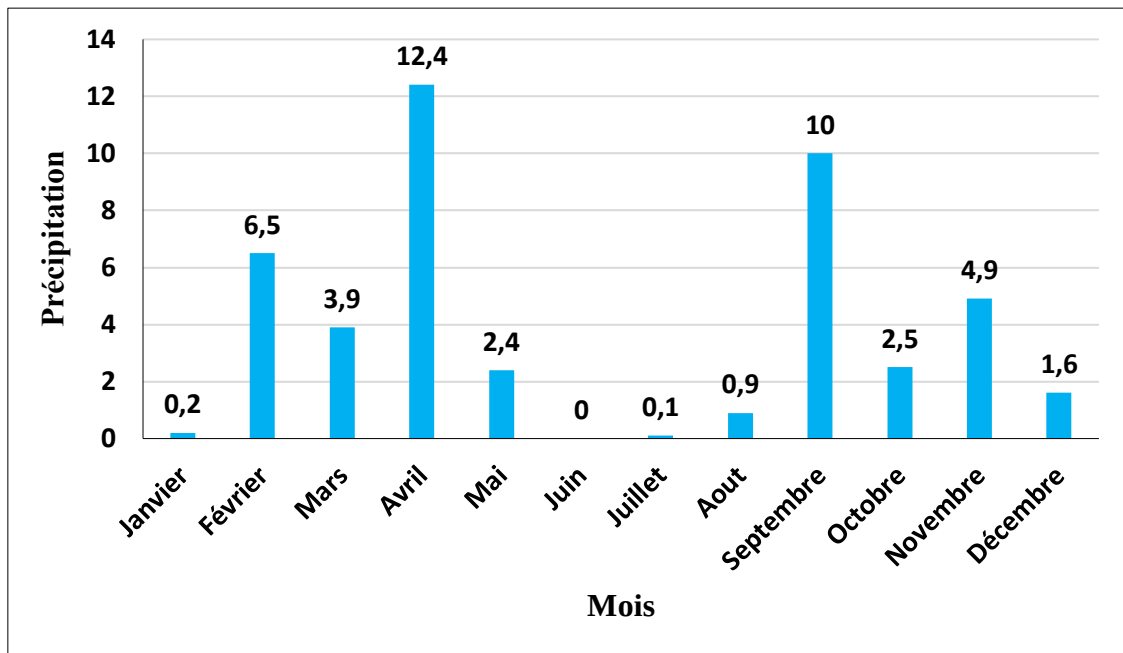


Figure 5: Distribution saisonnière des précipitations mensuelle moyenne durant la période 2015-2024.

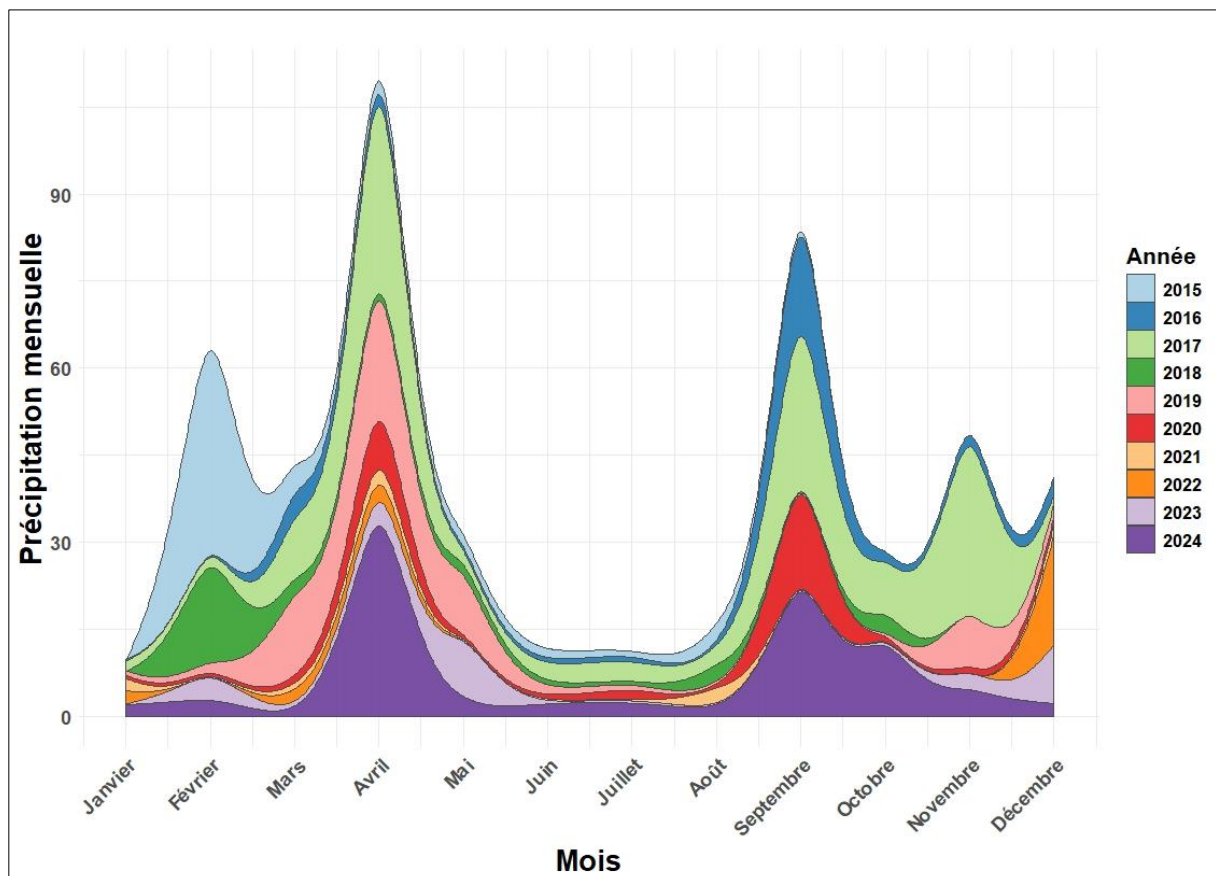


Figure 6: Distribution des précipitations mensuelles durant les années 2015 jusqu'à 2024.

2.2.3 Humidité de l'air

L'humidité relative de l'air résulte de l'interaction complexe des multiples facteurs climatiques tels que la quantité et la nature (pluies, neige, grêles) des précipitations tombées et leur répartition temporelle (Nombre de jours), la température de l'air et l'activité éolienne qui accélèrent le processus d'évaporation (Faurie et al., 1980).

L'humidité relative mensuelle moyenne de la région Souf durant la période 2015-2024 (tableau 2) est de 43.13%. Les variations saisonnières marquées avec un maximum hivernal en décembre (65.2%) et un minimum estival en Juillet (24.9%).

Tableau 2: Humidité relative de l'air pour la période 2015-2024.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
H moy (%)	56,7	49,6	39,4	37	32,9	30,5	24,9	32,9	41,8	50,7	56	65,2	43,13

(Source : O.N.M., 2025)

2.2.4 Les vents

Selon Dreux (1980), le vent exerce une influence indirecte sur les organismes vivants en intensifiant le processus d'évapotranspiration et en accentuant les conditions de sécheresse. Par ailleurs, ce facteur abiotique peut constituer un élément écologique limitant pour certains biotopes (Ramade, 2005).

Le régime éolien dans la région Souf est caractérisé par des vents d'intensité modérée dans la majeure partie de l'année (tableau 3), mais connaissent un accroissement notable durant les périodes de transitions printanière et automnale et atteint le maximum au mois de Mai avec une vitesse de 3.83 m/s.

Tableau 3: Vitesse mensuelle moyenne du vent durant la période 2015-2024.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
V(m/s)	2,66	2,66	3,40	3,67	3,83	3,65	3,09	3,46	3,43	2,61	2,81	2,28

(Source : O.N.M., 2025)

2.3 Cadre bioclimatique

La création d'une synthèse climatique implique la caractérisation de la variation de la température et des précipitations dans la région d'étude et la génération des indices climatiques et des diagrammes (Indice d'Emberger, diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen,

et l'indice de De Martonne) qui sont utilisés pour calculer les régimes pluviométriques saisonniers et l'étage bioclimatique de la région.

2.3.1 Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls & Gaussen (1953) reflète la durée et l'intensité de la période sèche et rend compte de l'effet du stress hydrique sur la croissance de la végétation et la formation de la biomasse. Une période est sèche lorsque la précipitation mensuelle (P) est inférieure ou égale à un seuil de sécheresse qui correspond au double de la température moyenne mensuelle (2T).

Le diagramme ombrothermique (Figure 7) montre clairement que les conditions climatiques sont extrêmement arides avec des précipitations insuffisantes par rapport aux températures (Déficit hydrique permanent). Selon le critère de Bagnouls et Gaussen ($P \leq 2T$), le diagramme révèle une sécheresse permanente (zone jaune) sur l'ensemble de l'année (12 mois), caractéristique du climat saharien hyper-aride.

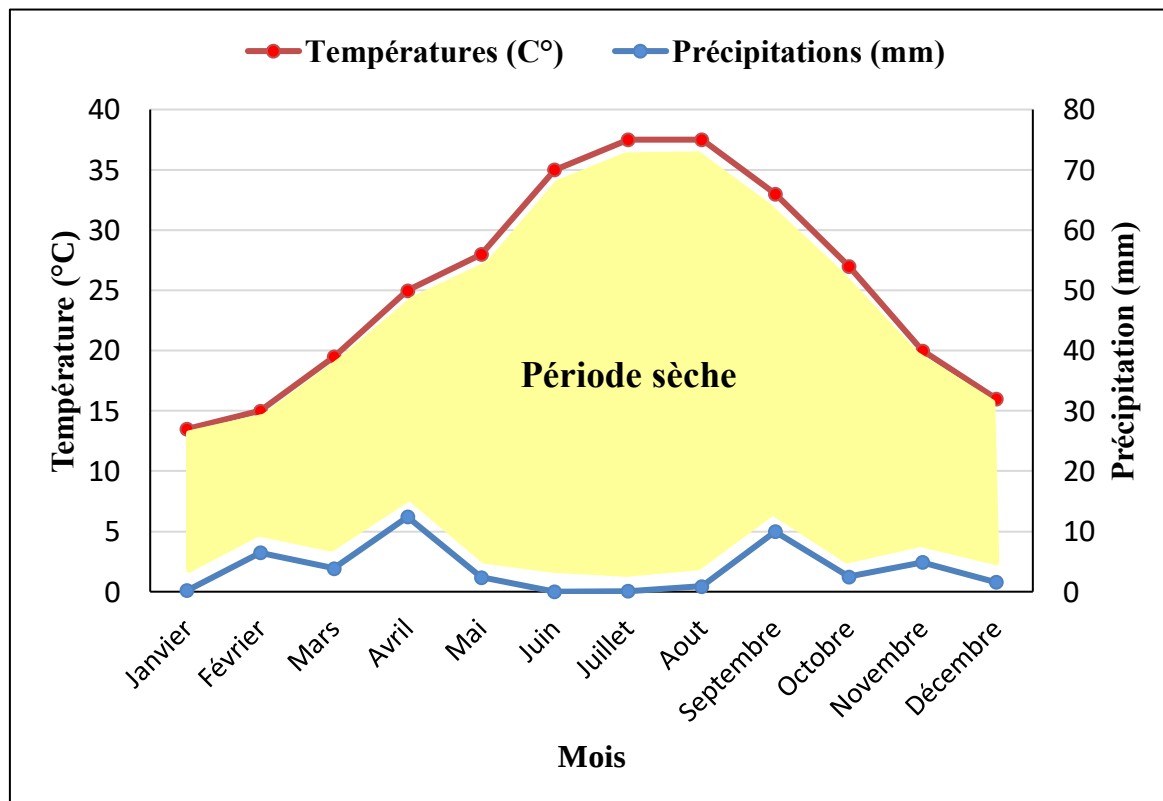


Figure 7: Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS & GAUSSEN pour la région Souf (Station météorologique Guemar – El Oued, période 2015-2024).

2.3.2 Quotient pluviothermique d'Emberger (Q₂)

Selon Dajoz (1971), Le climagramme pluviothermique d'Emberger permet d'identifier l'étage bioclimatique d'une région donnée à partir de la valeur du m et le quotient Q₂ développé par Emberger (1955) applicable aux pays méditerranéens et au Sahara Septentrional. Ce quotient peut être calculé selon Stewart (1969) par la formule suivante :

$$Q_2 = (3,43 * P) / (M - m).$$

- **Q₂** : Quotient pluviothermique d'EMBERGER
- **P** : Pluviométrie moyenne (en mm).
- **M** : Moyenne des maxima du mois le plus chaud (en °C).
- **m** : Moyenne des minima du mois le plus froid (en °C).

Les données climatiques Q₂ = 6.23 et de m = 09 °C ont permis de classer la région Souf dans l'étage bioclimatique Saharien à hiver chaud (Figure 8).

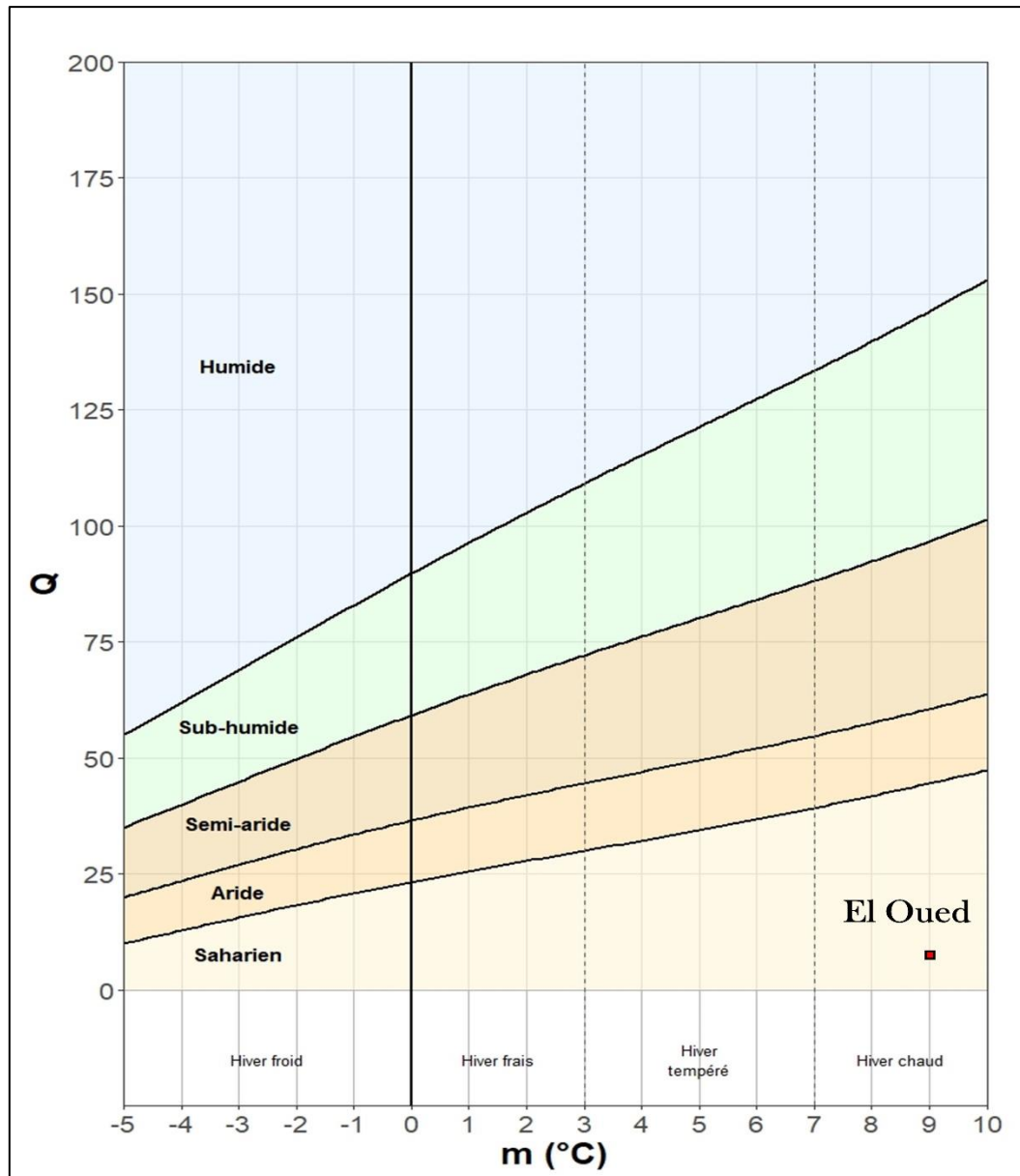


Figure 8: L'étage bioclimatique de la région Souf sur le Climagramme pluviométrique d'Emberger.

2.3.3 Indice d'aridité de De Martonne

L'indice de Martonne (Martonne, 1926), mesure le degré de sécheresse d'un climat en calculant le rapport entre la précipitation annuelle moyenne (P) et la température moyenne annuelle (T), avec la formule suivante : $I = P / (T + 10)$. Les valeurs de cet indice sont regroupées en 06 macroclimat majeurs (hyper-aride ($I < 5$), aride ($5 \leq I < 10$), Semi-aride ($10 \leq I < 20$), sub-humide ($20 \leq I < 30$), humide ($30 \leq I < 40$) et hyper humide ($I > 40$)).

Selon les données climatiques de notre zone d'étude, $P = 45,40$ mm et la température moyenne annuelle = $24,53^{\circ}\text{C}$, ce qui donne un indice de Martonne égale **1.31** correspond au climat désertique hyper aride.

3 Caractérisation et description des habitats de la zone d'étude

L'hétérogénéité des habitats est depuis longtemps reconnue comme une caractéristique paysagère clé déterminant les patterns de biodiversité (Tuanmu & Jetz, 2015). Selon Kearney (2006), l'habitat peut être décrit d'une manière générale comme une description de la nature physique (biotique et abiotique) d'un lieu d'intérêt où un organisme vit ou pourrait potentiellement vivre, à une échelle spatiale et temporelle spécifique, c'est-à-dire l'habitat décrit le lieu physique lui-même sans nécessairement faire référence à la compréhension des liens mécanistes entre ses descripteurs et la fitness (croissance, survie et reproduction) de l'organisme qui l'habite.

Le territoire de la zone d'étude présente une mosaïque d'habitats diversifiés, comprenant des milieux terrestres et aquatiques, qu'il soit naturel ou résultant d'activités anthropiques (artificiels). La caractérisation de ces habitats a été faite selon la typologie standard mondial (<https://www.iucnredlist.org/resources/habitat-classification-scheme>) utilisé par l'union internationale pour la conservation de la nature (UICN) qui vise à catégoriser tous les habitats pertinents pour les espèces dans un système de classes d'habitats prédéfinies (UICN, 2012). Bien que les descriptions détaillées des classes d'habitats dans ce système de classification demeurent inachevées - dont la dernière version date de décembre 2012 – ce système de classification reste l'outil privilégié des évaluateurs de la Liste rouge de l'UICN pour caractériser les préférences d'habitats des espèces (Brooks et al., 2019). Dans ce schéma de classification, 16 grandes classes d'habitats différentes sont répertoriés au niveau 1 (forêts, zones humides, désert, terrestres artificielles...), avec 119 classes plus spécifiques sont répertoriés au niveau 2 (exemple : forêt ; forêts tropicales, forêt tempérée, forêt boréale,..). A la base de ces derniers critères, notre zone d'étude présente quatre (04) grandes classes d'habitats ;

- Les zones humides (continentales) renferment les plans d'eau naturels, permanents ou saisonniers.
- Le désert (désert chaud) renferme les paysages arides avec végétation dispersée où le substrat sablonneux contribue plus à l'apparence du paysage.
- Habitats aquatiques artificiels : renferme les stations d'épurations des eaux usées avec les rejets.

- Habitats terrestres artificiels : renferme la terre arable, les plantations, les jardins rurales et les surfaces urbanisées.

Dans notre étude, nous avons regroupé ces types d'habitats en quatre catégories principales distinctes qui décrivent la couverture physique du sol et l'occupation des terres dominante dans les régions sahariennes.

- Les zones humides qui englobent les zones humides continentales et les habitats aquatiques artificiels ;
- Les terres ouvertes (désert chaud) ;
- Agrosystèmes sahariens correspondant aux zones agricoles traditionnelles où modernes et les fermes rurales (cultures maraichères et grandes cultures, plantations d'arbres fruitiers, palmeraies...) ;
- Les milieux urbains (les surfaces bâties).

Sur l'ensemble de la zone d'étude avec ces habitats présente une importante diversité floristique dont leur distribution est hétérogène, d'un site à un autre, selon la composition physico-chimique du sol (Hellis, 2005; Hanafi et al., 2024; Haddad et al., 2024; Azzeddine & Abdelghani, 2025). De plus, elle abrite une importante richesse faunistique adapté au climat saharien, à savoir les reptiles (Varan du désert *Varanus griseus*, poisson du sable *Scincus scincus*, Agame de tourneville *trapelus tournevillei*, vipère des sables *Cerastes vipera*), les mammifères (Gazelle leptocère *Gazella leptoceros*, Fennec *Fennecus zerda*, Zorille de libye *Ictonyx libyca*, Hérisson de désert *Paraechinus aethiopicus*, Lièvre *Lepus capensis*) (Fellous et al., 2009; Mouane, 2021; Mouane et al., 2024), les insectes (Selmane & Benslama, 2015; Selmane et al., 2016) et les oiseaux que nous avons inventoriés dans cette étude.

Ces groupes d'habitats sont décrits comme suite :

3.1 Les zones humides :

Le patrimoine hydrique de notre zone d'étude se compose de neuf (9) zones humides d'importance écologique majeure, réparties en deux catégories selon leur origine (trois (03) sites naturels et six (06) artificiels).

3.1.1 Les zones humides naturelles :

- a- Chott Melghir :** chevauchant les territoires administratifs de la wilaya d'El Oued et Biskra et s'étale sur une superficie considérable de 551 500 ha, reconnu pour sa valeur écologique

internationale et inscrit sur la liste des sites Ramsar en 2003 (Figure 9). Le plan d'eau saturé en sel, dépourvu de toutes végétations et constitue le point le plus bas du Sahara (-35m).

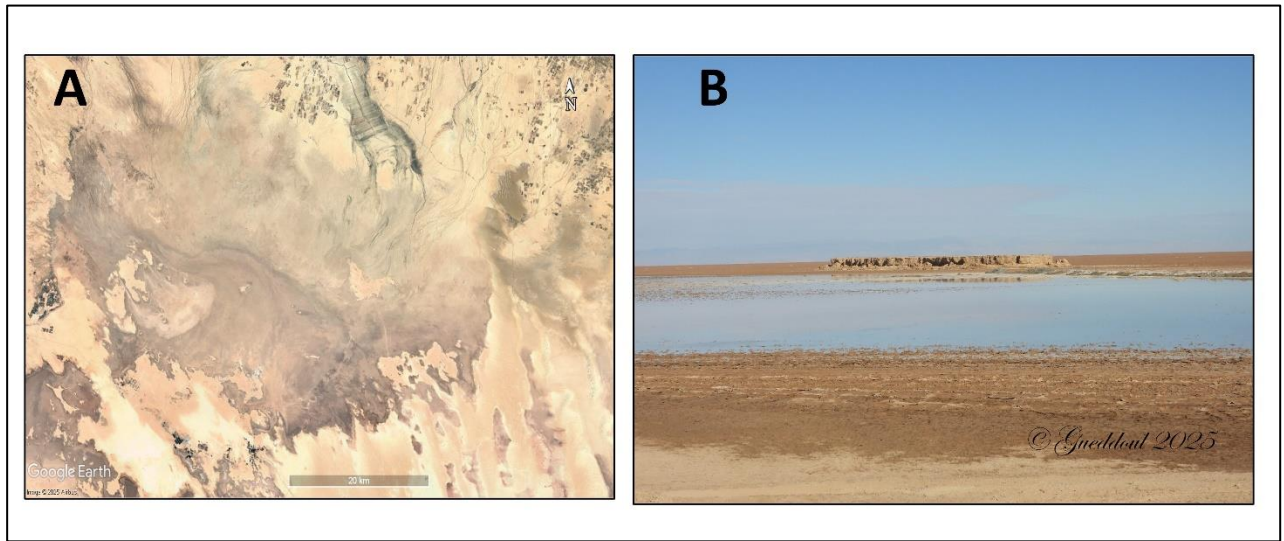


Figure 9: Zone humide Chott Melghir, (A) image Google Earth et (B) photo originale.

b- Chott Merouane et Oued Khrouf (Côté Hamraia) : situé entre la wilaya d'El Oued et El Meghaier et couvre une superficie de 337 700 hectares. De plus, il est bénéficié du statut de zone humide d'importance internationale (site Ramsar) depuis 2001. Dans le côté de Hamraia (Figure 10), la majorité de l'eau provient des eaux usées et d'un excès d'eau provenant de l'irrigation des palmeraies. Ces apports d'eau permettent le développement d'une végétation dominées par les halophytes *Tamarix gallica*, *halocnemum strobilaceum*, les salsolacées et les phragmites.

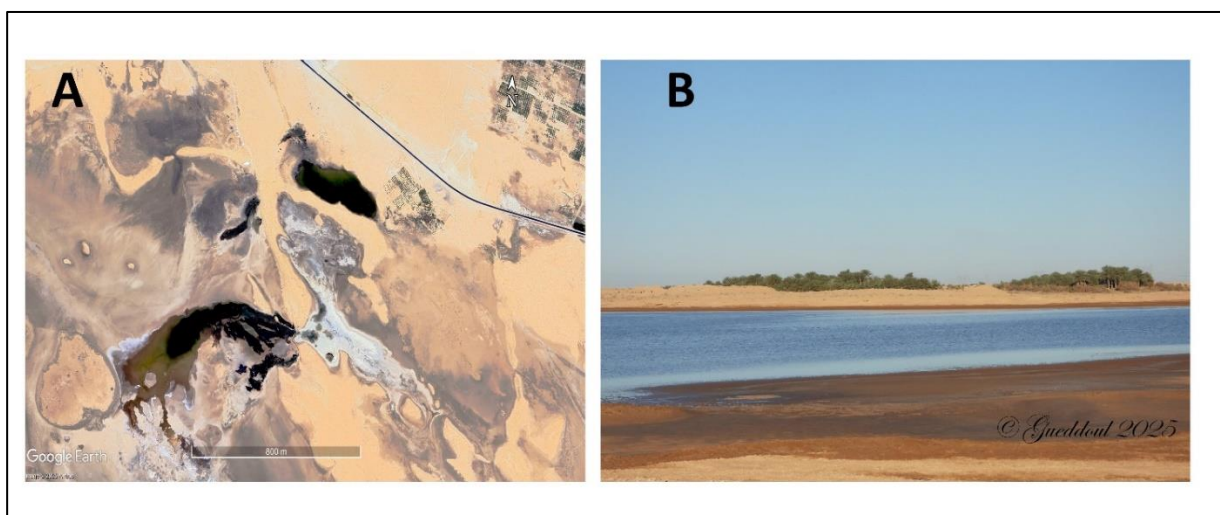


Figure 10: Zone humide Chott Merouane et Oued Khrouf (côté Hamraia), (A) image Google Earth et (B) photo originale.

- c- **Chott El Oued** : Zone humide urbaine permanente de 46 hectares. Situé au niveau de la commune El Oued, revêt une importance écologique significative et constitue un écosystème remarquable en milieu anthropisé, offrant des services écosystémiques essentiels à l'échelle locale (Figure 11). Le plan d'eau maintient sa pérennité par la remontée des eaux et les apports des eaux usées. De plus, il est entouré par une végétation dominée par les halophytes *Tamarix gallica*, *halocnemum strobilaceum*, les salsolacées et les phragmites.



Figure 11: Zone humide Chott El Oued, (A) image Google Earth et (B) photo originale.

3.1.2 Les zones humides artificielles :

Les activités humaines ont généré six zones humide artificielles résultant principalement du traitement et des rejets des eaux usées.

- a- **Les stations d'épurations des eaux usées** : il existe quatre (04) stations opérationnelles sur le territoire de la wilaya et réparties dans les communes de Kouinine, Hassani Abdelkarim, Sidi Aoun et Reguiba. Le système de lagunage comprend des bassins interconnectés « bassins aménagés », et des digues ou remblais séparent ces lagunes, dépourvu de végétation. Ces infrastructures constituent la première étape du processus d'assainissement régionale (Figure 12).

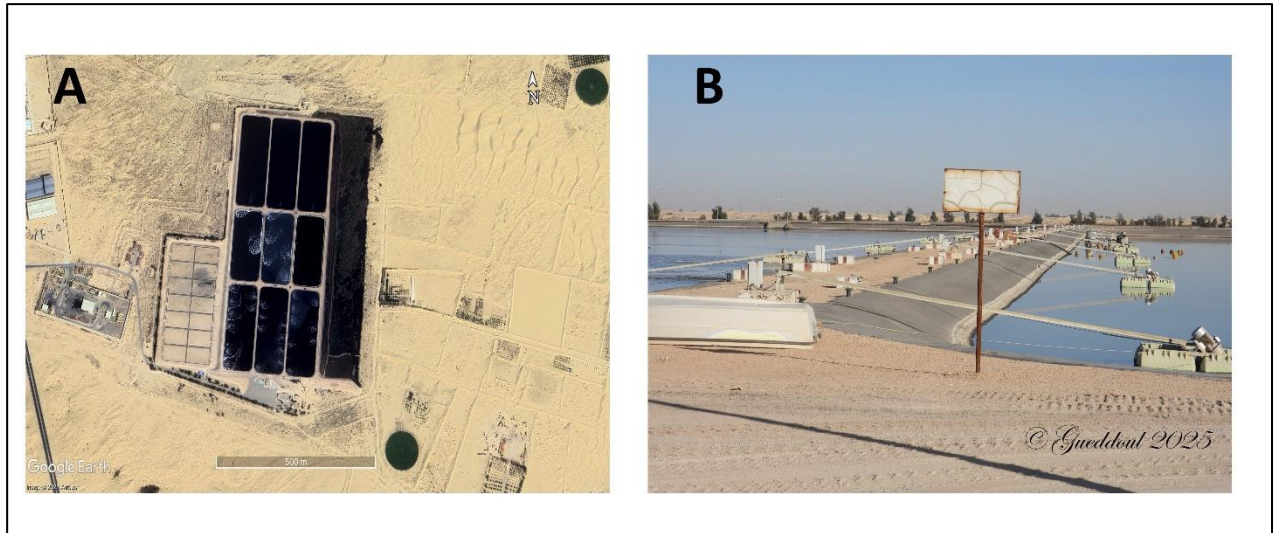


Figure 12: Station d'épuration des eaux usées de Kouinine, (A) image Google Earth et (B) photo originale.

b- Les rejets des eaux usées

b1- Rejet Taleb Larbi : Site de 08 hectares, récepteur des effluents des eaux usées non traités (figure 13), localisé à environ de 01 kilomètre de la commune Taleb Larbi. la végétation est dominée par les halophytes *halocnemum strobilaceum* et les phragmites.

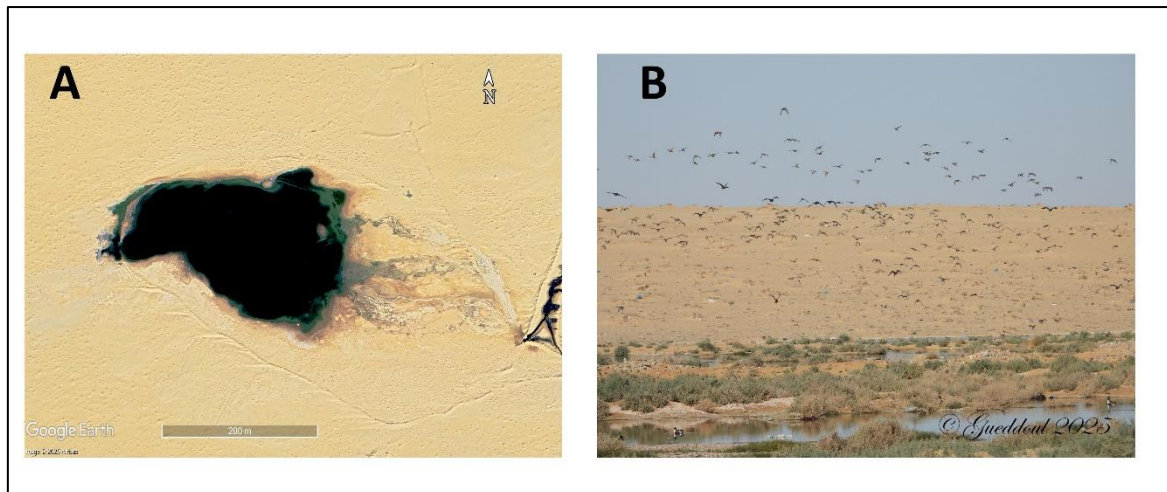


Figure 13: Zone humide rejet Taleb Larbi, (A) image Google Earth et (B) photo originale.

b2- Rejet Chott Dhiba : un écosystème artificiel s'étend approximativement sur une superficie plus de 1544 hectares, situé à 16 km du chef-lieu de la commune de Sidi Aoun. Constitue le réceptacle final de l'ensemble des eaux usées traitées provenant des stations d'épurations de la wilaya (figure 14). La majorité du plan d'eau est occupé par les phragmites.

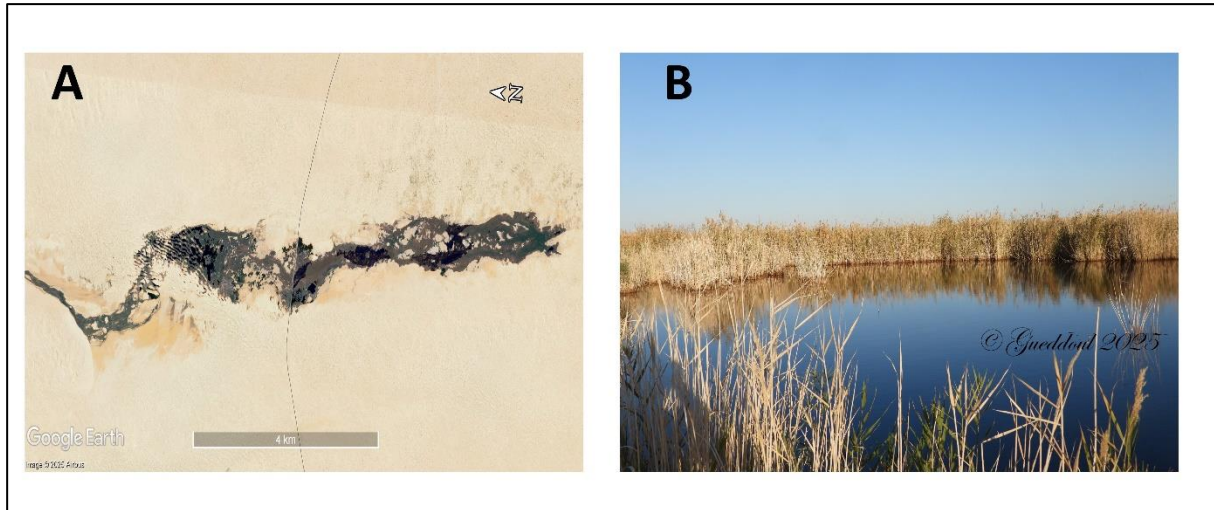


Figure 14: Rejet chott Dhiba, (A) image Google Earth et (B) photo originale.

3.2 Les terres ouvertes

Un vaste désert de sable caractérisé par une flore spontanée saharienne adaptée aux conditions climatiques et édaphiques extrêmes du milieu désertique (figure 15). Le paysage général de la zone du Souf se caractérise par un couvert végétal prédominant par des plantes pérennes (appelées xérophytes) clairsemée, discontinu, peu dense et les individus végétaux éparpillés (Hellis, 2005; Hanafi et al., 2024). De plus, la répartition des différentes espèces est en fonction des différentes zones géomorphologiques (Erg, Sahane, nebka, chott) (Chehma, 2006; Medjber Teguig, 2014). Cette physionomie est conditionnée par deux facteurs climatiques essentiels (l'insuffisance et l'irrégularité des précipitations et la forte température) et des facteurs édaphiques tels que la composition physico-chimique du sol (Ozenda, 2004; Haddad et al., 2024). Ces terres présentent une importante diversité floristique composée par 85 espèces, réparties en 68 genres et 29 familles (Haddad et al., 2024). Parmi ces espèces, l'*Azel Calligonum azel*, L'Arta *Calligonum comosum*, R'tem *Retama raetam*, Zita *Limoniastrum guyonianum*, Alenda *Ephedra alata* (représentatives de la strate arbustive) et Drin *Stipagrostis pungens*, El Baguel *Anabasis articulata*, Dhamrane *Cornulaca monacantha* (représentatives de la strate herbacée).

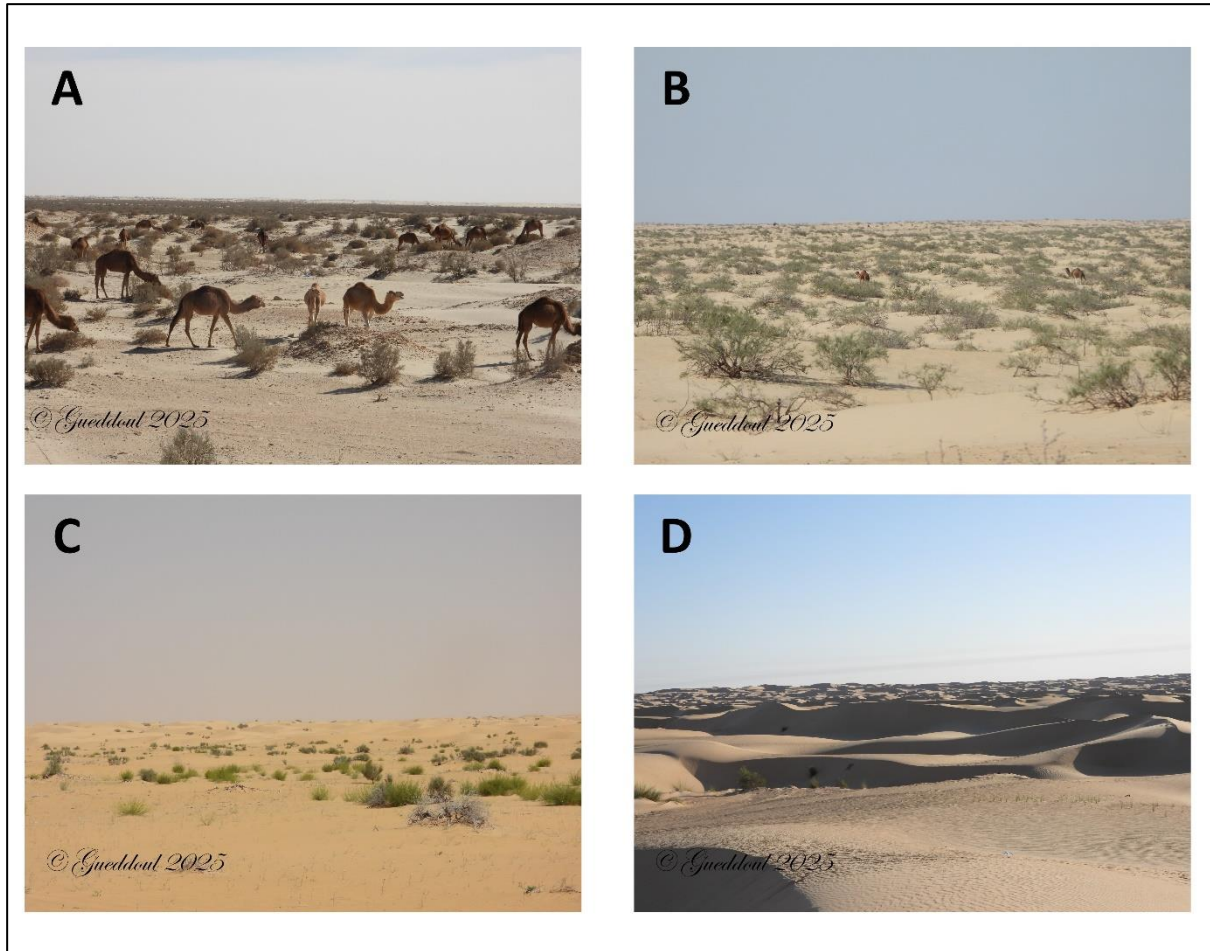


Figure 15: Paysage générale de la végétation dans la zone d'étude : (A) Paysage arbustive à base de Zita (Route El Feidh), (B) Paysage arbustive à base de l'Arta (entre Taleb Larbi et Douar El Maa), (C) parcours dégradé (D) paysage dunaire (El Ogla) (photos originales, 2025).

3.3 Agrosystèmes sahariens

Ces habitats sont caractérisés par une forte hétérogénéité des milieux résultant de la coexistence de deux systèmes agricoles : d'une part, agro-système oasien traditionnelle, moderne ou hybride, composé de l'ensemble des palmiers dattiers associé aux cultures intercalaires maraichères ou arboricultures fruitières (Amrani, 2023) et de l'expansion récent de l'agriculture irriguée intensive moderne, d'autre part.

Les oasis du Sahara algérien, notamment celles de la zone d'étude, se caractérisent par des palmeraies phœnicicoles associées avec des cultures arboricoles où maraichères (figure 16). Ces palmeraies prédominées par un ancien système agricole traditionnel appelé « le Ghout » ; qui se trouve principalement dans notre zone d'étude (Khezzani et al., 2023). Ces écosystèmes uniques sont soumis à divers facteurs tels que la gestion des ressources hydriques, les pratiques

culturelles et l'organisation de l'espace (Amrani, 2023). Malgré les conditions arides, ces oasis revêtent une importance écologique cruciale en générant des écosystèmes propices à la vie et en fournissant des ressources alimentaires et énergétiques nécessaires à l'adaptation à la vie oasienne (Benameur-saggou, 2009). Les palmeraies fonctionnent comme agrosystèmes essentiels, offrant un refuge vital pour une diversité d'espèces, y compris les oiseaux, en raison de leurs caractéristiques mésiques et écologiques (Guezoul et al., 2013). De plus, une population rurale de faible densité, dispersée, pratique des cultures vivrières saisonnières sur petites parcelles à la proximité de ses maisons, tout en pratiquant l'élevage de petits animaux. Au cours des dernières décennies, notre zone d'étude a connu une expansion impressionnante de l'agriculture irriguée, liée à l'introduction et le développement intensif des cultures maraichères de plein champ (Pomme de terre, tomate,...etc) résultant de la mise en valeur progressive des terres désertiques (Ouendeno, 2019).

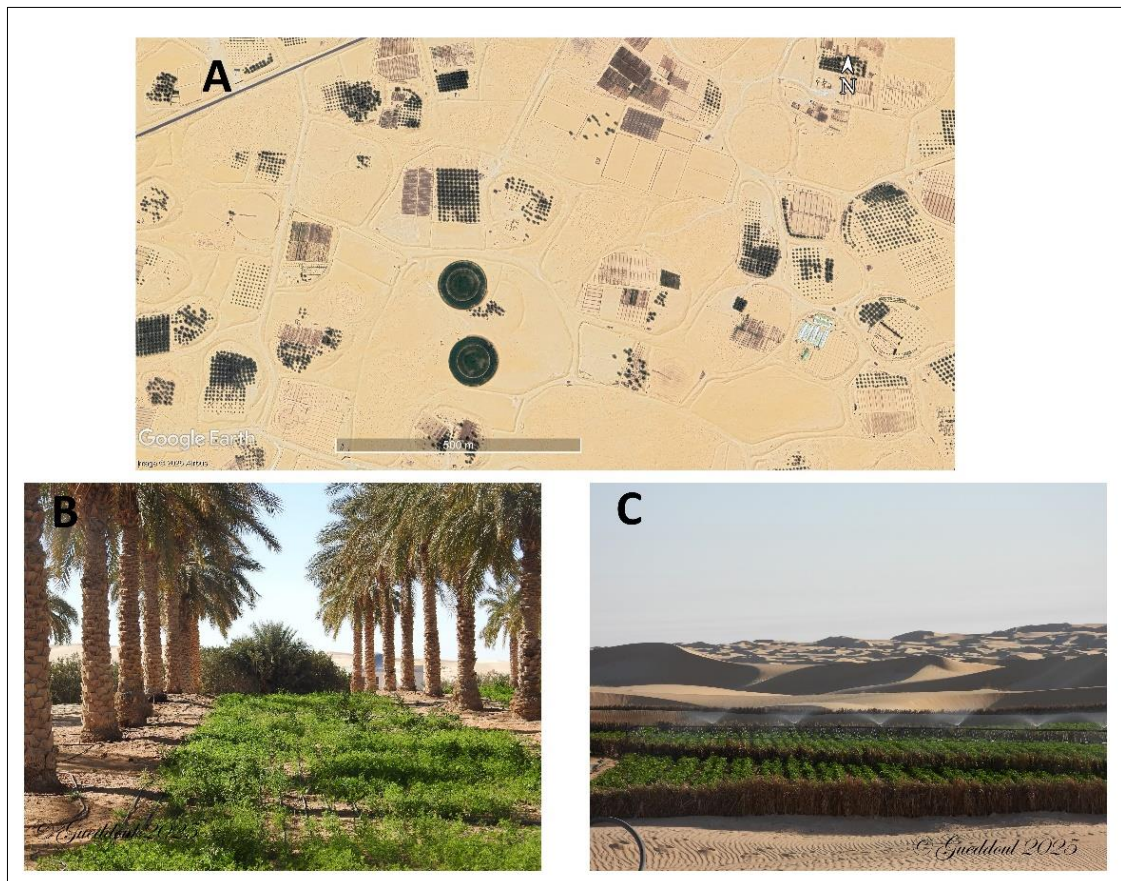


Figure 16: Image de google earth (A) représente Palmeraies (B) et agriculture de pomme de terre (C) dans la zone d'étude (photos originales, 2025).

3.4 Milieux urbains

Le milieu urbain dans la région Souf présente une structure hétérogène caractérisée par une organisation spatiale en zones distinctes. Le tissu bâti se compose essentiellement des constructions modernes dont la densité décroît graduellement depuis le centre (ancien ville) fortement peuplé vers les quartiers périphériques résidentiels (nouvelle ville) moins denses et plus aérés. En limite urbaine s'étend le secteur suburbain, zone de transition entre espaces urbaines et ruraux, comprenant des installations industrielles, des unités de production et autres infrastructures économiques. Par ailleurs, l'espace urbain intègre des espaces verts comprenant des jardins publics, des forêts urbaines (plantations d'alignement et des bosquets) et des plantations ornementales (Figure 17) où l'eucalyptus est l'espèce prédominante plus d'autres espèces adaptées à la sécheresse. Le degré de la verdure augmente en zones urbaines périphériques (suburbain) et diminue aux zones centrales.



Figure 17: Secteur urbain de la zone d'étude, (A) cité résidentielle, (B) route bordée par des plantations d'alignement, (C) bosquet d'eucalyptus (forêt péri-urbaine) et (D) zone péri-urbaine (photos originales, 2025).

Chapitre II :

Matériels et Méthodes

Ce chapitre illustre les principales méthodes et matériels utilisés et démarches suivies pour atteindre les différents objectifs de notre étude. La démarche d'étude choisie et les matériels utilisés s'adaptent à l'objectif poursuivi

1 Inventaire de l'avifaune dans la zone d'étude

Un inventaire de la diversité aviaire dans un environnement donné représente la première démarche essentielle pour comprendre et évaluer sa valeur écologique, suivi de la mise en œuvre d'une stratégie de conservation appropriée (Hmidani et al., 2024). Le choix de la méthode d'inventaire ornithologique dépend de plusieurs facteurs déterminants, notamment l'objectif de l'inventaire, le type de biotope prospecté, les caractéristiques de l'avifaune cible et la période d'inventaire. Ces considérations nous ont conduit à adopter les méthodes suivantes :

1.1 Dénombrement des oiseaux d'eau

Nous avons procédé à un comptage direct pour les groupes d'oiseaux d'eaux proche du point d'observation et de moins de 200 individus, et des estimations visuelles pour les groupes plus grands ou éloignés (Blondel, 1975). L'inventaire des oiseaux d'eau au niveau de la zone d'étude a été effectué chaque année au niveau des différentes zones humides naturelles et artificielles dans le cadre de recensement international des oiseaux d'eau migrateurs durant les périodes d'hivernage (mois de janvier) et des oiseaux d'eau nicheur durant la période de reproduction (mois de Mai). De plus, un suivi bimensuel durant un cycle annuel (septembre 2023-Août 2024) au niveau de la zone humide urbaine chott El oued. En outre, on a renforcé notre inventaire par plusieurs sorties durant les périodes postnuptiales (l'automne) et prénuptiales (printemps) pour recenser les migrateurs et les nicheurs précoces et tardifs.

1.2 Dénombrement des oiseaux terrestres

Pour les oiseaux terrestres, nous avons utilisées la méthode des points d'écoutes à distance illimités (Echantillonnage fréquentiel progressif), consistant à enregistrer la présence/absence des espèces lors de transects matinaux d'une durée de 5 à 6 heures dès au lever du jour (Blondel et al., 1981; Blondel, 1975) . Cette méthode présente plusieurs atouts majeurs : sa mise en œuvre économique et accessible, sa flexibilité temporelle permettant son application à toute heure de la journée, ainsi que sa praticabilité en dehors des périodes de reproduction. De plus, cette approche ne permet pas l'estimation des densités puisqu'elle repose sur des relevés qualitatifs de type présence-absence, mais elle facilite l'établissement rapide d'un inventaire spécifique, soit l'évaluation de la richesse du peuplement avien (Ochando, 1988). Le recensement des

oiseaux terrestre a été effectué au niveau des terres ouverts (parcours sahariens), les milieux créés par l'homme (palmeraies et agriculture, milieu urbain).

1.3 Période et matériels utilisés

Les observations ont été réalisées durant la période allant de Septembre 2023 jusqu'à Août 2025 à l'aide de jumelles (10x50), d'un télescope (20x60) monté sur trépied et d'un appareil photo de marque Nikon P1000 (zoom optique 125x) pour photographier les espèces.

Cette démarche méthodologique adaptative a facilité un suivi systématique et une acquisition optimisée des données malgré l'hétérogénéité des conditions de terrain, permettant ainsi un inventaire qualitatif des oiseaux aquatique et terrestre présents sur différents habitats de notre territoire.

1.4 Identification des espèces et Organisations des données de l'inventaire

L'identification des espèces a été reposée sur l'observation combinée de critères morphologiques (taille, forme du bec, silhouette), du plumage (couleurs, motifs), du comportement (vol, chant) et du milieu de vie. Elle a été facilitée par l'utilisation du guide ornithologique (Svensson, 2010).

Une liste détaillée des espèces d'oiseaux inventoriées a été établi. De plus, nous avons également précisé pour tous les oiseaux notés les caractéristiques suivantes :

- Classification systématique : Ordres, Familles, Nom scientifique ;
- Dénominations (Nom vernaculaire en français, Nom commun en anglais) ;
- L'habitat occupé (absence/présence) ;
- Répartition annuelle des espèces (Présence mensuelle) ;
- Type d'oiseaux : Terrestre (T) ou d'Eau (E) ;
- Statut phénologique ;
- Statut de protection (Statut International selon l'UICN, statut national selon le décret exécutif n° 12-235) ;

Le classement taxonomique suit strictement les ordres définis par l'IOC World Bird List (version 2025) et assurer la conformité avec les dernières mises à jour des synonymies et révisions du nomenclature (Gill et al., 2025).

Le statut de protection des espèces d'oiseaux a été fait par deux référentiels :

- Critères de la Liste Rouge de l'UICN pour évaluer le statut de conservation international des espèces (IUCN, 2025). Nous avons des espèces quasi-menacées (NT), vulnérables (VU) et des espèces ont des préoccupations mineures (LC).
- Les réglementations nationales : selon le décret exécutif n° 12–235 du 24 mai 2012, portant les espèces animales non domestiques protégées et l'Ordonnance n° 06–05 du 15 juillet 2006, relative à la protection et à la préservation de certaines espèces animales menacées de disparition.

Les espèces ont été catégorisées en fonction de leurs statuts phénologiques selon la classification du Chedad et al. (2023a). Elles ont été classées en six (06) catégories : (H : hivernant, SN : sédentaire nicheur, SNN : sédentaire non nicheur NM : nicheur migrateur, NO : nicheur occasionnel, VP : visiteur de passage).

1.5 Suivi de l'aire de distribution de deux espèces migratrices

Les prospections menées durant L'inventaire de la communauté aviaire dans notre zone d'étude ont permis de d'observer l'expansion de l'aire de répartition de deux espèces migratrices en période d'hivernage ou de reproduction en dehors de leur aire de distribution géographique reconnue en Algérie. Ces observations significatives ont conduit à une démarche de suivi spécifique pour chaque espèce.

1.5.2 Bruant des roseaux *Emberiza Schoeniclus*

Après la première observation de l'espèce, un suivi deux fois par mois a été effectué durant deux mois « Janvier et février » de l'année 2024. A partir des limites de l'aire de distribution géographique de l'espèce (BirdLife International, 2019b), une carte de son aire de répartition géographique en Algérie a été réalisée à l'aide du logiciel Arcgis 10.8.

1.5.3 La Cigogne Blanche *Ciconia ciconia*

Le suivi a été mené durant 2024 et 2025 dans la zone d'étude. Un nid de cigogne blanche a été observé à la fin de la période de reproduction (juin) 2024 et pour confirmer leur sucée de reproduction, un suivi du nid a été effectué durant la saison de reproduction suivante, de février à juillet 2025.

Le succès de reproduction est déterminé en comptant le nombre de jeunes à l'envol, se tenant sur le nid et capables de voler. Des informations supplémentaires ont été fournies par des entretiens avec les citoyens et agriculteurs habitant dans les zones adjacentes au site de nidification.

Nous avons cartographié l'expansion récente de l'aire de répartition de la Cigogne blanche en Algérie en intégrant sa distribution géographique connue de BirdLife International (2016), les études rapportant la nidification de la Cigogne blanche au-delà des limites historiques de reproduction (Farhi, 2014; Zoubiri et al., 2018), et les enregistrements de présence de l'espèce en Algérie durant la période 1962–2025, avec les coordonnées géographiques obtenues à partir d'observations par les membres du réseau international dans la base de données du Global Biodiversity Information Facility (GBIF.org, 2025).

2 Valeur ornithologique et écologique d'une zone humide « Chott El Oued »

2.1 Le choix du Chott El Oued : enjeux et nécessité d'une étude ornithologique

Les zones humides sont des écosystèmes hautement productifs qui fournissent des services écosystémiques et des fonctions écologiques essentielles cruciales pour maintenir la biodiversité mondiale (Alikhani et al., 2021; Green & Elmberg, 2014; Perennou et al., 2020) . De plus, les zones humides fournissent des services écologiques essentiels au bénéfice des populations humaines, notamment l'approvisionnement et la purification de l'eau, le contrôle de l'érosion, les activités récréatives (Boyer & Polasky, 2004; Crosby et al., 2024; Das & Basu, 2020; Quin et al., 2015; Verhoeven et al., 2006) et l'habitat pour la faune sauvage, avec un accent particulier sur le maintien des espèces d'oiseaux aquatiques (Bezzalla et al., 2025). L'évaluation de leurs services écosystémiques est principalement influencée par la taille des zones humides, dont la valeur totale augmente proportionnellement à la superficie des zones humides, ainsi que par d'autres facteurs tels que les types de zones humides et le contexte socioéconomique (Zhou et al., 2020b).

Les zones humides sont largement reconnues comme des points chauds de biodiversité significatifs (Bennett & Mulongoy, 2006). Malgré leur valeur écologique (Bassi et al., 2014), elles sont classées parmi les écosystèmes les plus menacés de la planète en raison de leur vulnérabilité environnementale inhérente (Zhou et al., 2020b). Leur diversité distinctive découle des différences d'origine, de localisation géographique, de chimie de l'eau, de composition spécifique et de propriétés du sol, qui créent collectivement des habitats complexes et dynamiques (Finlayson & Davidson, 1999). Bien que, les facteurs régionaux contribuant à la perte et à la dégradation des zones humides varient considérablement selon les régions, l'expansion agricole et la croissance urbaine sont universellement reconnues comme les principales causes directes à l'échelle mondiale (Asselen et al., 2013). En effet, la croissance urbaine périphérique a menacé les zones humides et a posé de nombreux problèmes, notamment

la perte directe d'habitat, l'altération des régimes hydriques, la contamination par les eaux usées et le déclin de la biodiversité (Ramsar convention secretariat, 2004). Cependant, même si les zones urbaines continuent de s'étendre et que les zones humides naturelles déclinent, la présence et la création de lacs et de zones humides dans les environnements urbains sont cruciales pour la conservation de la biodiversité (Zedler, 2000).

Les études précédentes menées sur de nombreuses zones humides du nord-est du Sahara Algérien ont montré que ces ressources hydriques rares agissent comme des sites d'escalade cruciaux pour les espèces d'oiseaux migrateurs et menacés malgré des conditions environnementales extrêmes, offrant d'abondantes ressources alimentaires, des refuges d'hivernage, des sites d'expansion d'aire de répartition et des zones de reproduction critiques pour les espèces aviaires, particulièrement les oiseaux aquatiques traversant les voies de migration transcontinentales (Laabed et al., 2021; Khirani-Betrouche & Moulai, 2021, 2022; Chedad et al., 2020; Chedad, 2021a; Chedad et al., 2021b, 2021c, 2022, 2023a, 2023b; Bouzid et al., 2023a, 2023b; A. E. Adamou et al., 2023). Néanmoins, plusieurs zones humides le long de la frontière méditerranéenne méridionale en Afrique du Nord, particulièrement celles des régions intérieures incluant Chott El Oued au nord-est du Sahara Algérien, ont été mal étudiées, et des données insuffisantes existent pour caractériser ces écosystèmes de manière exhaustive (Hamza & Selmi, 2018). Notamment, le chott El Oued reste entièrement inexploré, aucune recherche antérieure n'ayant abordé son potentiel ornithologique.

2.2 Présentation du Chott El Oued

Chott El Oued, est une zone humide naturelle permanente de 46 hectares située près d'une zone urbaine dans le centre de la wilaya d'El Oued (figure 18), au nord-est du Sahara Algérien (33°23'3.24"N, 6°51'39.51"E). Cette zone humide maintient sa présence d'eau grâce à la remontée des eaux souterraines et à l'afflux d'eaux usées (Diaf et al., 2024). Les niveaux d'eau de cette zone humide varient de façon saisonnière, augmentant en hiver et diminuant en été. La végétation de la zone humide est dominée par des espèces halophytes telles que *Halocnemum strobilaceum* et *Zygophyllum album*, ainsi que par quelques arbres de *Tamarix gallica*. Son périmètre est bordé par une roselière (*Phragmites australis*). Une route goudronnée traverse la région, réduisant sa superficie par des activités de remblayage qui se produisent de chaque côté. Ces activités impliquent le déversement de déchets anthropiques, tels que des déchets de construction et des débris solides.

2.3 Collecte et organisations des données ornithologiques

Les données complètes d'observations aviaires, ont été obtenues par un recensement bimensuels réalisés sur un cycle annuel (septembre 2023 à août 2024). La diversité des oiseaux de la zone humide a été étudiée à la fois pendant les périodes migratoires et non migratoires.

La méthodologie adoptée pour le recensement de l'avifaune est similaire à celle utilisée pour l'inventaire des oiseaux dans la région (décrite en haut). De plus, la distribution mensuelle (présence/absence par mois) des espèces ont été enregistrées et l'abondance relative des oiseaux d'eau. Cette approche adaptative a permis d'établir une liste détaillée des espèces d'oiseaux et offre une vue d'ensemble complète sur la dynamique saisonnière de la population aviaire Aquatique et terrestre au niveau de la zone humide.

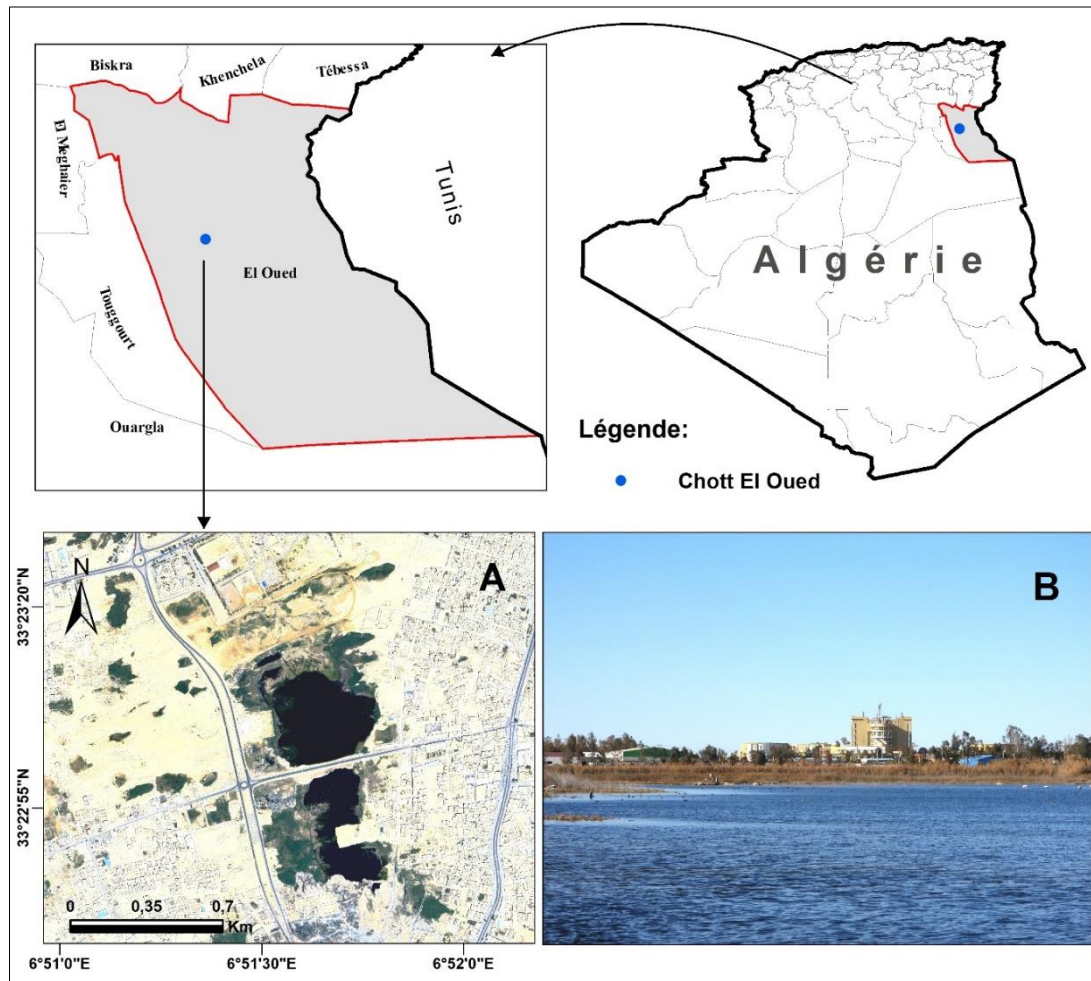


Figure 18: Localisation géographique de la zone humide urbaine Chott El Oued dans la wilaya d'El Oued, nord-est du Sahara Algérien : Situation (A) et une vue (B) de la zone humide (Originale).

2.4 Exploitation des résultats par des indices écologiques

2.4.1 Abondance relative (AR%)

Est estimé par la proportion du nombre d'individus de l'espèce i (n_i) sur l'abondance totale de tous les espèces (N)

$$AR\% = n_i/N$$

2.4.2 Fréquence d'occurrence « FO »

Est calculée pour chaque espèce en divisant le nombre de recensements où l'espèce est observée par le total des recensements effectués (deux recensements/mois). Les espèces d'oiseaux ont été classées en cinq catégories selon la classification de Muller (1985):

- Omniprésent (OM) ; $FO = 100\%$;
- Constant (CN) ; $75\% \leq FO < 100\%$;
- Régulier (RE) ; $50\% \leq FO < 75\%$;
- Accessoire (AC) ; $25\% \leq FO < 50\%$;
- Rare (RA) : $FO < 25\%$.

2.4.3 La richesse Totale et spécifique

- La richesse Totale (S) : le nombre total des espèces rencontrées au moins une fois durant la période de suivi (24 passages bimensuel).
- La richesse spécifique (s) : Le nombre d'espèces contactées par un relevé (passage bimensuel).

2.4.4 Indice de Shannon-Weaver

L'indice de Shannon & Weaver (1949) est une mesure écologique pour évaluer la diversité d'un milieu, tien en compte la richesse spécifique et la proportion de l'espèce i par rapport au nombre total des individus (p_i). Cet indice est d'autant plus petit (proche de 0) indique une faible diversité et que quelques espèces dominant, et plus élevé indique une grande diversité et que la majorité des espèces ont une abondance égale. Il est calculé par la formule suivante :

$$H = \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i , \quad P_i = n_i/N$$

Où :

S = Nombre total d'espèces.

n_i = Le nombre d'individus de l'espèce i

N = Le nombre total des individus du peuplement $N = (n_1 + n_2 + \dots + n)$.

2.4.5 Equitabilité de Pielou

L'indice d'équitabilité de Pielou (1966), permet de mesurer la répartition uniforme de l'abondance des espèces au sein de la communauté étudiée. De plus, permet de déterminer le déséquilibre dans un peuplement (Legendre & Legendre, 1984). Les valeurs d'équitabilité varient entre 1 (indiquant une communauté très équilibrée où la répartition des abondances des espèces est équitable) et 0 (témoignant le déséquilibre où la dominance d'une seule espèce). De ce fait, l'évolution temporelle de l'indice d'équitabilité de l'avifaune d'un peuplement exprime de façon intéressante l'évolution de sa structure. L'indice est calculé par :

$$E = \frac{H}{H_{max}}$$

Où H : indice de diversité

$H_{max} = \log_2(S)$ la diversité maximale de la communauté aviaire étudiée.

2.4.6 Indice de Simpson

Indice de Simpson (1949) représente la probabilité que deux individus tirés au hasard appartiennent à la même espèce. C'est un indice de dominance, dans le sens où ses grandes valeurs correspondent à des assemblages dont l'abondance totale est dominée par une ou très peu d'espèces présentes (Somerfield et al., 2008). Les valeurs de l'indice varient entre 0 et 1. Les valeurs les plus proches de 1, indiquent une grande diversité. Le calcul de l'indice (S) présente plusieurs formes, nous avons utilisées la formule révisée par Hurlbert (1971) et 1-D pour l'interprétation.

$$S = 1 - D \quad \text{où} \quad D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i-1)}{N(N-1)}$$

S = indice de diversité de Simpson.

n_i = Nombre d'individu de l'espèce i

N = Nombre total d'individus de la communauté

2.4.7 Indice de Margalef

Indice de diversité de Margalef (1958), permet d'apprécier la richesse spécifique indépendamment de la taille de l'échantillon, où la relation linéaire presque parfaite entre

l'indice de Margalef et la richesse en espèces (Gamito, 2010). Mais, il est très sensible à la taille de l'échantillon (Magurran, 2004). Il est calculé selon la formule :

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln(N)}$$

Où

S = nombre d'espèces (richesse spécifique)

N = nombre total d'individus dans l'échantillon

ln = logarithme naturel (népérien)

2.5 Analyses statistiques

Le logiciel R a été utilisé pour les analyses statistiques (R Core Team, 2025). Le package *vegan* a été employé pour calculer les indices de diversité tels que la richesse spécifique mensuelle, Shannon-Weaver, l'équitabilité, Simpson et Margalef. Pour la visualisation des jeux de données, les packages *ggplot2* et *ggstream* ont été utilisés pour créer les graphiques et diagrammes.

3 Ecologie de reproduction du pluvier à collier interrompu *Anarhynchus alexandrinus*

3.1 Le Pluvier à collier interrompu comme espèce modèle : état des connaissances et enjeux écologiques

Les populations d'oiseaux de rivage connaissent des déclin mondiaux significatifs, principalement causés par la destruction et la dégradation des habitats (Castro et al., 2024). Divers facteurs écologiques impactent leurs habitats et constituent des menaces substantielles pour la survie de nombreuses populations de limicoles migrateurs. Ces facteurs incluent les changements d'utilisation des terres, le changement climatique, la pollution, les altérations d'habitat et les perturbations anthropiques (Stroud et al., 2006; Kubelka et al., 2018; Shew et al., 2019; Hamza, 2020; Liang et al., 2021; Zhu et al., 2022; Ma et al., 2022; Athira et al., 2024). De nombreuses études ont souligné l'importance des habitats humides pour les espèces d'oiseaux de rivage telles que l'Échasse blanche *Himantopus himantopus*, l'Avocette élégante *Recurvirostra avosetta* et le pluvier à collier interrompu *Anarhynchus alexandrinus*, fournissant des zones d'alimentation et de reproduction cruciales (Chokri & Selmi, 2011; Bouakkaz et al., 2017; El Malki et al., 2018; Khirani-Betrouche & Moulai, 2022; A. E. Adamou et al., 2023).

Le pluvier à collier interrompu est une espèce d'oiseau de rivage à distribution mondiale présente dans les zones climatiques tempérées et subtropicales sur quatre continents. Il habite des zones ouvertes peu végétalisées telles que les régions côtières, les rives lacustres, les terres

arides autour des lacs salés, les berges de rivières, la toundra, les prairies, les lacs continentaux et même les déserts. Alors que certaines populations sont sédentaires, d'autres présentent une migration partielle ou complète, celles nichant dans les zones arctiques et tempérées étant les plus susceptibles d'entreprendre des déplacements saisonniers (Fraga & Amat, 1996; Fojt et al., 2000; Colwell & Haig, 2019; Székely, 2019).

Les populations du pluvier à collier interrompu sont en déclin sur des portions significatives de leur aire de répartition et ont été évaluées pour la dernière fois pour la Liste rouge des espèces menacées de l'UICN en 2016 (Wetlands International, 2012; BirdLife International, 2019a). Cette espèce est particulièrement sensible à son habitat de nidification et constitue un bioindicateur crucial pour détecter les changements environnementaux dans les écosystèmes humides (Colwell, 2010; Ding et al., 2023b). Le système reproducteur diversifié et flexible de cette espèce a suscité un intérêt considérable de la part des chercheurs étudiant l'écologie animale, le comportement et de l'évolution (Székely, 2019).

La biologie de reproduction du pluvier à collier interrompu a été largement étudiée dans divers environnements à travers le monde, avec un accent significatif sur les régions côtières. Des recherches ont été menées en Espagne ((Fraga & Amat, 1996; Amat et al., 2001; Castro et al., 2024), au Portugal (Norte & Ramos, 2004; Rocha et al., 2016), aux Îles Canaries (Tejera et al., 2022), au Maroc (Hanane, 2011; El Malki et al., 2018), en Italie (Pietrelli & Biondi, 2012; Cuccurullo & Zwirner, 2023; Villalobos Perna et al., 2024), en Corée du Sud (Hong & Higashi, 2008) et en Chine (Que et al., 2015; Li et al., 2023). Ces dernières années, il y a eu un intérêt croissant pour les stratégies reproductives de cette espèce en réponse aux environnements naturels difficiles des régions arides, particulièrement en Chine (Song et al., 2020; Liang et al., 2021; Ding et al., 2023a, 2023b) et au Kazakhstan (Mcdonald et al., 2022). Cependant, les études examinant la capacité de l'espèce à adapter ses stratégies de reproduction aux conditions désertiques extrêmes demeurent limitées (Kosztolányi et al., 2009; AlRashidi et al., 2010; AlRashidi, 2016).

En Algérie, les pluviers à collier interrompu se reproduisent dans une gamme d'habitats allant du littoral méditerranéen aux limites septentrionales du Sahara (Isenmann & Molai, 2000). La recherche sur leur biologie reproductive dans le pays est fragmentaire, se concentrant principalement sur les populations des zones côtières (Kebbi et al., 2018) et des Hauts Plateaux semi-arides (Bouakkaz et al., 2017). Certains aspects de leur biologie reproductive dans le Sahara ont été explorés par Kouidri (2013), Kouidri et al. (2025) et Bouzid (2017).

Pour cette raison, nous avons étudié cette espèce pour objectif d'apporter des connaissances sur son écologie reproductive et sa dynamique des populations sur deux habitats distincts, ce qui reflète sa stratégie de reproduction vis-à-vis du changement des conditions environnementales du Sahara Algérien.

3.2 Sites et périodes d'étude

L'étude de la dynamique saisonnière de la population du pluvier à collier interrompu a été réalisée tout au long d'un cycle annuel (Septembre 2023 – Août 2024) et englobe la période de reproduction qui s'étale de Février à Juillet 2024. Nous avons collecté et étudié les caractéristiques reproductives des populations de pluviers à collier interrompu dans deux zones humides différentes de la région du Souf, située dans le Sahara septentrional Est Algérien. Cette région est caractérisée par un étage bioclimatique saharien avec des étés secs et des hivers doux. En plus du premier site d'étude « Chott El Oued » (Voir dessus), le deuxième site est la station d'épuration des eaux usées 01 (figure 19), qui est une zone humide artificielle située en zone périurbaine, avec des zones mixtes agricoles, industrielles et résidentielles. Elle couvre une superficie de 46 hectares et est située dans la commune de Kouinine, à 06 km du centre de la province d'El Oued (33°25'16.28"N, 6°51'0.46"E). Cette installation fonctionne depuis 2007. Le système de lagunage comprend neuf bassins interconnectés « bassins aménagés », et des digues ou remblais séparent ces lagunes, couvrant une superficie totale de 20 hectares avec une longueur totale de rivage d'environ 4 km, dépourvue de végétation.

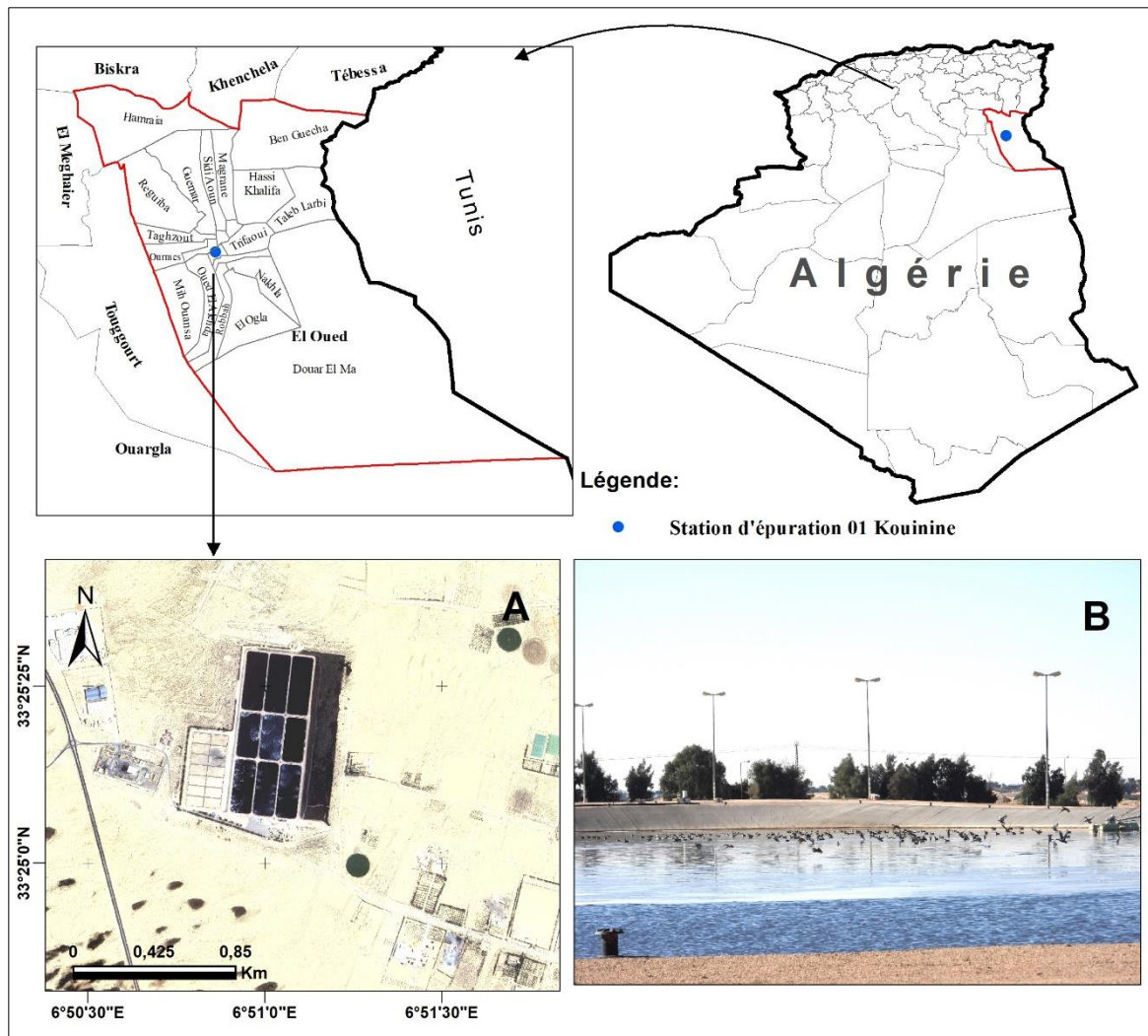


Figure 19: Localisation géographique de la station d'épuration des eaux usées 01 dans la province d'El Oued, nord-Est du Sahara Algérien : Situation (A) et vue (B) de la station (Originale).

3.3 Suivi de la population

Pour estimer la taille de la population de pluvier à collier interrompu sur les deux sites, nous avons effectué des recensements bimensuels pour chaque site durant la période qui s'étale de Septembre 2023 à Août 2024. Un dénombrement direct a été effectué pour les groupes d'oiseaux aquatiques situés à proximité du point d'observation et comprenant moins de 200 individus, tandis que des estimations visuelles ont été réalisées pour les groupes plus nombreux ou plus distants. (Blondel, 1975)

3.4 Collecte de données sur la reproduction

3.4.1 Période de reproduction

Les enquêtes ont commencé au début de la saison de reproduction, de Février à Juillet 2024. Le suivi des couples nicheurs depuis leur apparition sur leurs sites de nidification jusqu'à la fin de leur reproduction est effectué à l'aide d'une paire de jumelles (10x50), d'un télescope (20x60) et d'un appareil photo de marque Nikon P1000 (zoom optique 125x).

3.4.2 Recherche et localisation des nids

Les nids ont été identifiés par observation à distance, en suivant les oiseaux jusqu'à leur nid, ainsi qu'en parcourant à pied les sites de reproduction potentiels et en cherchant à l'intérieur de ces sites les nids vides nouvellement construits ou les empreintes des pas des gravelots (Szekely et al., 2008).

Pour chaque nid découvert, nous avons enregistré les coordonnées GPS, attribué un code d'identification unique et noté la date de découverte et la taille de la couvée. Lorsque la date de ponte du premier œuf était connue, les nids étaient surveillés presque quotidiennement pour déterminer la date du deuxième et du troisième œuf, l'intervalle de ponte, la date d'éclosion et la période d'incubation dans notre région. Cela nous a permis de surveiller les nids tout au long de la saison de reproduction jusqu'à l'éclosion des œufs ou l'échec de la tentative de reproduction.

Pour les nids dont la date de ponte était inconnue, celle-ci a été estimée par rétro-calcul à partir d'une date d'éclosion connue, en supposant que la période de couvaison durait 31 jours. Cette période comprend 25 jours d'incubation, représentant la période d'incubation pour la majorité des nids, et 06 jours de ponte des œufs, représentant le nombre de jours nécessaires pour compléter la majorité des couvées de trois œufs. Cette méthodologie a permis de documenter de manière exhaustive les schémas de nidification et les résultats de la reproduction du Pluvier à collier interrompu dans notre zone d'étude.

3.4.3 Caractéristiques des nids

Nous avons recueilli les caractéristiques des sites de nidification à l'aide d'un mètre ruban (figure 20), y compris le diamètre du nid (profondeur de la coupe, diamètre externe et diamètre interne), la distance par rapport à la source d'eau et la hauteur de la végétation de la plante sous laquelle le nid était construit. La direction géographique du nid a été déterminée à l'aide d'une

boussole. Les matériaux de construction du nid ont été identifiés et catégorisés en trois groupes ; inertes, animaux et végétaux. La végétation dans la zone environnante du nid a été comparée aux matériaux végétaux. Des guides botaniques ont été utilisés pour identifier les espèces utilisées comme matériaux de nidification (Chehema, 2006).



Figure 20: Mesure du diamètre du nid (A) et distance nid – plan d’eau (B) et hauteur du plante (C) où le nid pluvier à collier interrompu été installé (D) à l’aide d’un mètre ruban (photos originales, 2024).

3.4.4 Mesure des œufs

Pour les nids actifs, la taille de la couvée a été notée et nous avons pesé les œufs à l’aide d’une balance numérique (0,01 g) lord du premier jour de la ponte (figure 21), puis mesuré leur longueur (EL) et leur largeur (EB) à l’aide d’un pied à coulisse numérique (0,01 mm). L’indice de coquille (IC) a ensuite été calculé selon la formule de Ramade (1978): $IC = EW1/EB$, où EW1 est le poids de l’œuf au premier jour de la ponte. Le volume de l’œuf (EV) a été calculé à l’aide de la formule de Hoyt (1979): $EV = 0,51 \times EL \times EB^2$.

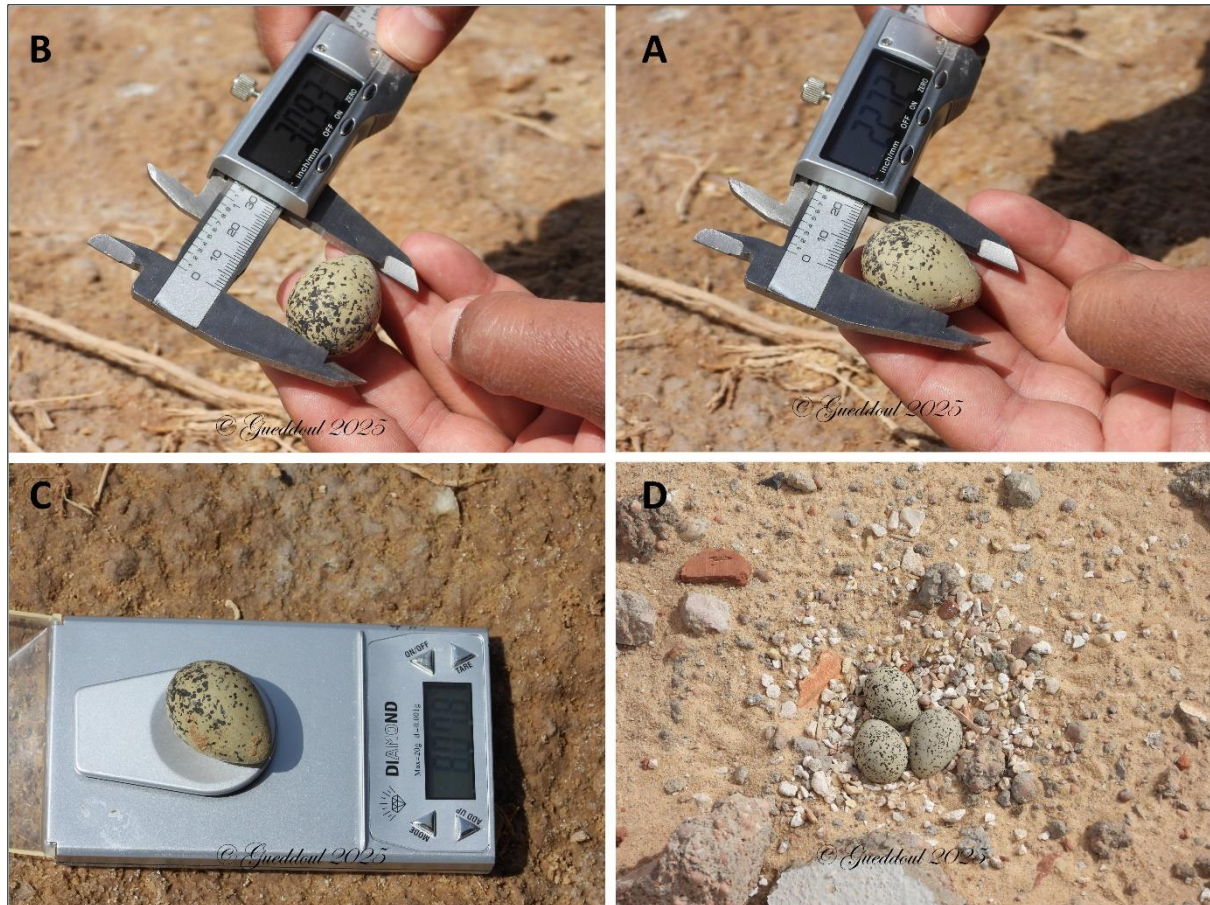


Figure 21: Mesure du largeur (A) et longueur (B) à l'aide d'un pied à coulisse numérique (0,01 mm) et la masse (C) par une balance numérique (0,01 g) des œufs du pluvier à collier interrompu (D) (photos originales, 2024).

L'indice de forme de l'œuf (SI) a été déterminé à l'aide de l'équation : $SI = EB/EL \times 100$ (Panda, 1996). Le premier jour après l'éclosion, nous avons utilisé une balance numérique pour mesurer le poids des poussins (figure 22). Ces mesures complémentaires ont contribué à nos objectifs de recherche et ont permis de caractériser de manière approfondie la morphologie des œufs et des poussins.



Figure 22: Mesure du poids des poussin (A) lords du premier jour d'éclosion (B, C) à l'aide d'une balance numérique (0,01g) (photos originales, 2024).

3.4.5 Les paramètres de reproduction

Les paramètres de reproduction ont été notés pour chaque couvée, y compris la durée d'incubation, le succès de d'éclosion calculé comme la proportion du nombre d'œufs éclos par rapport à la grandeur de la ponte (la taille de la couvée), les cas de prédation et les facteurs supplémentaires contribuant à l'échec de la couvée. Les couvées ont été considérées comme complètes si aucun œuf supplémentaire n'a été observé lors des visites suivantes au nid. Tous les nids ont été utilisés pour caractériser la phénologie de reproduction, déterminer les résultats de nidification et évaluer les performances de reproduction, tandis que seuls les couvées complètes (N=84) ont été servi à l'analyse de la taille des couvées. Le succès de nidification est le pourcentage de nids ayant réussi à faire éclore au moins un œuf. Nous avons conclu que la couvée avait échoué si des indications de prédation, telles que l'absence d'œufs ou la perturbation du contenu, étaient observées (El Malki et al., 2018; Chedad et al., 2023b).

3.5 Analyses statistiques

Avant l'analyse, nous avons effectué des tests préliminaires pour vérifier les hypothèses statistiques. Le test de Shapiro-Wilk a évalué la normalité des distributions pour toutes les variables. Le test F de Fisher a évalué l'homogénéité des variances entre les groupes. Nous avons employé le test t de Student pour comparer les moyennes des mesures de pontes et d'œufs entre les zones humides naturelles et artificielles pour les analyses comparatives. Nous avons utilisé le test non-paramétrique de Wilcoxon (somme des rangs) comme alternative lorsque les hypothèses paramétriques étaient violées. Les résultats ont été considérés comme significatifs lorsque le p-value inférieur à 0.5 ($p < 0,05$).

Pour évaluer la performance de reproduction, nous avons ajusté des modèles additifs généralisés (GAMs) avec une distribution d'erreur de Bernoulli pour examiner la relation entre le succès de nidification (succès ou échec) et plusieurs variables explicatives, notamment le type d'habitat, la date de ponte, la distance du nid à l'eau, le diamètre du nid et la hauteur de la cuvette du nid, entre autres. Pour évaluer les effets individuels des mêmes variables environnementales sur la grandeur de la ponte et le succès d'éclosion (mesuré comme le nombre de poussins éclos ou ayant pris leur envol), nous avons utilisé des GAM avec une distribution d'erreur de Poisson et une fonction de lien logarithmique. Toutes les analyses statistiques ont été conduites avec R version 4.3.0 (R Core Team, 2025). Une carte de situation de la zone d'étude a été produite à l'aide d'ArcGIS 10.8.

Chapitre III :

Résultats

1 Inventaire de l'avifaune dans la région Souf

1.1 Composition de la communauté aviaire dans la région Souf

L'inventaire conduit dans les différents habitats de la zone d'étude a permis de recenser 120 taxons, réparties en 20 ordres et 40 familles (Annexe 1). Les Passeriformes constituent l'ordre le plus riche en diversité taxonomique avec 56 espèces réparties en 16 familles, suivi par les Charadriiformes qui comptent 22 espèces distribuées dans cinq familles. Les ordres des Ansériformes (une famille) et des Péléciformes (deux familles) présentent une richesse équivalente de neuf espèces chacun. Deux ordres représentés par quatre espèces et une seule famille (Accipitriformes et Colombiformes) et deux autres par une seule famille et deux espèces (Coraciiformes et Gruiformes), le reste des ordres sont représentés par une seule famille et une seule espèce (Figure 23).

La communauté ornithologique se compose majoritairement d'oiseaux terrestres avec 74 espèces (soit 61.66% de l'effectif total) distribuées en 12 ordres et 27 familles, tandis que les oiseaux d'eau comptent 46 espèces (38.34% de l'effectif total) réparties en 8 ordres et 13 familles (Figure 24). La distribution des espèces à travers les habitats (Figure 25), montre que les zones humides supportent le plus grand nombre d'espèces (78 espèces) dont 60 espèces uniques, suivi par les habitats agricoles qui maintiennent aussi une richesse modérée de 34 espèces mais le plus faible en espèces uniques (08 espèces). Les habitats urbains et les terres ouvertes sont les moins diversifiés et représentent respectivement de 23 et 20 espèces. De plus, ils supportent une richesse significative des espèces unique de 11 et 15 espèces. 26 espèces partagent les habitats de la zone d'étude, notamment les habitats humides, urbains et agricoles.

En outre, la phénologie de l'avifaune de notre zone (figure 26, tableau 4), est composée de 42 espèces nicheuses (13 oiseaux d'eaux et 29 oiseaux terrestres), dont 29 des nicheurs sédentaires (24.17%), 08 nicheuses migratrices (6.67%) et 04 espèces sédentaires non-nicheurs (3.33%), et une (01) espèce à reproduction occasionnelle (0.83%). De plus, 78 espèces non nicheuse (33 oiseaux d'eau et 45 oiseaux terrestres), regroupant 42 espèces de passage (35%) et 36 espèces hivernantes (30%). La communauté aviaire est prédominée par les espèces migratrices (87 espèces, 72.5%) et le reste (33 espèces, 27.5%) représente la communauté résidente.

Selon la Liste rouge de l'UICN, Trois (03) espèces présentent un statut de conservation "quasi-menacé" (*Fuligule nyroca* *Aythya nyroca*, Marmaronette marbrée *Marmaronetta angustirostris*, et Pie-grièche à tête rousse *Lanius s. senator* (figure 27) et deux espèces

vulnérable Tourterelle des bois *Streptopelia t. turtur* et Bécasseau cocorli *Calidris ferruginea* (figure 28) à l'échelle mondiale, contre 116 espèces classées en "préoccupation mineure". À l'échelle nationale, 35 espèces bénéficient d'un statut de protection légale selon le décret exécutif n° 12-235 du 24 mai 2012, portant les espèces animales non domestiques protégées et l'Ordonnance n° 06-05 du 15 juillet 2006, relative à la protection et à la préservation de certaines espèces animales menacées de disparition, , notamment La Cigogne blanche *Ciconia c. ciconia*, Le Flamant rose, Tadorne casarca *Tadorna ferruginea*, Guêpier de perse *Merops persicus chrysocercus*, Faucon crécerelle *Falco t. tinnunculus* et Glaréole à collier *Glareola p. pratincola* (figure 29, 30).

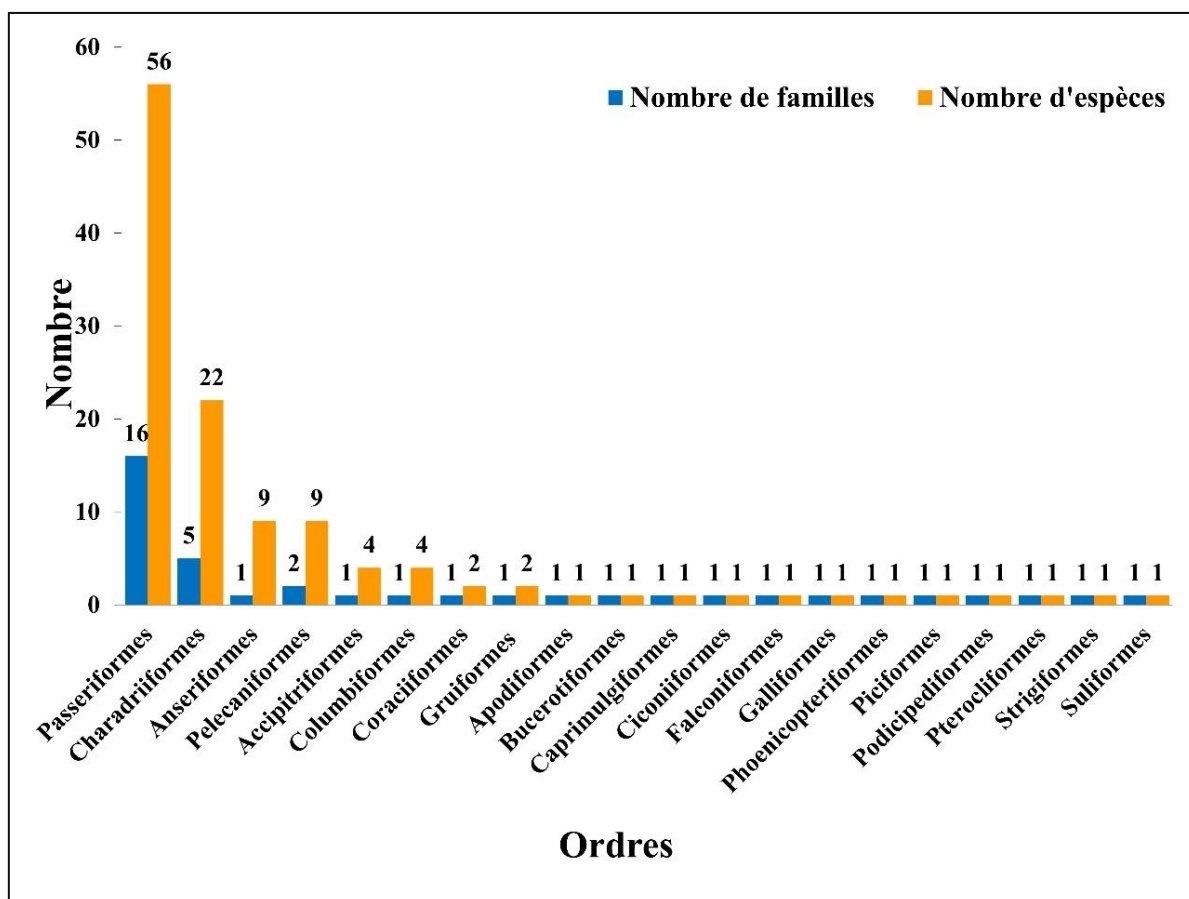


Figure 23: Nombre des familles et des espèces de la communauté aviaire dans la wilaya d'El Oued, Nord-est du Sahara septentrional Algérien.

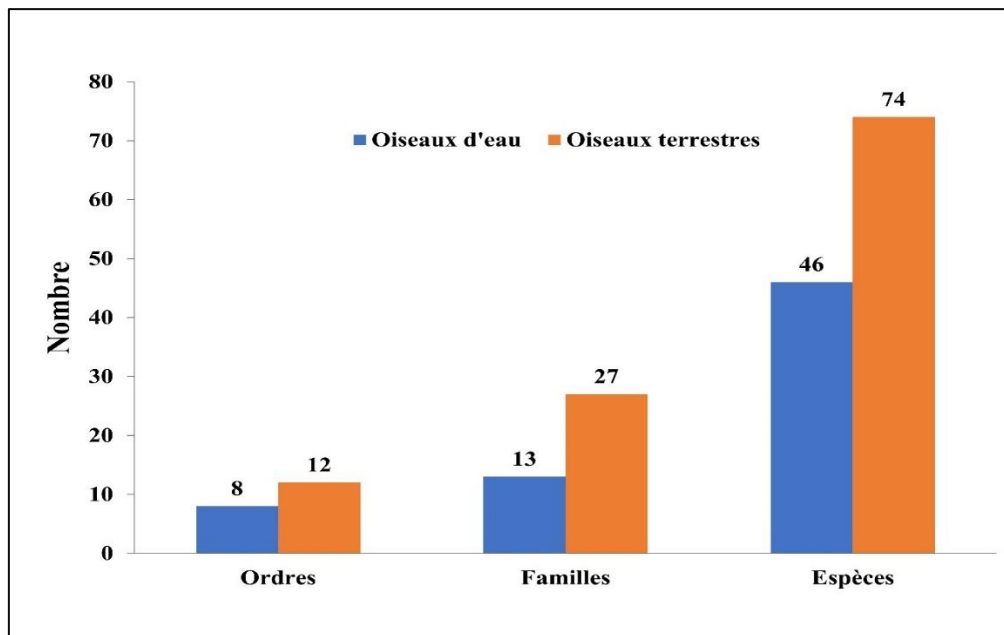


Figure 24: Nombre des ordres, des familles et des espèces de la communauté aviaire dans la wilaya d'El Oued par type d'oiseaux, Nord-est du Sahara septentrional Algérien.

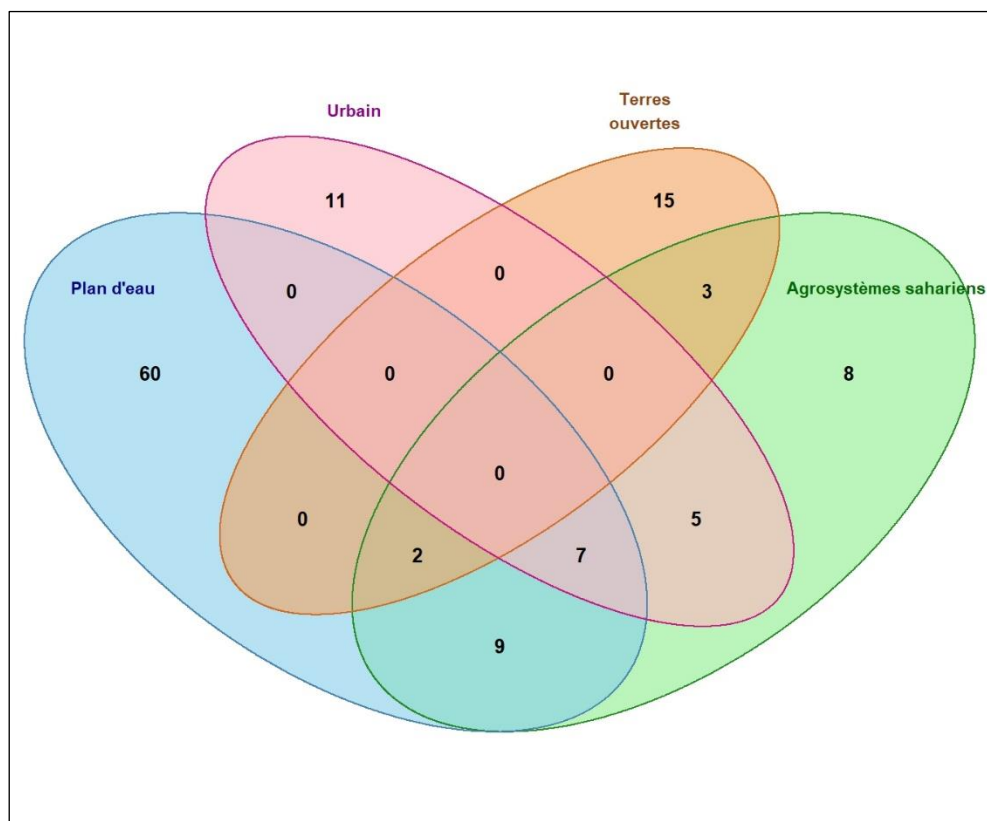
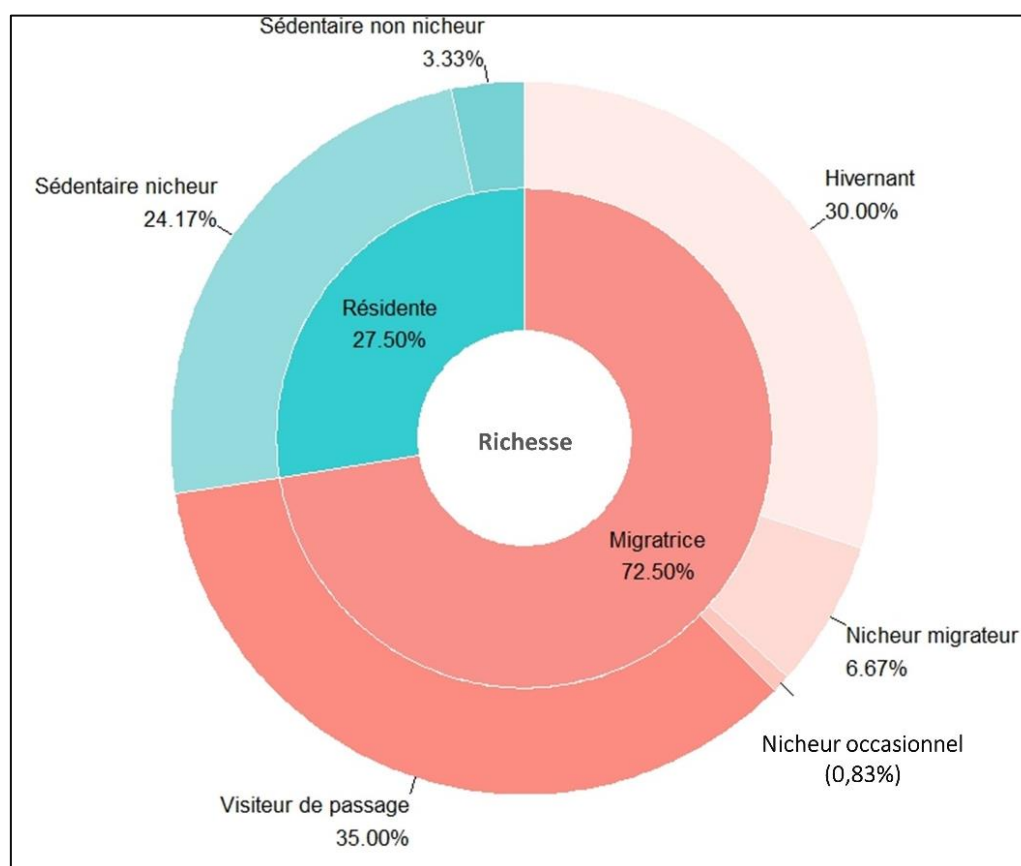


Figure 25: Diagramme de Venn montrant des taxons uniques et partagés à travers les types d'habitats.

Tableau 4: Statuts phénologique de l'avifaune inventoriées dans la zone d'étude

Statut Phénologique	Nicheur				Non nicheur		Total
Type	Sédentaire nicheur	Sédentaire non nicheur	Nicheur migrateur	Nicheur occasionnel	Hivernant	Visiteur de passage	
Oiseaux d'eau	8	3	2	0	19	14	46
Oiseaux terrestres	21	1	6	1	17	28	74
Total	29	4	8	1	36	42	
	42				78		

**Figure 26:** Les statuts phénologiques de la communauté aviaire dans la région du Souf.

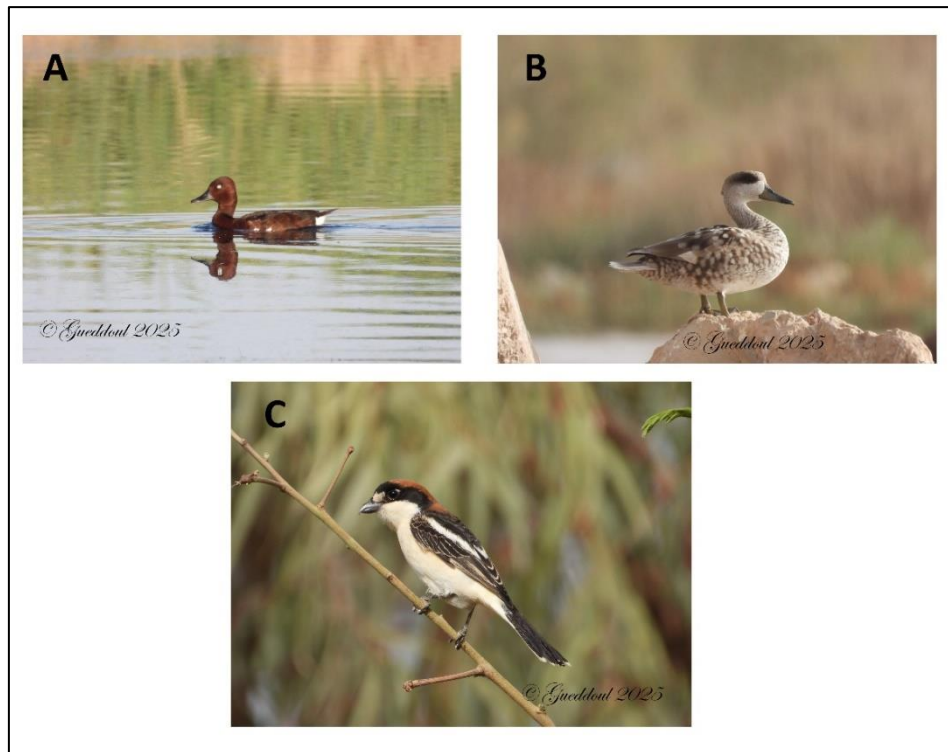


Figure 27: Les espèces classées quasi-menacé selon la liste rouge de l'UICN ; (A) Fuligule nyroca *Aythya nyroca*, (B) Marmaronette marbrée *Marmaronetta angustirostris*, (C) Pie-grièche à tête rousse *Lanius s. senator* (photos originales, 2025).

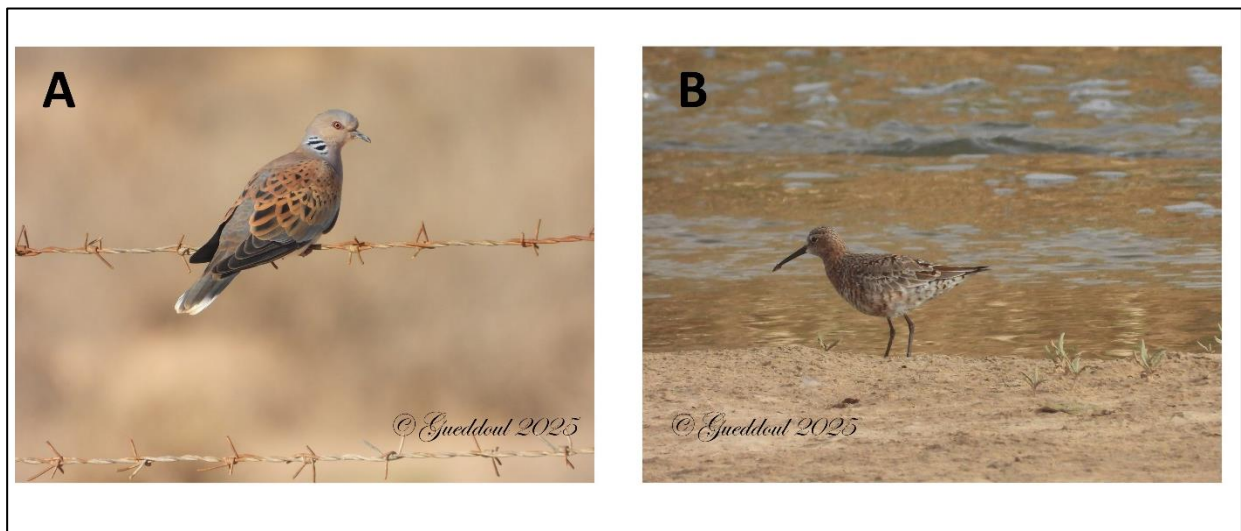


Figure 28: Les espèces classées vulnérable selon la liste rouge de l'UICN Tourterelle des bois *Streptopelia t. turtur* (A) et Bécasseau cocorli *Calidris ferruginea* (B) (photos originales, 2025).

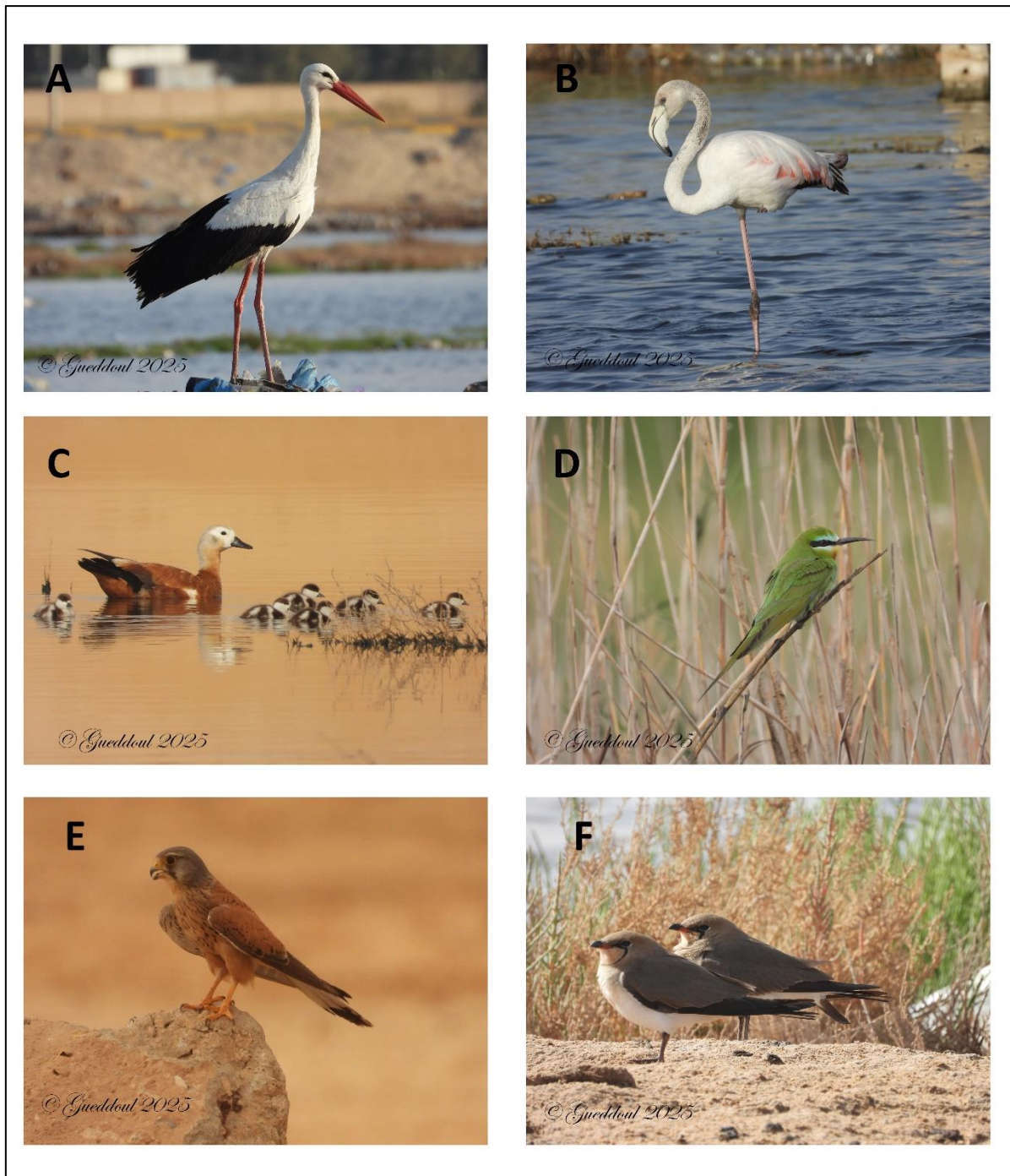


Figure 29: Espèces protégées par la législation algérienne ; La Cigogne blanche *Ciconia c. ciconia* (A), Le Flamant rose *Phoenicopterus roseus* (B), Tadorne casarca *Tadorna ferruginea* (C), Guêpier de perse *Merops persicus chrysocercus* (D), ; Faucon crécerelle *Falco t. tinnunculus* (E) et Glaréole à collier *Glareola p. pratincola* (F) (photos originales, 2025).

1.2 Variation Saisonnière de la Richesse Spécifique

L'inventaire ornithologique menée durant les trois années (2023-2025) a permis d'identifier des fluctuations saisonnières distinctes dans la composition des communautés aviaires locales. Les données collectées à partir de l'inventaire montrent une fluctuation remarquable de la richesse taxonomique (Figure 30), variant de 44 taxons (valeur minimal) à 85 taxons (maximum observé). Cette dynamique temporelle se structure autour de quatre phases écologiques distinctes :

Phase Automnale (Septembre-Novembre) : La saison automnale se distingue par une progression modérée de la diversité taxonomique, débutant avec 44 espèces en septembre et culminant à 48 taxons en novembre. Cette augmentation graduelle de 4 espèces coïncide avec la cessation des activités reproductrices et l'amorce des mouvements de dispersion post-reproductive. Les populations locales entament alors leurs déplacements saisonniers caractéristiques de cette période transitoire.

Période Hivernale (Décembre-Février) : L'hiver présente une dynamique d'enrichissement progressif particulièrement marquée, avec une évolution de 46 espèces en décembre vers 67 taxons en février. Cette augmentation substantielle de 21 espèces traduit l'installation graduelle des hivernaux qui viennent s'ajouter aux populations sédentaires locales. Cette phase témoigne de la capacité d'accueil de l'écosystème pour les espèces non-reproductrices recherchant des conditions climatiques plus douces.

Phase Printanière (Mars-Mai) : Le printemps constitue le pic de la diversité ornithologique annuelle, marqué par l'intensification des flux migratoires. Mars enregistre 74 espèces (progression de 7 taxons par rapport à février), suivi d'une culmination remarquable en avril avec 85 espèces identifiées (augmentation de 11 taxons). Le mois de Mai maintient un niveau élevé avec 82 espèces répertoriées, malgré une légère régression de 3 taxons. Cette séquence reflète l'arrivée successive des groupes d'espèces migratrices rejoignant leurs aires de reproduction.

Période Estivale (Juin-Août) : L'été se caractérise par une contraction significative de la richesse spécifique, avec une chute de 25 espèces dès juin (57 taxons répertoriés) et l'atteinte du minimum saisonnier en juillet avec seulement 44 espèces observées. Cette diminution drastique correspond à la période de quiescence ornithologique estivale, durant laquelle de nombreuses espèces adoptent des comportements discrets liés aux processus de mue et à la finalisation des cycles reproducteurs.

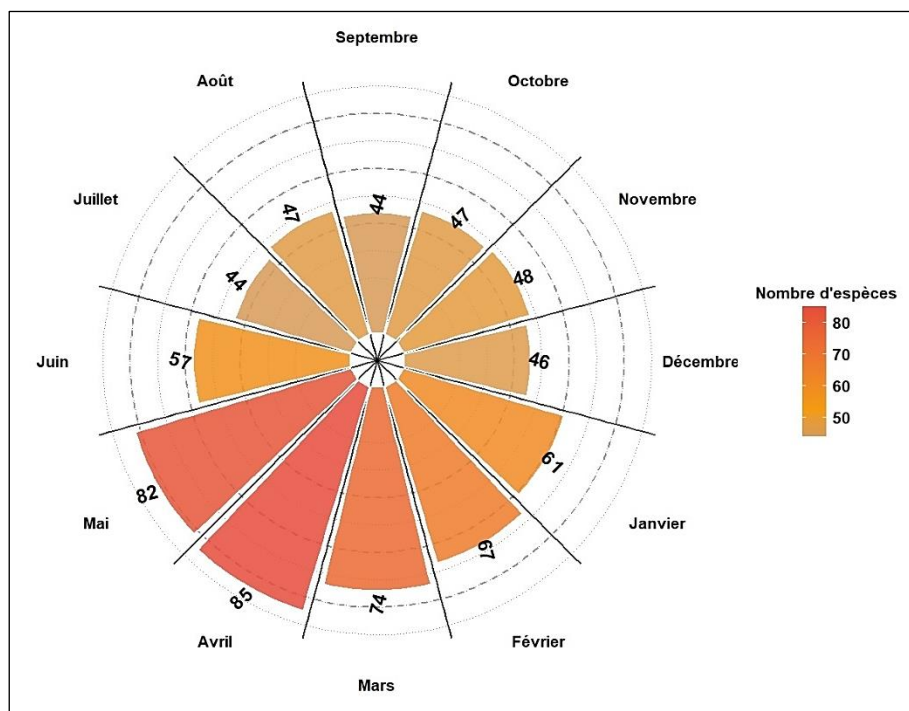


Figure 30: Variations saisonnières de la richesse spécifique de l'avifaune dans la wilaya d'El Oued, Nord-est du Sahara septentrional Algérien.

1.3 Dynamiques phénologique temporelle de la communauté aviaire

Le graphique en flux temporel (Figure 31) illustre les fluctuations saisonnières et les modifications phénologiques de la communauté ornithologique tout au long de l'année, révélant des schémas saisonniers distincts qui se conforment aux rythmes migratoires et reproductifs habituels des oiseaux tempérés.

Une tendance exceptionnelle se dégage au sein des Visiteurs de Passage (VP), caractérisée par un pic migratoire impressionnant au printemps qui culminent en mai avec la documentation de 29 espèces. L'importante concentration significative observée entre avril et mai (26-29 espèces) met en évidence le rôle stratégique de notre zone d'étude comme un site d'escale majeur le long du couloir migratoire méditerranéo-africain. Elle sert de zone de rassemblement vitale pour les oiseaux migrateurs transsahariens en transit vers leurs zones de reproduction en Europe.

La période hivernale est caractérisée par la plus grande variété d'espèces qui hibernent (26-27 espèces de décembre à février), avant de connaître un déclin progressif à mesure que les individus se dirigent vers leurs lieux de reproduction et que les populations venant du nord entament leur migration de retour vers leurs zones natales. Cette réduction indique l'éloignement temporaire des espèces qui prospèrent dans le froid, permettant ainsi à des niches

écologiques d'être rapidement occupées par les oiseaux migrateurs nicheurs, ainsi que les visiteurs de passage et les communautés aviaires sédentaires.

La communauté est principalement soutenue par la population sédentaire nicheuse (SN), qui montre une stabilité impressionnante avec 27 à 29 espèces présentes tout au long de l'année. Cette constance indique la présence d'une communauté résidentielle bien définie et adaptée aux conditions locales et constitue le standard écologique de référence autour duquel se manifestent les fluctuations saisonnières. L'augmentation hivernale modeste à 29 espèces indique soit une amélioration des conditions de détection, soit un afflux temporaire d'individus provenant de régions voisines attirés par une plus grande disponibilité de ressources. Cependant, le groupe des Nicheurs Migrateurs (NM) montre un schéma saisonnier typique de reproduction, passant de 3 espèces pendant l'hiver à un maximum de 8 espèces en mai, période qui correspond exactement au sommet de la saison de la nidification lorsque les ressources sont à leur meilleur niveau et que les conditions environnementales soutiennent le succès la nidification.

Tout au long de l'année, les Sédentaires Non-Nicheurs (SNN) conservent une population stable de 4 espèces. Ces individus semblent être en dispersion postnuptiale, des sujets non-territoriaux, des espèces dont la reproduction n'est pas confirmée ou des espèces qui utilisent principalement la région pour se reposer et s'alimenter plutôt que pour se reproduire. En outre, la présence des nicheurs occasionnelle (NO) uniquement pendant la saison de reproduction (avril-août) dans des conditions idéales indique probablement qu'il s'agit de populations périphériques aux limites de leur zone de répartition ou d'espèces spécialisées écologiques nécessitant des facteurs environnementaux précis pour réussir leurs efforts reproductifs.

Ces dynamiques phénologiques soulignent collectivement la valeur écologique exceptionnelle de la zone en tant qu'habitat multifonctionnel accommodant des stratégies démographiques diversifiées. La synchronisation stratégique qui sépare les communautés hivernantes des migrateurs de passage, combinée au socle résident stable, génère un cadre écologique dynamique où la richesse communautaire totale demeure relativement élevée tout au long de l'année tandis que la composition spécifique subit des remaniements saisonniers drastiques. La convergence printanière des résidents, des nicheurs précoces et du pic migratoire crée un maximum de biodiversité qui constitue l'une des périodes les plus critiques pour la gestion conservatoire, où la qualité de l'habitat et les niveaux de perturbation peuvent simultanément compromettre plusieurs communautés écologiques avec des répercussions en cascade.

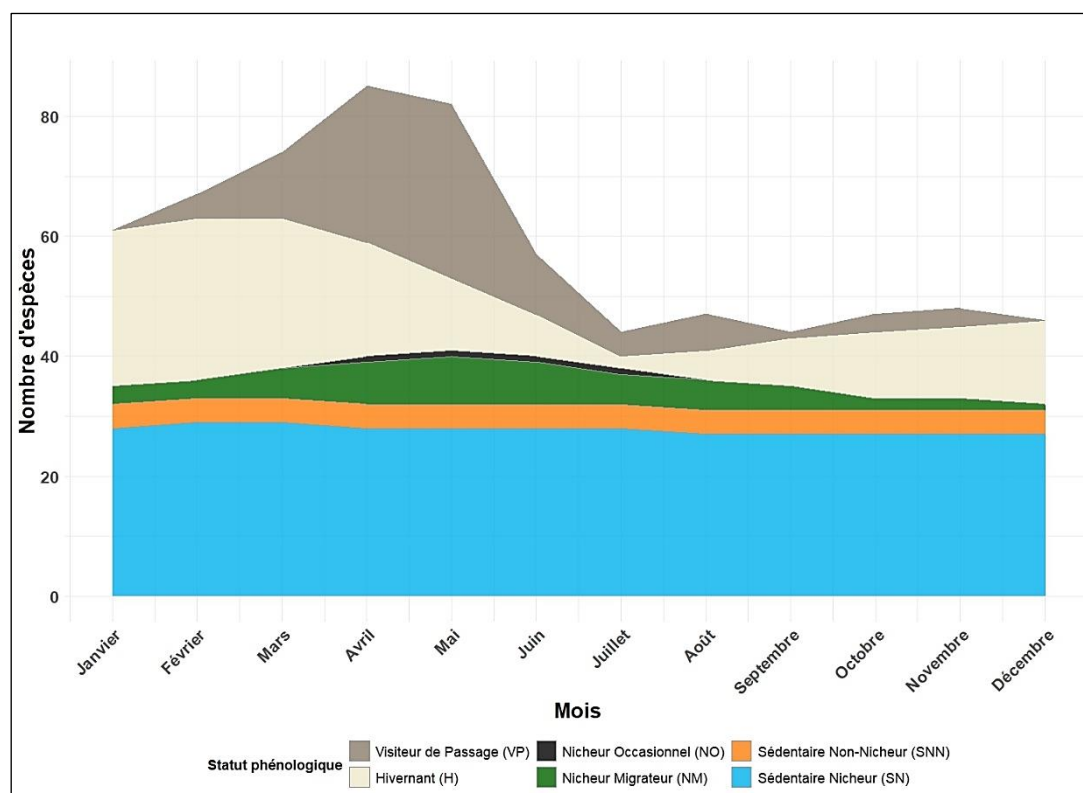


Figure 31: Graphique en aires empilées représente la distribution saisonnière des statuts phénologiques de l'avifaune dans la wilaya d'El Oued, Nord-est du Sahara septentrional Algérien.

2 Expansion de l'aire de distribution de deux espèces migratrices

2.1 Première observation du Bruant des roseaux *Emberiza Schoeniclus* au Sahara

Lors d'un recensement des oiseaux, trois individus de bruant des roseaux ont été observés (samedi 27 janvier 2024) se nourrir des graines de phragmites et des insectes trouvés dans les roselières entourant la zone humide urbaine Chott El Oued et cela au sud de son aire de répartition traditionnelle (Figure 32). Des quelques photographies ont été prises, dont la meilleure est reproduite dans la (Figure 33). Par ailleurs, les visites supplémentaires deux fois par mois en février sur le site, ont confirmés la présence de l'espèce pendant la période hivernale.

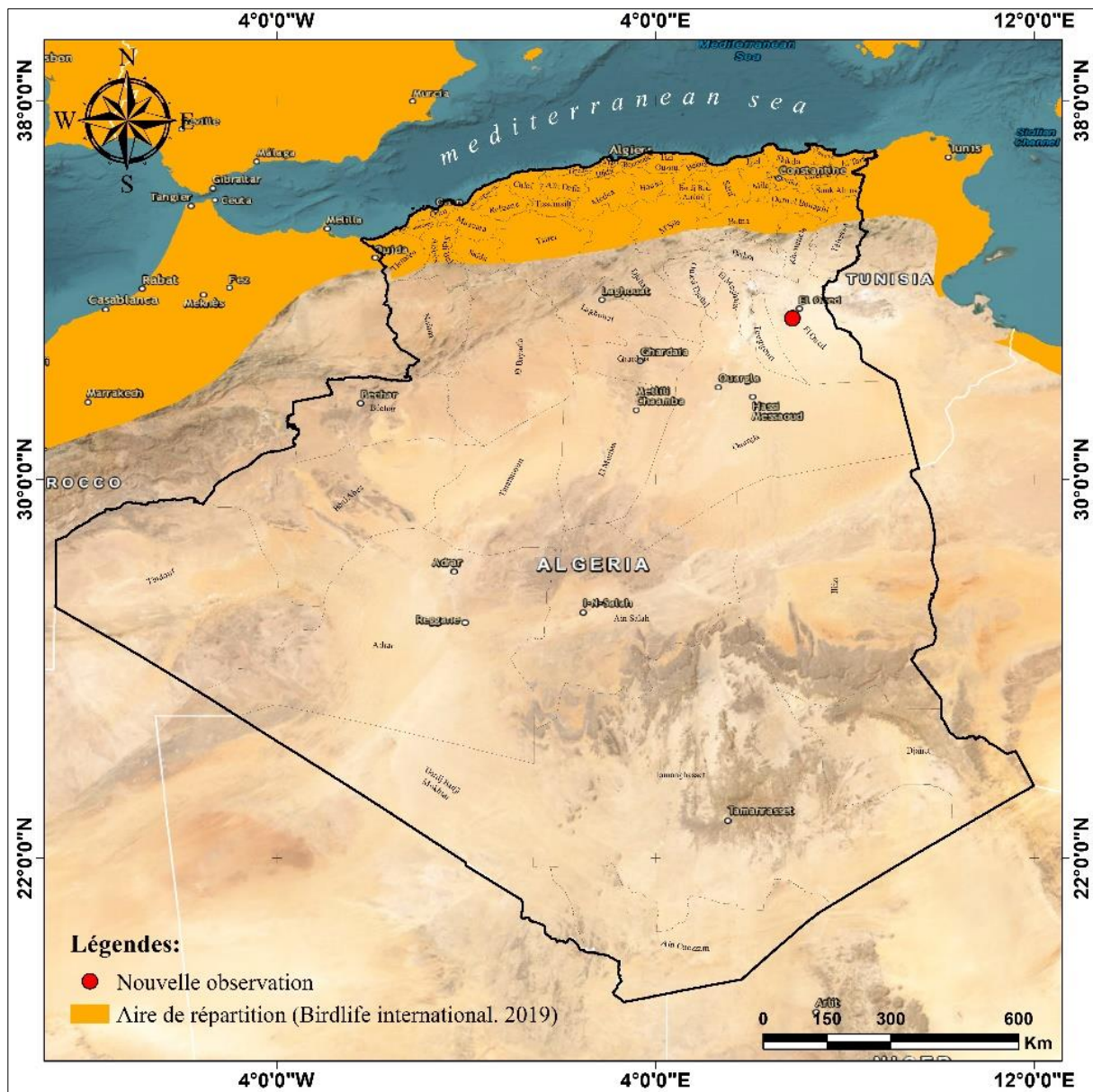


Figure 32: Carte de la localisation géographique de la nouvelle observation du bruant des roseaux dans le nord-est du Sahara et l'aire de répartition actuelle en Algérie (Originale).

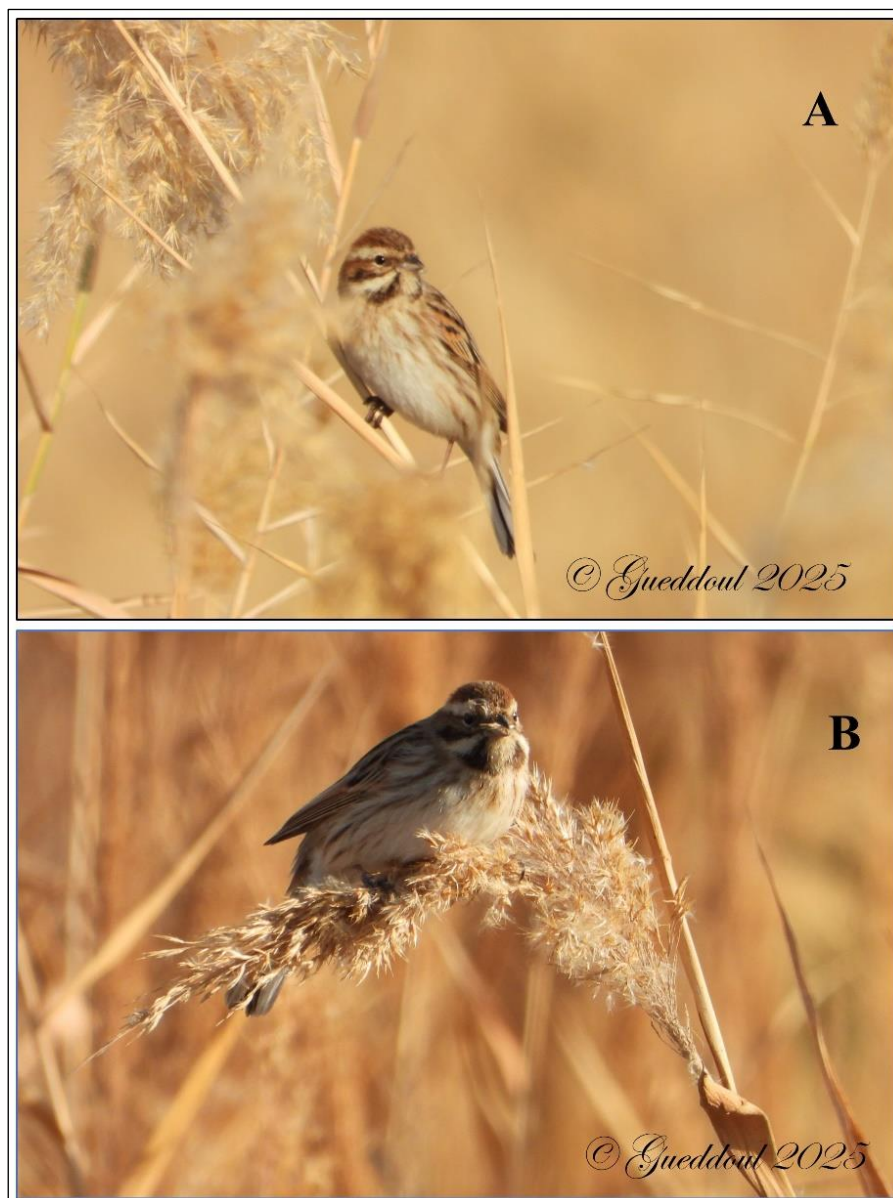


Figure 33: Bruant des roseaux sur les roseaux (A) et se nourrissant de graines du phragmite (B) au Chott El Oued, nord-est du Sahara Algérien (photos originales, 2024).

2.2 Expansion de l'aire de reproduction de la Cigogne Blanche *Ciconia ciconia* au Sahara Algérien

Durant le recensement international des oiseaux d'eau migrants en Algérie (janvier 2024), un effectif important de Cigognes blanches a été observé dans la zone d'étude (estimé à 350 individus), exploitant les zones humides, les décharges de déchets et les zones agricoles comme aires d'alimentation et de halte pendant leur passage migratoire à travers le Sahara. Des individus (5 à 10) sont restés pendant la période de nidification et ont été observés dans la zone humide urbaine « Chott El Oued » ainsi qu'à la station d'épuration des eaux usées de Kouinine.

Au cours de la saison de reproduction 2025, le sucée de reproduction de la Cigogne blanche a été confirmé dans la partie nord-est du Sahara Algérien (Figure 34). Le nid a été construit au sommet de l'antenne de communication de la téléphonie mobile dans une zone urbanisée de la province d'El Oued (33°23'33,72" N, 6°52'5,33" E, alt. : 68 m) (Figure 35 A, B). Les zones d'alimentation potentielles à proximité du nid comprenaient, une zone humide urbaine naturelle située à 900 mètres (Chott El Oued), la station d'épuration de Kouinine située à 3,5 kilomètres du nid (zone humide artificielle) ainsi que le site de décharge publique d'Oued El Alenda à 11 kilomètres.

L'arrivée du couple sur son nid (occupation du nid confirmée) s'est produite à la mi-février (15 février), et le début de l'incubation a commencé fin mars (observé le 21 mars). L'accroissement de l'activité parentale a été constaté le 13 avril, indiquant l'éclosion des œufs. L'apparition de deux juvéniles, avec des rémiges noires, a confirmé le succès de la reproduction (Figure 35C). L'envol des jeunes s'est produit le 10 juin 2025, l'ensemble des juvéniles ayant quitté le nid progressivement et le nid a été complètement abandonné au cours des jours suivants (envol avec succès).

Par ailleurs, un deuxième nid a été observé sur un pylône électrique à haute tension (33°44'41,91" N, 6°54'28,94" E, alt. : 10 m) à 4 km de la zone humide artificielle nommée rejet de Chott E'Dhiba qui forme l'exutoire final des eaux usées des différentes stations d'épurations de la wilaya d'El Oued (Figure 35D), à 11 km des zones agricoles et à 19 km du site de décharge publique de Hassi Khalifa. bien qu'il demeure inachevé.

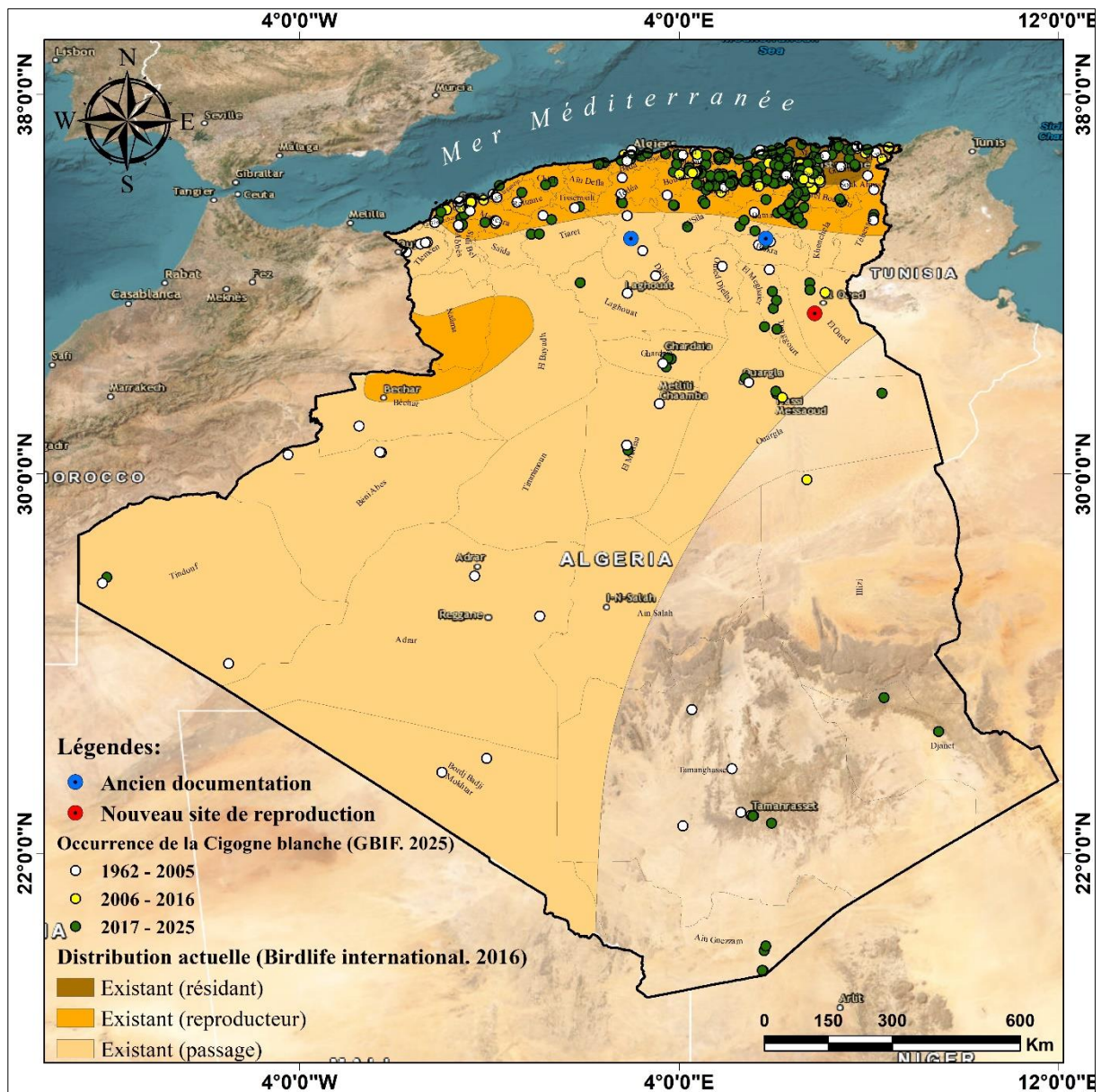


Figure 34: Situation géographique de nouveau site de reproduction dans la province d'El Oued, nord-est du Sahara Algérien et son aire de répartition connue et les nouveaux sites d'existance de la cigogne blanche en Algérie (Originale).



Figure 35 : Site de nidification en milieu urbain à proximité de la zone humide urbaine Chott El Oued (A), Nid sur l’antenne-relais de téléphonie mobile (B), Adulte avec deux juvéniles (C), Nid sur un pylône électrique à haute tension (D) (photos originales, 2025).

3 Diversité, structure et dynamique des populations de la communauté aviaire dans le Chott El Oued, Sahara septentrional Algérien.

3.1 Diversité de l’avifaune

Durant la période d’étude, une richesse totale de 71 espèces d’oiseaux a été recensées dans le chott El Oued, réparties en 15 ordres et 29 familles (Tableau 5). La communauté aviaire était dominée par les Passeriformes, représente 22 espèces répartis sur 10 familles, suivis par les Charadriiformes avec 20 espèces issues de 5 familles. D’autres ordres notables incluaient les Péléciformes et les Anseriformes, comptant respectivement huit (08) et six (06) espèces, qui ont contribué significativement à la diversité spécifique (Figure 36A). Il convient de souligner que cette richesse représente 59.16% des taxons inventoriés dans la région Souf et correspond 43.24% des oiseaux terrestres et 84.78% des oiseaux d’eau.

Parmi les espèces recensées, 32 espèces d’oiseaux terrestres ont été identifiées, réparties en huit (08) ordres et 17 familles, les Passeriformes constituant 68,8 % de l’ensemble des

oiseaux terrestres (Figure 36B). À l'inverse, 54,92 % (39 espèces) étaient classées comme oiseaux d'eau, répartis en sept ordres et 12 familles. La communauté des oiseaux d'eau était dominée par les limicoles (ordre des Charadriiformes, cinq (05) familles), représentant 51,3 % de tous les oiseaux d'eau, suivis des laridés (ordre des Péléciformes, une (01) famille) à 20,5 %, et des canards (ordre des Anseriformes, une (01) famille) à 15,4 % (Figure 36C).

Tableau 5: Liste des oiseaux du Chott El Oued au Nord-est du Sahara Algérien.

Ordre-Famille		Distribution mensuelle												Ty pe	AR (%)	St. Nat	UI CN	St. Ph	FO
Nom scientifique	Nom commun	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A						
Accipitriformes - Accipitridae																			
<i>Circus aeruginosus</i>	Busard des roseaux (harpay)													T		✓	LC	NS	CN
<i>Hieraaetus pennatus</i>	Aigle botté													T		✓	LC	VP	RE
Anseriformes - Anatidae																			
<i>Marmaronetta angustirostris</i>	Marmaronette marbrée													E	14,4	✓	NT	NS	OM
<i>Spatula clypeata</i>	Canard souchet													E	4,93		LC	H	RE
<i>Anas platyrhynchos</i>	Canard colvert													E	0,76		LC	H	AC
<i>Mareca strepera</i>	Canard chipeau													E	0,12		LC	VP	RA
<i>Tadorna ferruginea</i>	Tadorné casarca													E	0,23	✓	LC	NS	AC
<i>Aythya nyroca</i>	Fuligule nyroca													E	0,06	✓	NT	VP	RA
Apodiformes – Apodidae																			
<i>Apus apus</i>	Martinet noir													T			LC	VP	RA
Bucerotiformes - Upupidae																			
<i>Upupa epops</i>	Huppe fasciée													T		✓	LC	VP	RA
Caprimulgiformes - Caprimulgidae																			
<i>Caprimulgus aegyptius</i>	Engoulevent du désert													T		✓	LC	VP	RA
Charadriiformes - Charadriidae																			
<i>Anarhynchus alexandrinus</i>	Pluvier à collier interrompu													E	11,3		LC	NS	OM
<i>Charadrius hiaticula</i>	Pluvier grand-gravelot													E	0,22		LC	H	AC
<i>Charadrius dubius</i>	Pluvier petit-gravelot													E	0,87		LC	NM	RE
Charadriiformes - Glareolidae																			
<i>Glareola pratincola</i>	Glaréole à collier													E	0,06		LC	VP	RA
Charadriiformes - Laridae																			
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	Mouette rieuse													E	0,01		LC	VP	RA
<i>Chroicocephalus genei</i>	Goéland railleur													E	0,01		LC	VP	RA
<i>Chlidonias hybrida</i>	Guifette moustac													E	0,16		LC	VP	AC
<i>Chlidonias niger</i>	Guifette noire													E	0,03		LC	VP	RA

Ordre-Famille		Distribution mensuelle												Ty pe	AR (%)	St. Nat	UI CN	St. Ph	FO
Nom scientifique	Nom commun	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A						
Charadriiformes - Recurvirostridae																			
<i>Himantopus himantopus</i>	Echasse Blanche													E	26,1	✓	LC	NS	OM
Charadriiformes - Scolopacidae																			
<i>Calidris minuta</i>	Bécasseau minute													E	3,67		LC	H	RE
<i>Calidris pugnax</i>	Chevalier combattant													E	1,65		LC	H	RE
<i>Tringa ochropus</i>	Chevalier cul-blanc													E	0,24		LC	H	AC
<i>Tringa glareola</i>	Chevalier sylvain													E	0,57		LC	H	RE
<i>Gallinago gallinago</i>	Bécassine des marais													E	0,04		LC	H	RA
<i>Actitis hypoleucos</i>	Chevalier guignette													E	0,32		LC	H	AC
<i>Lymnocyptes minimus</i>	Bécassine sourde													E	0,03		LC	H	RA
<i>Calidris ferruginea</i>	Bécasseau cocorli													E	0,07	✓	VU	VP	RA
<i>Arenaria interpres</i>	Tournepierrre à collier													E	0,04		LC	VP	RA
<i>Tringa erythropus</i>	Chevalier arlequin													E	0,03		LC	VP	RA
<i>Tringa nebularia</i>	Chevalier aboyeur													E	0,05		LC	VP	RA
Ciconiiformes - Ciconiidae																			
<i>Ciconia ciconia</i>	Cigogne blanche													E	0,07	✓	LC	VP	RA
Columbiformes - Columbidae																			
<i>Columba livia</i>	Pigeon biset													T			LC	NS	OM
<i>Streptopelia decaocto</i>	Tourterelle turque													T			LC	NS	RE
Coraciiformes - Meropidae																			
<i>Merops persicus</i>	Guepier de perse													T		✓	LC	VP	AC
<i>Merops apiaster</i>	Guêpier d'Europe													T		✓	LC	VP	RA
Falconiformes - Falconidae																			
<i>Falco tinnunculus</i>	Faucon crécerelle													T		✓	LC	NS	AC
Gruiformes - Rallidae																			
<i>Fulica atra</i>	Foulque macroule													E	7,39		LC	NS	CN
<i>Gallinula chloropus</i>	Gallinule poule-d'eau													E	7		LC	NS	OM
Passeriformes - Acrocephalidae																			
<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	Rousserolle effarvatte													T			LC	NM	RE
<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	Phragmite des joncs													T			LC	VP	RA
Passeriformes - Cisticolidae																			
<i>Cisticola juncidis</i>	Cisticole des joncs													T			LC	NS	OM

Ordre-Famille		Distribution mensuelle												Ty pe	AR (%)	St. Na t	UI CN	St. Ph	FO
Nom scientifique	Nom commun	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A						
Passeriformes - Emberizidae																			
<i>Emberiza schoeniclus</i>	Bruant des roseaux													T			LC	H	RA
Passeriformes - Hirundinidae																			
<i>Hirundo rustica</i>	Hirondelle rustique													T			LC	VP	AC
<i>Riparia riparia</i>	Hirondelle de rivage													T			LC	VP	AC
Passeriformes - Laniidae																			
<i>Lanius excubitor</i>	Pie-grièche grise													T			LC	NS	CN
<i>Lanius senator</i>	Pie-grièche à tête rousse													T		✓	NT	VP	RA
Passeriformes - Leiothrichidae																			
<i>Argya fulva</i>	Cratérope fauve													T			LC	NS	AC
Passeriformes - Motacillidae																			
<i>Motacilla flava</i>	bergronnette printanière													T			LC	VP	AC
<i>Motacilla alba</i>	Bergeronnette grise													T			LC	H	RE
<i>Anthus spinoletta</i>	Pipit spioncelle													T			LC	VP	RA
<i>Anthus pratensis</i>	Pipit farlouse													T			LC	VP	RA
<i>Anthus cervinus</i>	Pipit à gorge rousse													T			LC	VP	RA
<i>Anthus trivialis</i>	Pipit des arbres													T			LC	VP	RA
Passeriformes - Muscipidae																			
<i>Cercotrichas galactotes</i>	Agrobate roux													T			LC	VP	RA
<i>Oenanthe oenanthe</i>	Traquet motteux													T			LC	VP	RA
<i>Saxicola rubicola</i>	Tarier pâtre													T			LC	VP	RA
<i>Saxicola rubetra</i>	Tarier des prés													T			LC	VP	RA
Passeriformes - Phylloscopidae																			
<i>Phylloscopus collybita</i>	Pouillot véloce													T			LC	H	AC
<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	Pouillot siffleur													T			LC	VP	RA
Sylviidae																			
<i>Curruca melanocephala</i>	Fauvette mélanocéphale													T			LC	H	RE
Pelecaniformes - Ardeidae																			
<i>Egretta garzetta</i>	Aigrette garzette													E	2,81	✓	LC	NO	OM
<i>Ardea cinerea</i>	Héron cendré													E	0,18	✓	LC	VP	RA
<i>Ardea ibis</i>	Héron garde-bœufs													E	1,82	✓	LC	VP	RA
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Bihoreau gris													E	0,61	✓	LC	VP	AC
<i>Ardeola ralloides</i>	Crabier chevelu													E	0,38	✓	LC	VP	AC
<i>Ardea purpurea</i>	Héron pourpré													E	0,19		LC	VP	RA
<i>Ixobrychus minutus</i>	Blongios nain													E	0,03		LC	VP	RA

Ordre-Famille		Distribution mensuelle												Typ	AR (%)	St. Nat	UI CN	St. Ph	FO
Nom scientifique	Nom commun	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A						
Pelecaniformes - Threskiornithidae																			
Plegadis falcinellus	Ibis falcinelle													E	0,11	✓	LC	H	AC
Phoenicopteriformes - Phoenicopteridae																			
Phoenicopus roseus	Flamant rose													E	0,79	✓	LC	H	CN
Podicipediformes - Podicipedidae																			
Tachybaptus ruficollis	Grèbe castagneux													E	12,6		LC	NS	OM

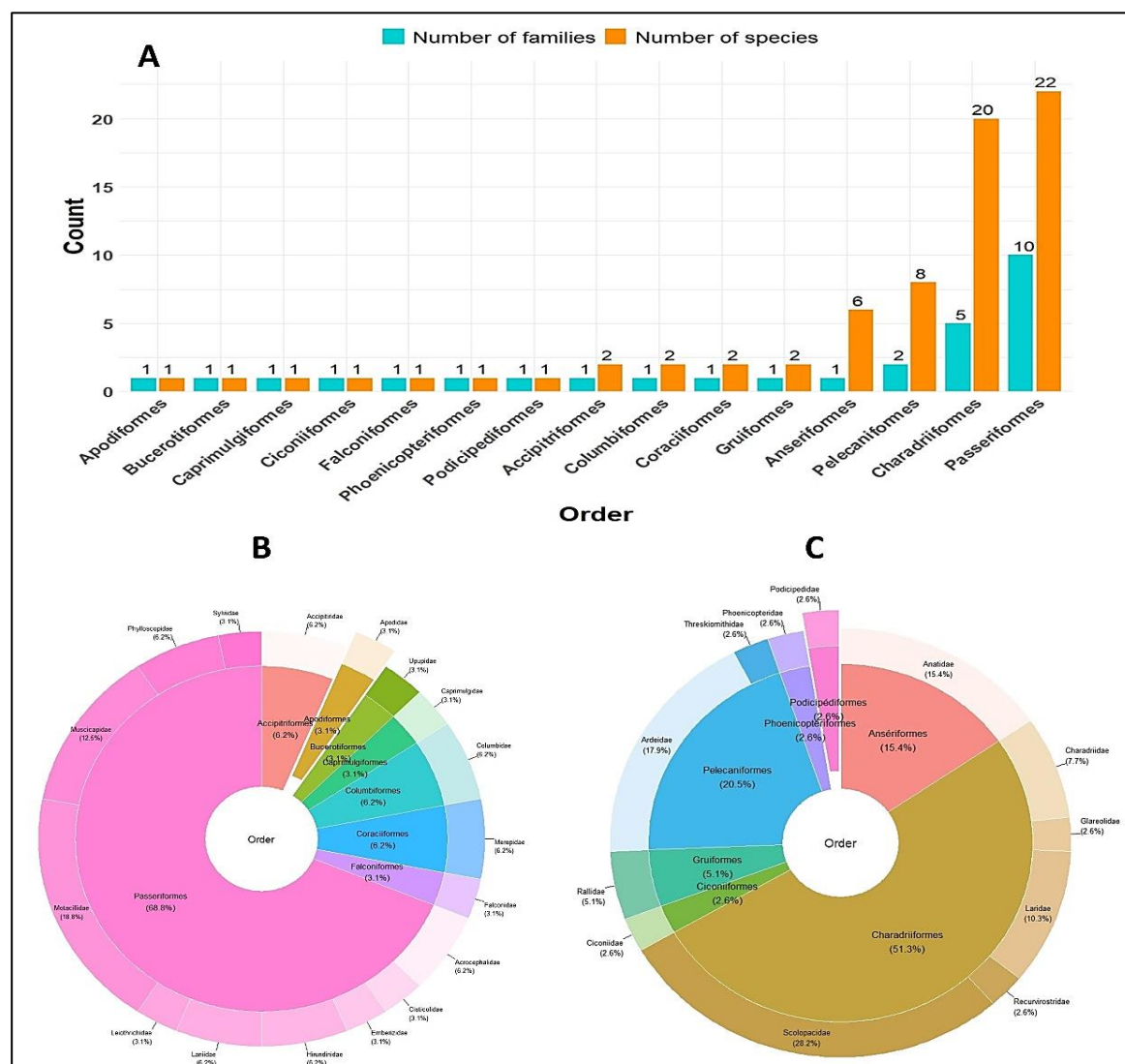


Figure 36: Composition de la communauté aviaire dans la zone humide Chott El Oued : Nombre de familles et d'espèces (A), Graphique en secteurs à anneau montrant le pourcentage d'ordres et de familles pour les catégories d'oiseaux terrestres (B) et d'oiseaux d'eau (C).

3.2 Statut de protection des espèces d'oiseaux

Parmi les espèces d'oiseaux recensées, chott El Oued constitue un habitat crucial pour une espèce vulnérable (VU) le Bécasseau cocorli *Calidris ferruginea* et Trois espèces quasi menacées (NT) ; Un refuge pour le Fuligule nyroca *Aythya nyroca*, et la Pie-grièche à tête rousse *Lanius senator* ; En plus un habitat essentiel pour la reproduction de la Marmaronette marbrée *Marmaronetta angustirostris*. Durant les mois d'Avril, Mai et Juin, 10 couples nicheurs ayant réussi leur nichée ont été observés, avec une productivité de 10 à et des fois atteint 22 poussins par couple (Figure 37). Par ailleurs, 94,36 % des espèces sont classées en Préoccupation mineure (LC) selon la Liste rouge de l'UICN (IUCN, 2025). Selon les lois de protection Algérien, 29,51 % des espèces recensées (21 espèces) bénéficient d'un statut de protection selon le décret exécutif n° 12–235 du 24 mai 2012, portant les espèces animales non domestiques protégées et l'Ordonnance n° 06–05 du 15 juillet 2006, relative à la protection et à la préservation de certaines espèces animales menacées de disparition.



Figure 37: Marmaronette marbrée avec ces poussins au chott El Oued, Nord-est du Sahara septentrional Algérien (photo originale, 2024).

3.3 Phénologie de l'avifaune du chott El Oued

Dans notre zone d'étude, nous avons documenté 17 espèces nicheuses (neuf (09) oiseaux d'eau et huit (08) oiseaux terrestres), dont 14 espèces nicheurs sédentaires, deux (02) nicheurs migrateurs et un (01) nicheur occasionnel. Les oiseaux non-nicheurs (54 espèces) se répartissent en 38 visiteurs de passage et 16 espèces hivernants, ces dernières étant dominés par les oiseaux d'eau avec 12 espèces (Tableau 6).

Tableau 6: Statut Phénologique de l'avifaune du Chott El Oued, Nord-est du Sahara Algérien.

Statut Phénologique	Nicheur			Non nicheur		Total
Type	NS	NM	NO	H	VP	
Oiseaux d’eau	7	1	1	12	18	39
Oiseaux terrestre	7	1	0	4	20	32
Total	14	2	1	16	38	71
	17			54		

3.4 Diversité des oiseaux d'eaux et les indices de diversité

3.4.1 La richesse spécifique

L'analyse des données mensuelles de la richesse spécifique démontre des variations saisonnières nettes dans la diversité des oiseaux d'eau, soulignant des périodes cruciales d'importance écologique (Figure 38). Durant la période d'étude, les valeurs de richesse spécifique ont présenté des fluctuations significatives entre les mois, oscillant entre 10 et 25 espèces, avec des pics notables en fin d'été (Août : 19 espèces) et en mi-hiver (Janvier : 19 espèces), et la richesse spécifique la plus élevée au printemps (Avril : 25 espèces). À l'inverse, une baisse marquée de la richesse a été observée entre Juin et Juillet (19 à 10 espèces).

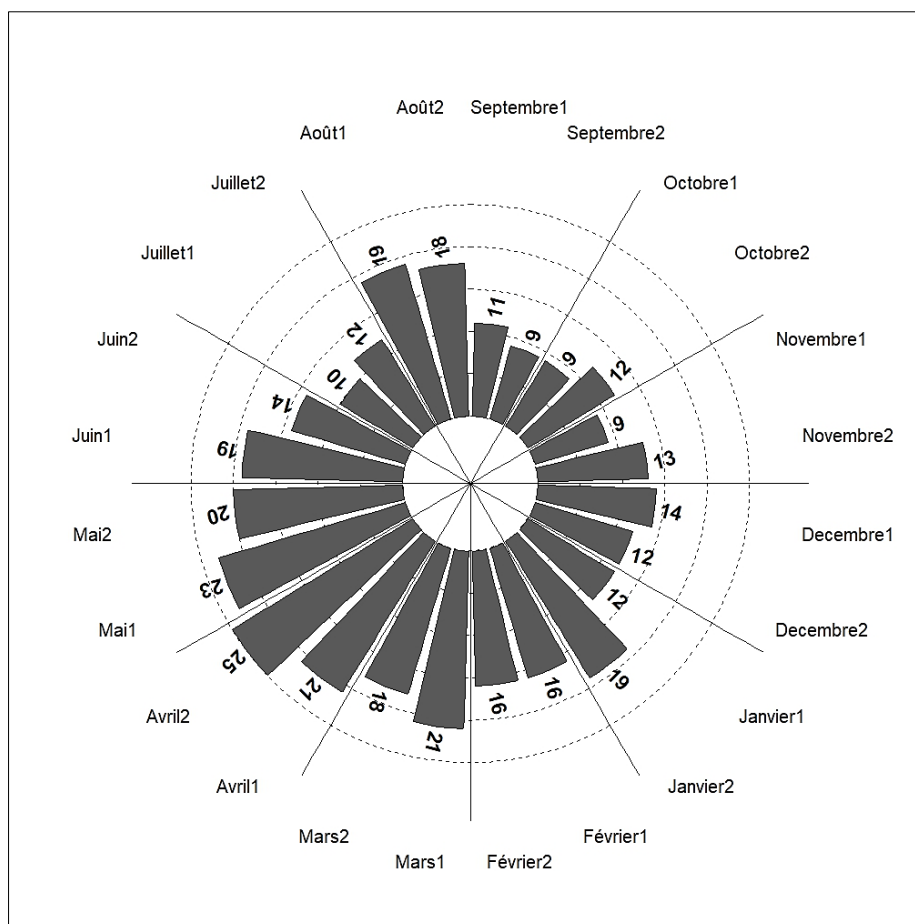


Figure 38: Les valeurs de la richesse spécifique des oiseaux d'eau durant un cycle annuel (Septembre 2023 – Août 2024) au Chott El Oued, Nord-Est du Sahara Algérien.

3.4.2 Abondance relative et fréquence d'occurrence

Durant la période d'étude, 12 460 individus aviaires ont été recensés sur l'ensemble des mois observés, les oiseaux d'eau étant les plus dominants tout au long des mois (9 926 individus ; 77,28 % des effectifs totaux), en particulier durant les périodes d'hivernage et de reproduction (Figure 39).

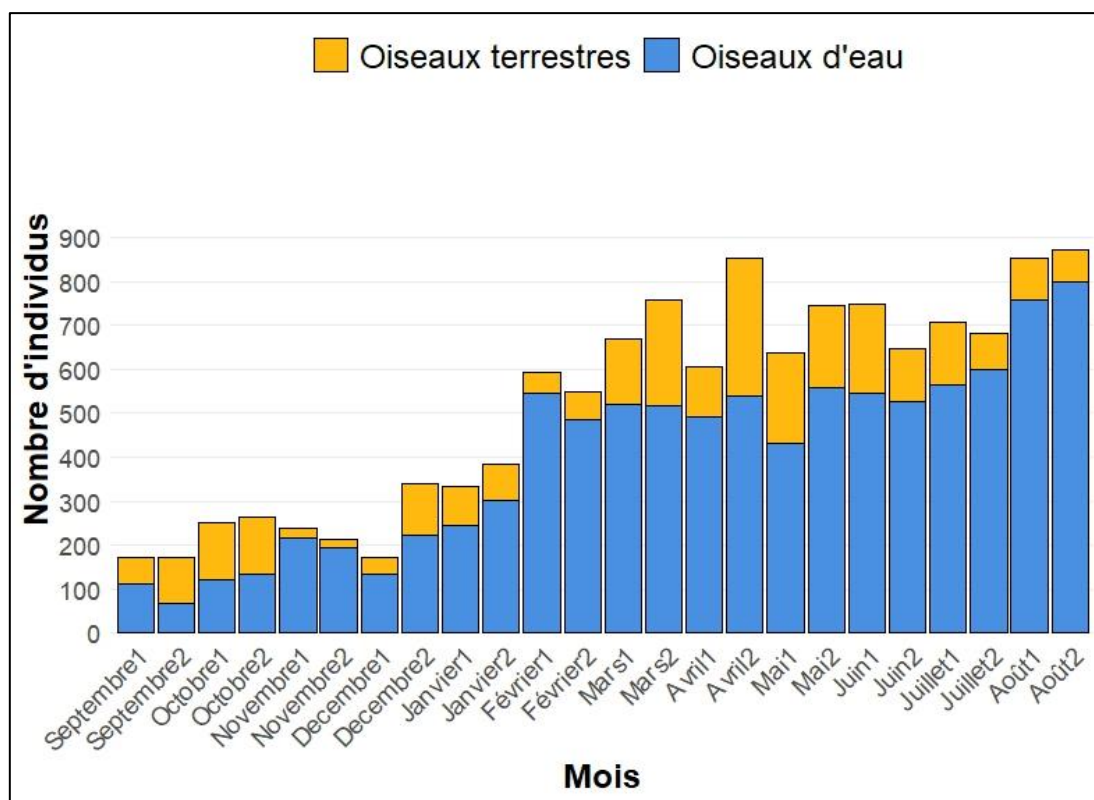


Figure 39: Distribution bimensuelle de l'abondance des oiseaux d'eau et terrestres dans le Chott El Oued, Nord-Est du Sahara Algérien.

L'abondance relative met en évidence les fluctuations saisonnières ou mensuelles entre les populations d'espèces (Figure 40). La communauté aviaire était dominée par quatre espèces présentant plus de 10% d'abondance relative, représentant 64,42% de l'abondance totale. L'Échasse blanche présentait l'abondance relative la plus élevée (26,06%) suivie par la Marmaronette marbrée (14,44%), le Grèbe castagneux (12,61%) et le Gravelot à collier interrompu (11,32%). Sept espèces contribuent significativement avec une abondance relative modérée (1% -10%) et représentent collectivement 29,25% de l'abondance totale, telles que la Foulque macroule (7,39%), la Gallinule Poule d'eau (7%), le Canard souchet (4,93%), le Bécasseau minute (3,66%), l'Aigrette garzette (2,81%), le Héron garde-bœufs (1,81%) et le Combattant varié (1,65%). Le reste « Autres espèces » réparti entre 28 espèces représentait 6,33% des individus avec une abondance relative inférieure à 1%. En termes de fréquence d'occurrence, Les espèces rares étaient les plus enregistrées avec 33 espèces, suivies par les espèces accessoires, régulières et omniprésentes avec 16, 10 et huit espèces, respectivement. Tandis que les espèces constantes ont marqué la richesse la plus faible avec quatre espèces.

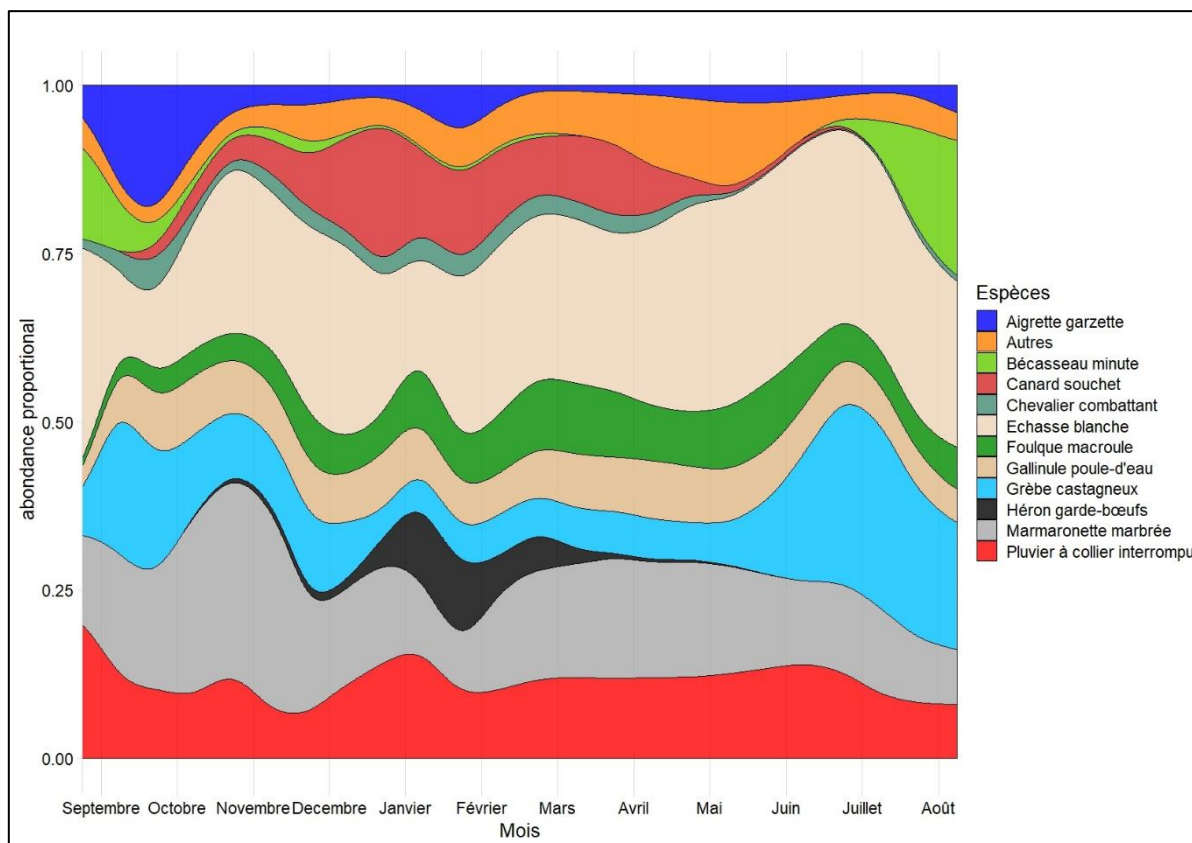


Figure 40: Diagramme de flux illustrant l'abondance proportionnelle des espèces selon les mois dans le Chott El Oued, Nord-Est du Sahara Algérien.

3.4.3 Indices de diversité et relations statistiques

La Figure 41 montre les fluctuations et tendances saisonnières des indices de diversité au cours des mois. La richesse spécifique et l'indice de Margalef atteignent leur maximum en Avril et Mai (richesse spécifique la plus élevée (25 en Avril², 23 en Mai¹) et indice de Margalef (3,8 en Avril²)), indiquant une activité de reproduction ou un afflux migratoire arrivant dans la zone d'étude. De plus, une diminution en Juillet et Août (richesse la plus faible (10 en Juillet¹) et Margalef (1,4 en juillet¹)) correspond à la dispersion post-reproduction et aux températures estivales extrêmes (stress thermique) ou à la fin de la migration. Les valeurs élevées des indices de Shannon et Simpson au printemps (Shannon (2,38) et Simpson (0,87) ont atteint leur maximum respectivement le 2 Avril et le 1er mars, suggèrent une communauté équilibrée (diversité élevée sans espèce dominante unique). L'indice d'équitabilité est relativement stable, oscillant autour de 0,66 en août et 0,91 en Octobre mais chutant en Mai. Ceci indique la dominance de certaines espèces durant la migration automnale (Septembre, Octobre et Novembre) et correspond à une richesse élevée durant la période de reproduction (Avril et Mai).

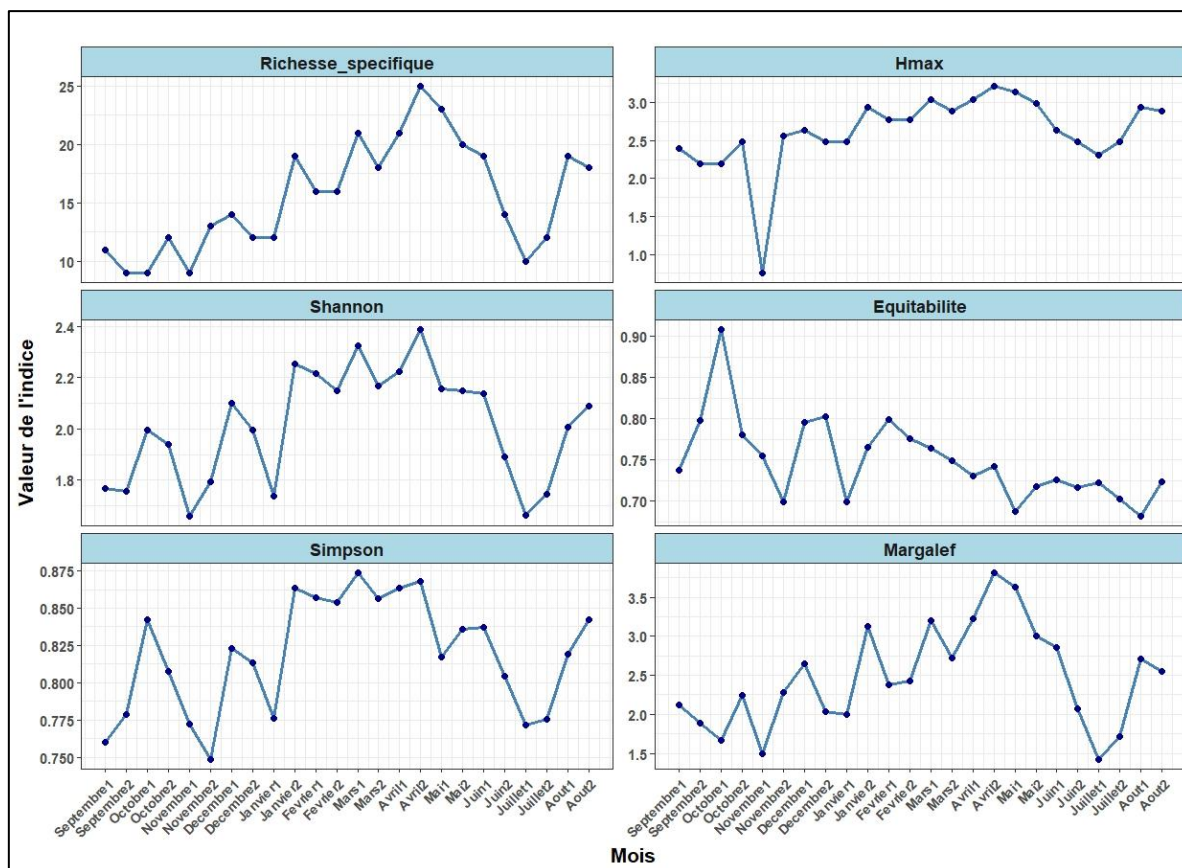


Figure 41: Évolution temporelle des valeurs des indices de diversité de la communauté des oiseaux d'eau dans le Chott El Oued, nord-Est du Sahara Algérien.

4 Ecologie de reproduction du Pluvier à collier interrompu *Anarhynchus alexandrinus*

Notre zone d'étude, avec ses différentes zones humides, constitue un habitat crucial et offre une source de nourriture, fournissant des sites de nidification, des abris et des zones d'alimentation pour le Pluvier à collier interrompu *Anarhynchus alexandrinus* ainsi que pour de nombreuses autres espèces d'oiseaux, telles que la Marmaronette marbrée *Marmaronetta angustirostris*, le Canard souchet *Spatula clypeata*, le Canard colvert *Anas platyrhynchos*, le Grèbe castagneux *Tachybaptus ruficollis*, l'Échasse blanche *Himantopus himantopus*, le Bécasseau minute *Calidris minuta*, la Foulque macroule *Fulica atra*, le Combattant varié *Calidris pugnax* et le Petit Gravelot *Charadrius dubius*.

4.1 Modèles saisonniers et dynamiques des populations

Notre région d'étude abrite des populations importantes de Pluviers à collier interrompu tout au long de l'année (figure 42). Nous avons observé des variations saisonnières significatives entre les tailles des populations hivernales et printanières, avec la période hivernale enregistrant les effectifs les plus élevés (figure 43). Le début de l'automne

(Septembre) a enregistré les nombres les plus bas, avec seulement 33 et 10 individus, suivis d'une augmentation progressive d'Octobre à Décembre. Les effectifs ont atteint un pic au milieu de l'hiver, avec 225 individus recensés en Janvier. La population est restée élevée de manière constante tout au long du printemps et du début de l'été (de Mars à début Juillet), suivie d'une légère baisse en fin d'été (Juillet à Août).

Les observations annuelles des effectifs de population révèlent des tendances significatives permettant de détecter différentes phases du cycle phénologique. Nous avons noté une différence significative entre les effectifs élevés en hiver et ceux enregistrés au printemps. Le passage postnuptial des migrants (Octobre) et des individus hivernants (Décembre et Janvier) complète les populations locales résidentes. Nous avons observé une diminution des effectifs à partir de Février, qui s'est poursuivie en mars et avril, signalant le départ des oiseaux hivernants et l'arrivée de certains individus nicheurs. Le passage des contingents arrivant du sud pourrait expliquer l'augmentation observée en Mai et Juin, laissant des oiseaux nicheurs qui s'ajoutent à la petite population résidente de la région.

Les modèles d'utilisation de l'habitat ont montré une variation saisonnière apparente : la zone humide artificielle (station d'épuration des eaux usées) a accueilli des populations plus importantes pendant les mois d'hiver, tandis que la zone humide naturelle (Chott El Oued) a connu une augmentation progressive de l'abondance de la fin de l'hiver au début de l'été, correspondant à la période de reproduction.

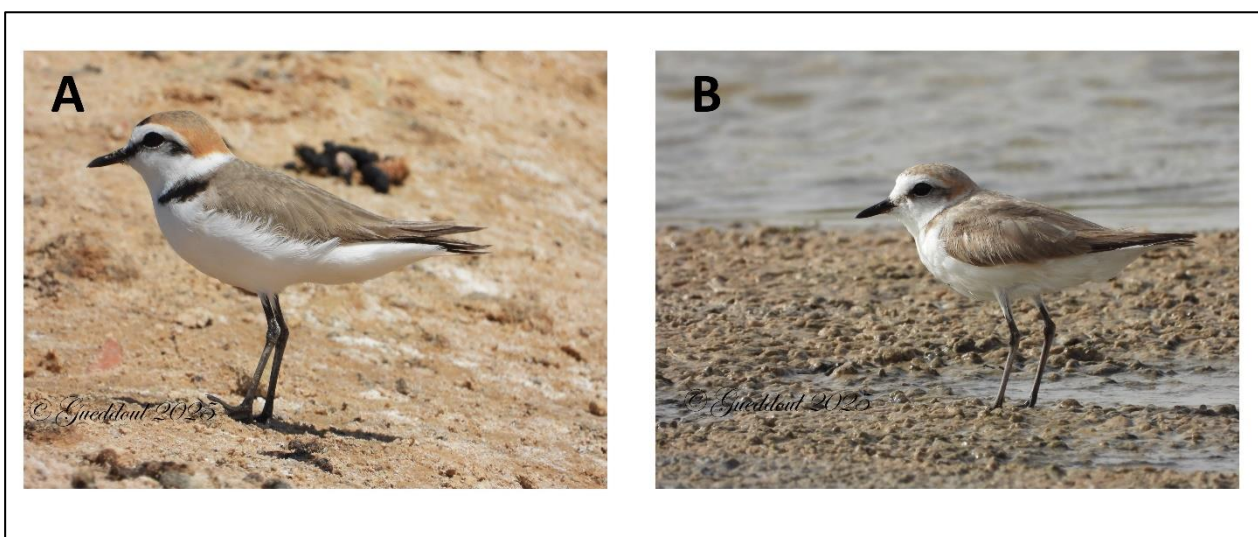


Figure 42: Mâle (A) et femelle (B) de Pluvier à collier interrompu *Anarhynchus alexandrinus* (photos originales, 2024).

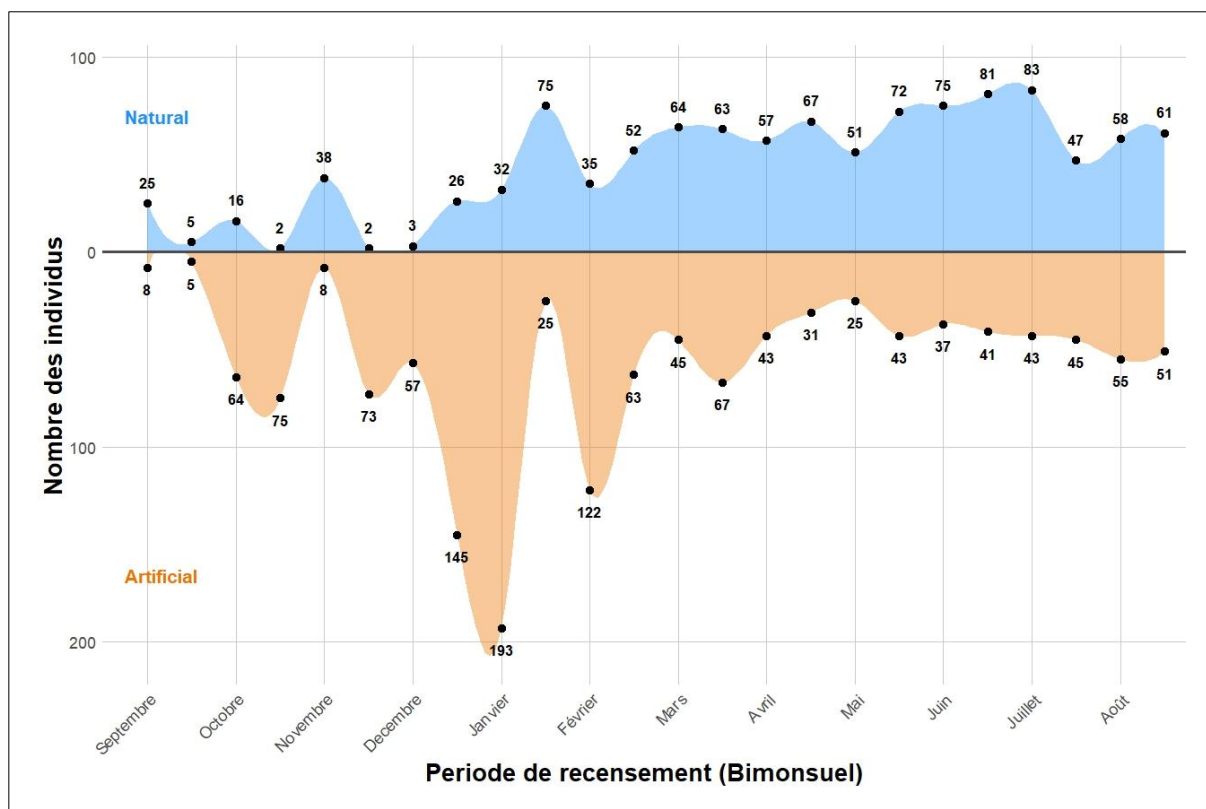


Figure 43: Suivi bimensuel des populations de Pluvier à collier interrompu (*Anarhynchus alexandrinus*) dans les deux zones humides naturelle et artificielle du nord-est du Sahara Algérien au cours d'un cycle annuel complet (Septembre 2023 – Août 2024).

4.2 Phénologie de reproduction

Nous avons observé des Pluviers à collier interrompu adultes en plumage de reproduction avec de couleur orangé sur la tête (la calotte) dans les sites d'études au début du mois de Février, indiquant le début de l'activité de reproduction. De nouveaux nids construits ont été découverts dans la seconde moitié de Février (à partir du 17 Février). Les premiers œufs ont été trouvés le 14 Mars, et les premiers poussins, âgés d'environ deux jours, ont été observés le 21 Mars.

La période de ponte s'est étendue sur cinq mois, du 20 Février au 10 Juillet (141 jours). Cette durée a varié selon les types d'habitats : elle s'est étalée du 14 Avril au 10 Juillet (87 jours) dans la zone humide artificielle et du 20 février au 30 juin (111 jours) dans la zone humide naturelle. L'activité de reproduction sur les deux sites a atteint un pic notable à la mi-Mai (figure 44).

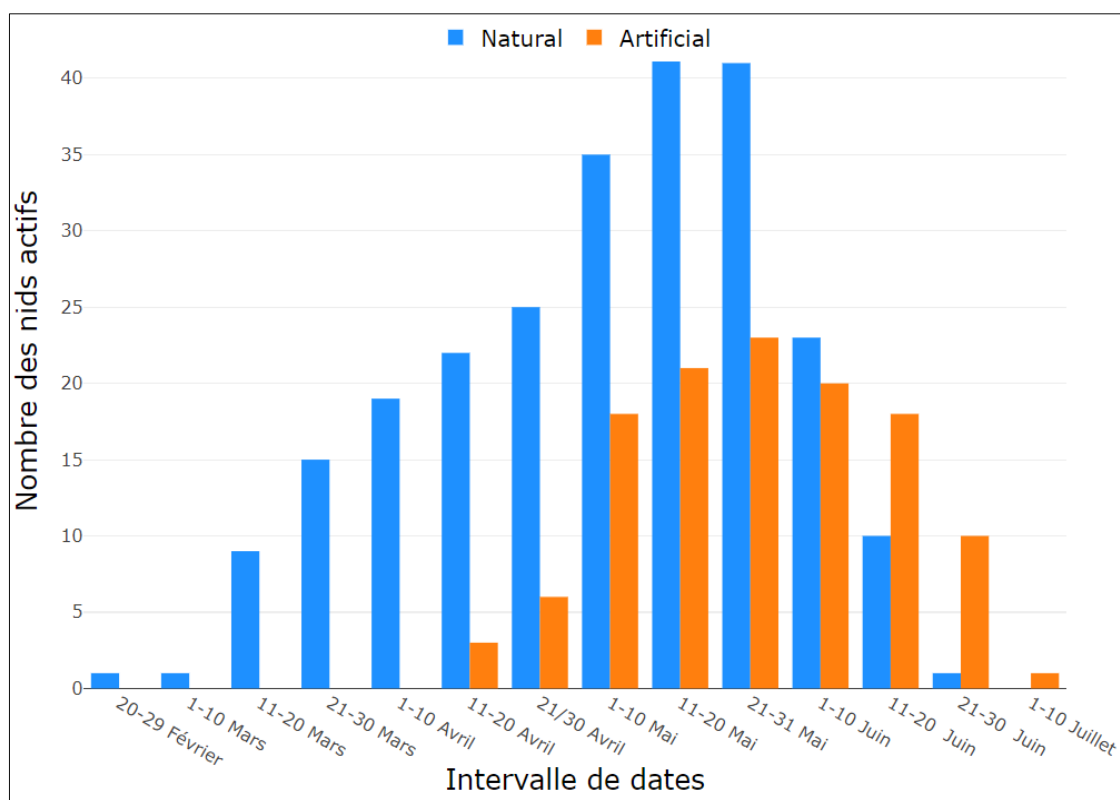


Figure 44: Répartition temporelle des nids actifs de Pluvier à collier interrompu sur les deux sites au cours de la saison de reproduction.

4.3 Habitat de reproduction et caractéristiques des nids

Au cours de l'étude, 134 nids de Pluvier à collier interrompu ont été découverts, dont 78 dans la zone humide naturelle et 56 dans la zone humide artificielle. Nous avons trouvé 16 nids installés sous des espèces végétales halophytes (13 nids au niveau du site naturel) dans différentes directions géographiques (figure 45), avec une dominance des orientations ouest (31.2%) et nord (25.0%). L'espèce végétale principalement utilisée pour la nidification était *Zygophyllum album* (N=13), tandis que 118 nids ont été trouvés dans des endroits totalement exposés. Les sites de nidification étaient situés sur les rives des marais avec des zones ouvertes (sable sec et humide, zones à faible densité de plantes halophytes courtes) et utilisaient les digues entre les lagunes dans la station d'épuration des eaux usées.

Ils partagent le site de nidification avec l'Échasse blanche (plus de 50 nids) dans les zones humides naturelles. Cependant, c'est l'espèce qui niche le plus sur les digues dans la zone humide artificielle (02 nids d'Échasse blanche).

Les nids étaient constitués de dépressions peu profondes et grossièrement circulaires, atteignant une profondeur moyenne de $3,32 \pm 0,68$ cm (1,5 - 4,5 cm) dans le sol, avec un

diamètre externe moyen de $15,67 \pm 1,73$ cm (11,5 – 19,5 cm) et un diamètre interne moyen de $8,69 \pm 0,95$ cm (7 – 12 cm). La distance entre les nids et l'eau libre variait de 0,18 à 35 m, avec une moyenne de $6,056 \pm 6,51$ m. Ils construisaient ses nids au-dessus des plantes halophytes, à des hauteurs variant de 16 à 39 cm, avec une moyenne de $26,75 \pm 6,54$ cm (Tableau 7). Une différence statistiquement significative a été observée pour le diamètre externe et le diamètre interne (figure 46) selon le type de zone humide ($df = 132$, p -valeur = $1,089e^{-13}$; $df = 132$, p -valeur = 0,004851), respectivement.

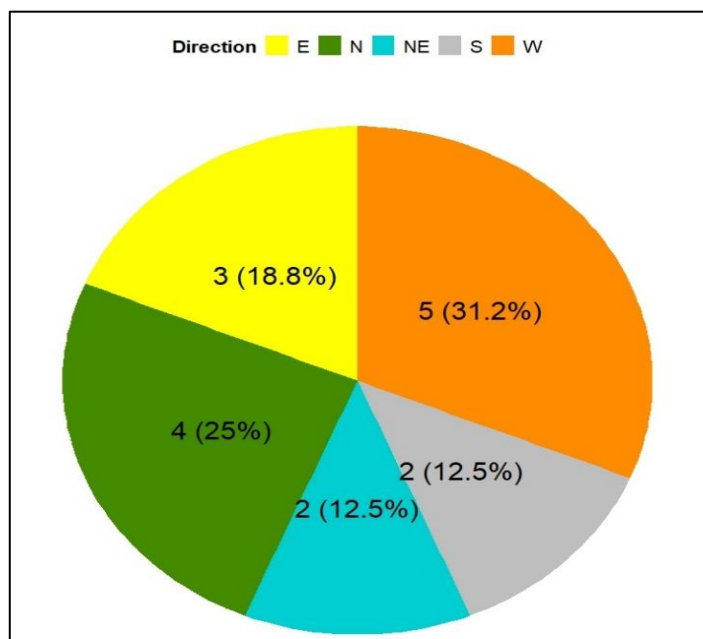


Figure 45: Répartition des nids sous les plantes halophytes selon la direction géographique.

Tableau 7: Caractéristiques des nids du Pluvier à collier interrompu, nord-est du Sahara Algérien.

Caractéristiques des nids (cm)	Moyenne $\pm$ Écart-type	Intervalle (Min-Max)	N (nombre de nids)
Diamètre externe	$15,67 \pm 1,73$	11,5 - 19,5	134
Diamètre interne	$8,69 \pm 0,95$	7 - 12	134
Profondeur de la coupe	$3,32 \pm 0,68$	1,5 - 4,5	134
Distance du nid à l'eau (m)	$6,056 \pm 6,51$	0,18 - 35	134
Hauteur de la végétation (HV)	$26,75 \pm 6,54$	16 - 39	16

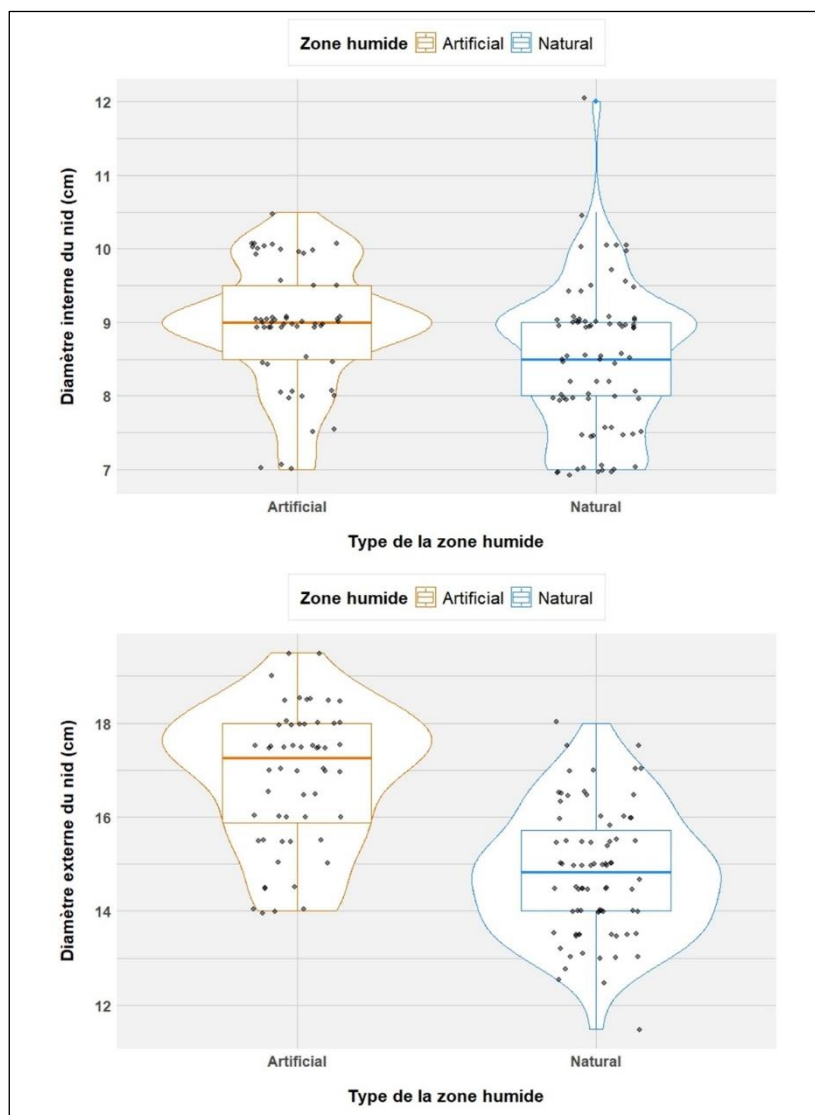


Figure 46: Différence entre le diamètre externe et interne des nids du pluvier à collier interrompu selon le type de la zone humide.

Les nids du Pluvier à collier interrompu étaient construits à l'aide de matériaux collectés dans l'environnement entourant le site de nidification. Ces matériaux sont divisés en trois fractions. Les matériaux végétaux sont composés de brindilles de bois, de tiges sèches et de feuilles de trois espèces : *Zygophyllum album*, *Halocnemum strobilaceum* et *Phragmites australis*. Les matériaux d'origine animale comprennent des plumes et des coquilles d'œufs. La partie inerte était composée de plusieurs éléments, notamment du gravier, des croûtes de sel sableux, de petites pierres blanches ou grisâtres, des feuilles d'aluminium, des résidus de peinture blanche sèche, des pierres de ciment, des morceaux de plastique et de verre, une petite portion de bois utilisé pour la construction et des morceaux de carton.

4.4 Caractéristiques et masses des œufs

La taille moyenne des œufs pour un échantillon de 315 œufs était de $31,83 \pm 1,14$ mm (longueur) et de $22,98 \pm 0,51$ mm (largeur). Le volume moyen des œufs était de $8,68 \pm 0,56$ cm³, et l'indice de forme moyen des œufs était de $72,25 \pm 2,50$ %. Les œufs avaient une masse de $8,54 \pm 0,62$ g, avec une masse moyenne variant de 6,54 à 10,05 g. L'indice de coquille moyen était de $0,37 \pm 0,02$ g/mm. Les valeurs résumées complètes des mesures des œufs sont présentées dans le Tableau 8.

Une différence statistiquement significative a été observée pour la largeur, la longueur, le volume et la masse des œufs (figure 47) selon le type de zone humide (df = 313, p-valeur = 0,002506 ; W = 8231,5, p-valeur = $6,291e^{-05}$; W = 14719, p-valeur = $1,09e^{-05}$, df = 313, p-valeur = 0,04965, respectivement).

Tableau 8: Dimensions et masses des œufs du Pluvier à collier interrompu dans les zones humides du nord-est du Sahara Algérien.

Caractéristique des œufs	Moyenne $\pm$ Écart-type	Intervalle (Min-Max)	N (nombre d'œufs)
Longueur (mm)	$31,83 \pm 1,14$	29,25 - 37,85	315
Largeur (mm)	$22,98 \pm 0,51$	21,63 - 24,52	315
Volume (cm ³)	$8,68 \pm 0,56$	7,33 - 10,36	315
Masse (g)	$8,54 \pm 0,62$	6,54 – 10,05	315
Indice de coquille (g/mm)	$0,37 \pm 0,02$	0,29 - 0,43	315
Indice de forme (%)	$72,25 \pm 2,50$	59,13 – 78,62	315

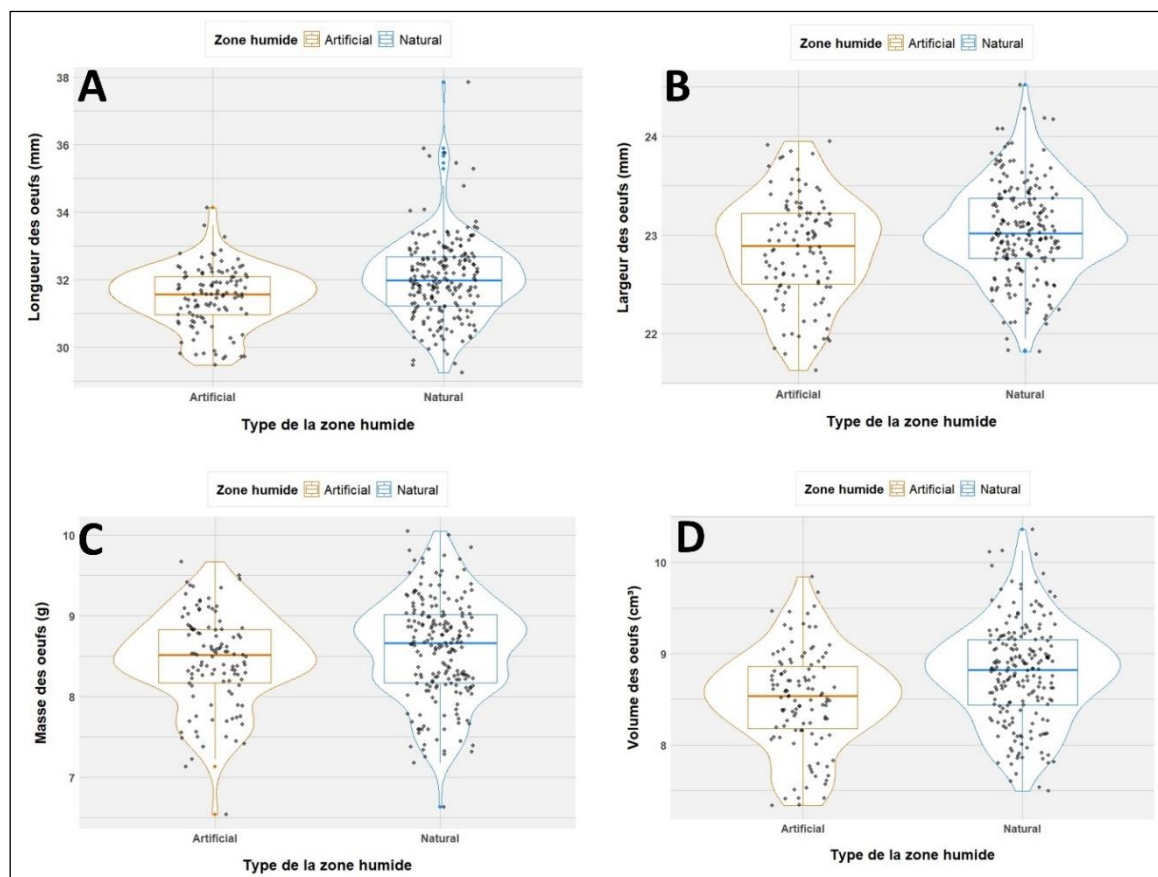


Figure 47: Différence entre la longueur (A), largeur (B), la masse (C) et le volume (D) des œufs du pluvier à collier interrompu selon le type de la zone humide.

4.5 Taille de la ponte et schémas d'incubation

En raison du taux élevé de prédation des œufs (voir ci-dessous), nous avons exclu de nombreuses pontes de moins de trois œufs ayant subi une prédation totale tout au long de la ponte après leur découverte. Par conséquent (tableau 9), nous avons trouvé une taille de ponte moyenne de 2,9 œufs ($N = 84$ pontes), avec 79 nids contenant 3 œufs et 5 nids contenant 2 œufs. La zone humide naturelle supporte plus de nids avec 03 œufs qu'une zone humide artificielle (Figure 48). L'intervalle moyen de ponte entre le premier et le deuxième œuf, ainsi qu'entre le deuxième et le troisième œuf, était respectivement de 3,06 jours ($N = 82$) et de 3,05 jours ($N = 56$). La période d'incubation variait de 18 à 29 jours, avec une moyenne de 24,33 jours ($N = 43$). L'intervalle moyen de ponte était de 5,88 jours ($N = 60$), et la durée moyenne de couvaison par nid était de 30,27 jours ($N = 40$), allant de 23 à 36 jours.

L'intervalle de la ponte a montré une différence statistiquement significative entre le premier et le deuxième œuf ($W = 1055,5$, p -valeur = 0,01054), ainsi qu'entre le deuxième et le

troisième œuf ($df = 54$, p -valeur = 0,0237), et l'intervalle de ponte ($W = 531$, p -valeur = 0,003692). Ces différences dépendent du type de zone humide.

Tableau 9: Taille de la ponte du Pluvier à collier interrompu dans les zones humides du nord-est du Sahara Algérien.

Taille de la ponte	Moyenne	Intervalle (Min-Max)	N (nombre de nids)
Premier œuf - deuxième œuf (jours)	3,06	2 - 9	82
Deuxième œuf - troisième œuf (jours)	3,05	2 - 4	56
Intervalle de ponte (jours)	5,88	4 - 12	60
Taille de la ponte (œufs)	2,9	2 - 3	84
Période d'incubation (jours)	24,33	18 - 29	43
Durée de couvaison (jours)	30,27	23 - 36	40

4.6 Taux d'éclosion des œufs et succès de reproduction

Au cours de la période d'étude, nous avons suivi la reproduction des Pluviers à collier interrompu. Un total de 319 œufs a été pondus dans 134 nids (tableau 11). Parmi ceux-ci, 148 œufs ont éclos avec succès, provenant de 59 nids réussis. Dans la zone humide naturelle, le nombre des nids avec plus de deux œufs éclos dépasse celui de la zone humide artificielle (Figure 49). Le taux de succès d'éclosion était de 46,39 %, défini comme la proportion d'œufs éclos. Contrairement à la zone humide artificielle qui présentait un taux élevé des nids échoués, la zone humide naturelle comptait un grand nombre des nids avec un taux de succès supérieur à 60% (figure 50). Le taux de succès de la reproduction était de 44,03 %, calculé comme le pourcentage de pontes ayant produit au moins un poussin.

Une analyse binomiale du modèle additif généralisé (GAM) a indiqué que le type de zone humide était le principal déterminant du succès de la reproduction. Une zone humide naturelle présentait une probabilité de succès plus élevée qu'une zone humide artificielle (Tableau 12). Le succès de la reproduction en habitat naturel (58,97 %) était meilleur qu'en habitat artificiel (23,21 %). De même, les nids dans la zone humide naturelle avaient un taux de succès d'éclosion plus élevé que ceux dans la zone humide artificielle (57,97 % et 25 %, respectivement). Nous avons enregistré 75 nids échoués dans les deux types d'habitats et observé un pic de pression de prédation sur les nids en Mai (Figure 51). De manière significative, les nids construits sous les plantes halophytes ont montré un taux de succès de nidification élevé (62,5 %) ainsi qu'un taux de succès d'éclosion élevé (68,18 %). De plus, 76,92% des nids construits sous la plante

Zygophyllum album ont présenté un succès d'éclosion de 100 % (10 réussites sur 13 nids complets avec 3 œufs).

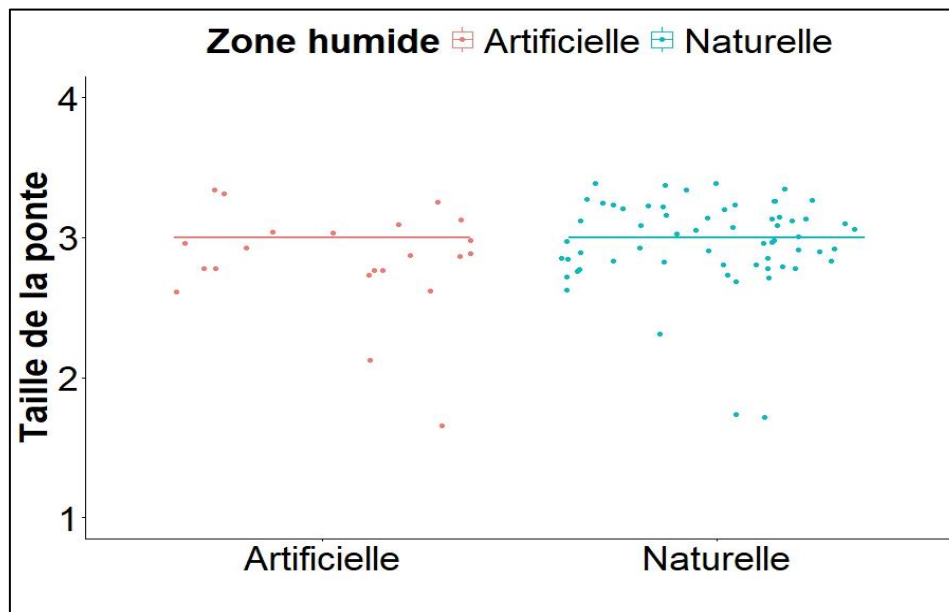


Figure 48: Graphique en boîte à moustache avec nuage des points comparant la taille de la ponte entre la zone humide naturelle et artificielle.

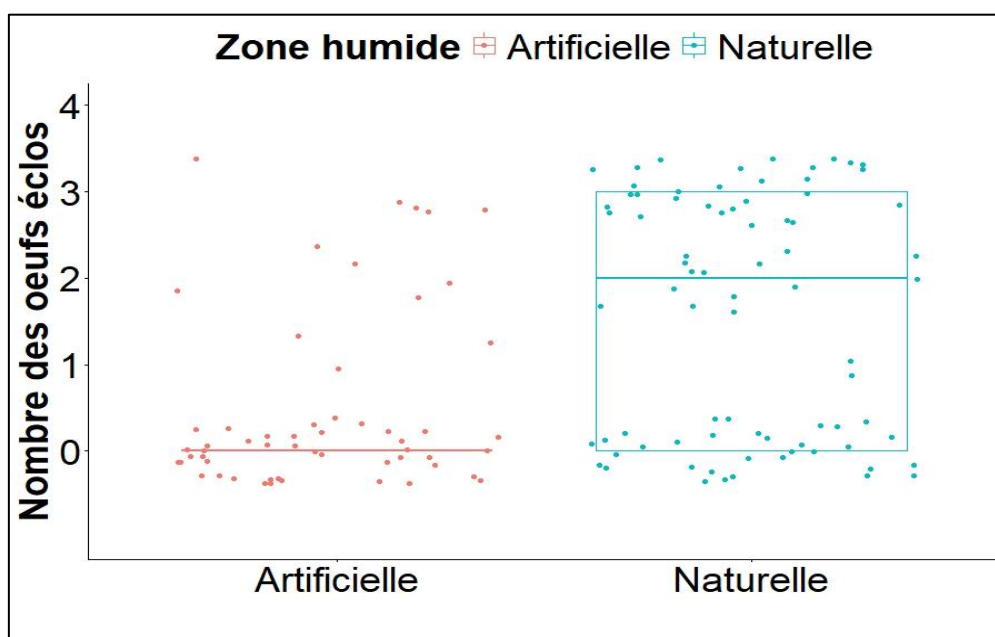


Figure 49: Graphique en boîte à moustache avec nuage des points comparant le nombre des œufs éclos entre la zone humide naturelle et artificielle.

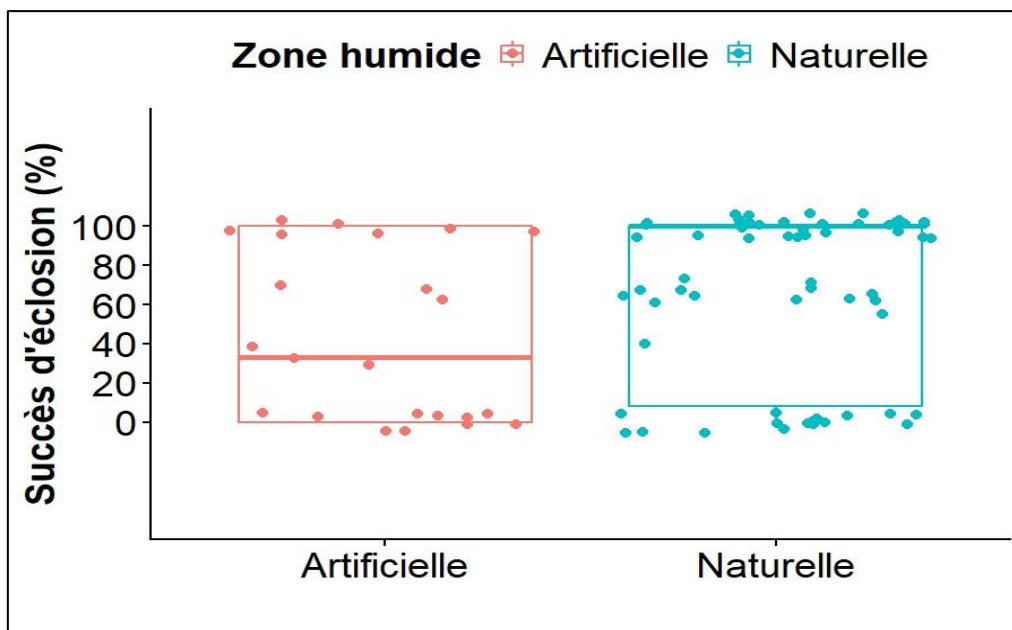


Figure 50: Graphique en boîte à moustache avec nuage des points comparant le succès d'éclosion entre la zone humide naturelle et artificielle.

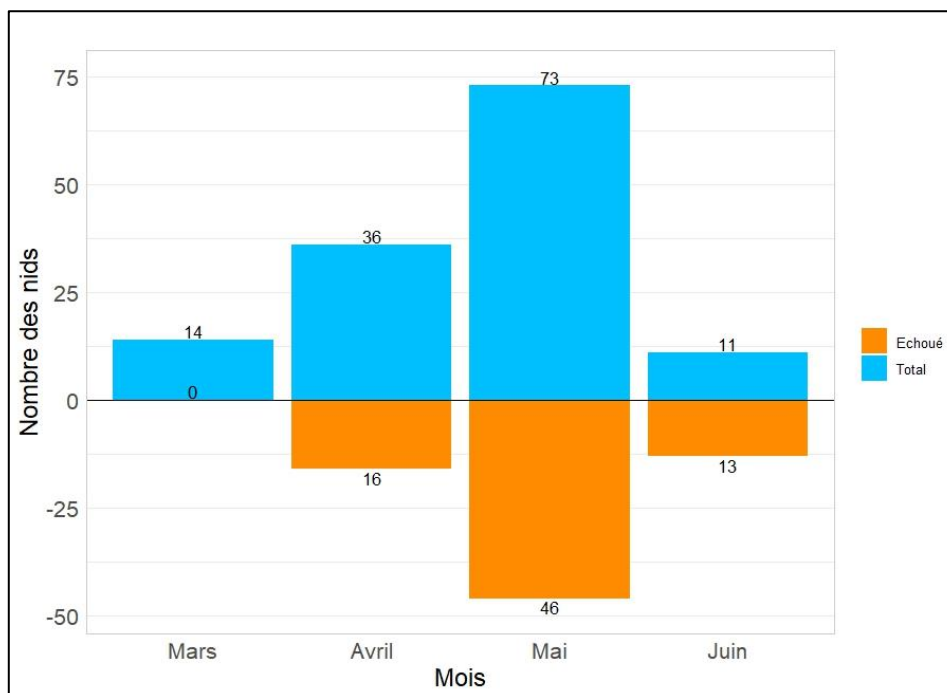


Figure 51: Nombre total de nids et nids échoués par mois

Les échecs de nidification résultaient de trois causes principales : le vandalisme était la menace la plus importante, représentant 44 cas, soit 58,67 % des échecs totaux, suivi par la prédation et la destruction, qui ont affecté 18 cas (24 %), et l'abandon des nids, qui représentait les 14 cas restants (18,67 %) (Tableau 10). De manière significative, les environnements artificiels ont montré une incidence plus élevée d'échecs de nidification, avec 43 nids sur 56

(76,79 %) ayant échoué, contre 32 nids sur 79 (40,51 %) dans les habitats naturels. Les habitats artificiels ont enregistré un taux élevé de vandalisme, avec 30 échecs sur 43 (69,77 %) attribués à cette cause.

Parmi les 59 nids éclos, 20 pontes comptaient moins d'œufs. La prédation partielle, entraînant la perte d'un ou deux œufs, a affecté 14 nids sur le nombre total de pontes ayant éclos. De plus, dix œufs provenant de six nids réussis ont été abandonnés. Le nombre moyen d'œufs éclos par nid réussi était de $2,51 \pm 0,65$ œufs (intervalle entre 1 et 3). À l'éclosion, la masse corporelle des poussins variait entre 5,22 et 7,24 g (moyenne de $6,18 \pm 0,45$ g, $N = 63$). Par ailleurs, la longueur moyenne des poussins au premier jour d'éclosion était de $53,56 \pm 0,96$ mm ($51,10 - 56,61$, $N = 63$).

Dans tous les modèles, le type d'habitat (naturel ou artificiel) expliquait de façon cohérente et parcimonieuse la variation des performances de reproduction du Pluvier à collier interrompu. Le GAM binomial a identifié que l'habitat (type de zone humide) était le plus important prédicteur du résultat de la nidification (tableau 11). De même, le succès d'éclosion (mesuré par le nombre des œufs éclos) s'expliquait mieux par le type de zone humide (tableau 12). En revanche, les GAMs de Poisson ont montré qu'il n'y avait pas de différence significative dans la taille complète des pontes entre les zones humides naturelles et artificielles (tableau 12).

Tableau 10: Succès de la reproduction des Pluviers à collier interrompu dans les deux types d'habitats au cours de la saison de reproduction.

Type d'habitat	Naturel	Artificiel	Total
Nombre total de nids	78	56	134
Nids ayant éclos	46	13	59
Succès de la nidification	58,97 %	23,21 %	44,03 %
Nombre total de pontes [œufs]	207	112	319
Œufs éclos	120	28	148
Succès d'éclosion	57,97 %	25,00 %	46,39 %
Pontes échouées	32	43	75
Prédation ou destruction	7	11	18
Abandon	11	3	14
Vandalisme	14	30	44

Tableau 11: Résumé du GAM binomial sur l'effet du type de la zone humide sur les résultats de nidification du Pluvier à collier interrompu.

Parameter	Estimate	Std. Error	z-value	P
Intercept	-1.1963	0.3165	-3.779	0.00016
<i>Zone humide naturelle</i>	1.5592	0.3914	3.984	6.78e-05

Tableau 12: Résumé du GAMs à erreur de poisson sur l'effet du type de la zone humide sur le succès d'éclosion.

Parameters	Estimate	Std. Error	z-value	P
<i>Taille de ponte</i>				
Intercept	1.067	0.125	8.543	2.0e-16
<i>Zone humide naturelle</i>	0.015	0.145	0.100	0.92
<i>Succès d'éclosion</i>				
Intercept	-0.693	0.189	-3.668	0.000245
<i>Zone humide naturelle</i>	1.123	0.210	5.355	8.54e-08

Chapitre IV :

Discussion

1 La diversité avienne dans la région Souf

Ce travail constitue le premier recensement complet de l'avifaune de la zone du Souf située dans le nord-est du Sahara Algérien, en établissant un inventaire détaillé de la diversité ornithologique à travers les différents habitats de la zone. L'importance de ces résultats réside dans leur contribution à combler le déficit des connaissances ornithologiques caractérisant la zone d'étude, et plus largement, les régions sahariennes algériennes. De plus, il présentera un grand intérêt pour les études comparatives futures et l'élaboration de stratégies de conservation. Il est important de souligner que d'autres inventaires ornithologiques antérieurs ont été menés dans le Sahara algérien, mais non la zone d'Oued Souf en particulier. Nous citons notamment celle de Heim de Balzac (1926).

La richesse en espèces aviaires de notre zone d'étude (120 espèces appartenant à 20 ordres et 40 familles) demeure moyenne, représentant 29,5% de l'avifaune algérienne (406 espèces) inventoriée par Isenmann & Molai (2000). Néanmoins, ces résultats s'avèrent significatif par rapport aux autres inventaires réalisés dans les régions voisines au nord-est du Sahara Algérien. Elle correspond à 59% de l'avifaune documentée par Chedad et al. (2023a) dans la région du M'Zab (province Ghardaïa) durant les années 2015-2022 (203 espèces, appartenant à 23 ordres et 48 familles) et atteint 88% de celle identifiée par Farhi & Belhamra (2012) (136 espèces appartenant à 18 ordres et 44 familles) dans le Ziban (province de Biskra) sur une période de 04 ans (2006-2010). Cette variabilité de la richesse ornithologique entre régions sahariennes s'explique principalement par la position géographique de chaque région, la durée de l'inventaire, l'effort de l'échantillonnage, les habitats inventoriés et la différence dans les aptitudes écologiques que chaque habitat peut offrir pour l'établissement et le maintien des espèces aviaires.

La région du Ziban située à l'extrême nord du Sahara septentrional, marque la limite méridionale des régions telliens et forme une zone de transition entre les territoires Sahariens hyper-arides et les régions Telliennes arides et semi-arides (Versant sud des Aurès et de l'Atlas Saharien et haute plaines). Par conséquence, cette position géographique transitoire génère une diversification des habitats qui se traduit par un enrichissement de la communauté aviaire régionale (Farhi, 2014). L'hétérogénéité des milieux au Ziban englobe les formations végétales basses (steppe à alfa, steppe buissonnantes) et arborescentes (steppe arborés, ripisylves et Dayas), auxquelles s'ajoutent des vastes étendus oasiennes (écosystèmes phœnicicoles) et des milieux aquatiques (naturelles et artificielles) (Farhi, 2014). L'effort d'inventaire considérable

(07 ans) déployé à l'étude de l'avifaune dans la région du M'Zab, à travers ces divers habitats terrestres (agricoles et oasiennes, urbain et les terres ouvertes incluant les dayas et les oueds), ainsi que importantes zones humides (07 zones humides ; lacs, sebkhas, stations d'épurations, rejets des eaux usées), rend compte l'exceptionnelle diversité ornithologique observée dans cette région et permis de découvrir la majorité des espèces (Chedad et al., 2023a).

Vue que les Passeriformes constituent l'ordre le plus abondant (60% de l'avifaune mondiale), le plus largement distribué d'oiseaux vivants, habitent tous les biotopes terrestres et se produisant sur tous les continents sauf l'Antarctique (Blondel & Mourer-Chauviré, 1998; Payevsky, 2014). Explique la prédominance marquée de l'avifaune terrestre dans notre zone d'étude, principalement illustrés par la dominance des passeriformes en tête de la hiérarchie taxonomique avec 56 espèces qui représentent 46.66% de la totale d'espèces inventoriées et 23.14% des passeriformes de l'Algérie qui représentent 242 espèces (Isenmann & Molai, 2000). Dans le Ziban et M'zab, 64 et 91 espèces passeriformes ce qui représentent 47.05% et 44.82% de l'avifaune inventoriée dans ces régions, respectivement (Farhi, 2014; Chedad et al., 2023a). La diversité avienne de la zone d'étude est dominée par 87 oiseaux migrateurs, regroupant en 42 visiteurs de passage, 36 hivernants, 8 nicheurs migrateurs et un (01) nicheur occasionnel. Des résultats similaires dans la région du M'zab avec 81 espèces (Chedad et al., 2023a) et 89 espèces dans la région de Ziban (Farhi & Blhamra, 2012). Ces résultats illustrent parfaitement la valeur de ces zones avec ces habitats comme zones de refuge et d'hivernage indispensables aux mouvements migratoires transsahariens le long des routes migratoires entre l'Europe et l'Afrique (F. Samraoui et al., 2011).

Il convient de mentionner que notre inventaire révèle une espèce non répertoriée dans les autres régions sahariennes. Il s'agit du Bruant des Roseaux *Emberiza schoeniclus* Hivernant non régulier. De plus, on a signalé la reproduction pour la première fois au Sahara d'une espèce migratrice de long distance la Cigogne Blanche *Ciconia ciconia*.

Dans la zone d'étude, Le paysage général est hétérogène et diversifié, fournissant une mosaïque d'habitats pour différentes espèces d'oiseaux. Ces habitats est le résultat de l'effet des pressions anthropiques sur les milieux naturels, notamment l'expansion et l'intensification agricole accrues, et de l'urbanisation. L'aridité et l'hétérogénéité de la couverture terrestre peuvent toutes deux avoir un impact sur les ressources alimentaires pour les oiseaux, déterminant finalement la diversité et la richesse des espèces dans une zone donnée (Lorenzón et al., 2016).

En termes d'utilisation de l'habitat, les zones humides étaient l'habitat le plus peuplé dans la zone d'étude. Elles abritent 65% de la diversité totale, soit un nombre de 78 espèces, dont 46 oiseaux d'eau. Chedad et al. (2023a) ont recensé 69 oiseaux d'eau dans la région de M'Zeb, auxquels 53 espèces ont été enregistrées dans une zone humide artificielle Kef Dokhane à Ghardaia (Chedad et al., 2020). 71 espèces d'oiseau d'eau à El Goléa (El Menia) et 67 espèces à chott El Beidha (Ouargla) ont été inventoriés par Bouzid (2017). Dans le complexe des zones humides d'Oued Righ, 53 espèces ont été recensées par Bensaci (2013) et 42 oiseaux d'eau hivernant ont été identifiées par Khirani-Betrouche & Moulai (2021). Ces zones humides de divers types (naturelles et artificielles) différenciées en matière de qualité de leurs milieux et présentent une richesse spatiale et temporelle différentes. La qualité de l'habitat représentée par la disponibilité des ressources de nourrissage incluant l'eau et les nutriments (diversité des insectes terrestres et benthiques, les algues, des proies...), ainsi que des ressources de reproduction, comprenant des sites de nidification appropriés et une couverture végétale améliorée la complexité de l'habitat (phragmites, des arbustes et plantes halophiles), sont suggérées comme étant les raisons principales de cette diversité (Hamza et al., 2015; Hamza & Selmi, 2018; Chedad et al., 2023a; Fu et al., 2025). De plus, les changements de la structure de l'habitat (type, superficie, biodiversité, fragmentation, connectivité et couverture végétale) et les pressions anthropiques qui influent sur les fonctions de l'habitat, se sont révélés être des clés déterminantes de la diversité des oiseaux en influant sur la sélection des habitats des oiseaux d'eau (Tscharntke, 1992; Zhang & Ouyang, 2019; Fan et al., 2021; C. Wang et al., 2021; Cerda-Peña & Rau, 2023; Ram & Tholia, 2025). En effet, plusieurs facteurs affectent directement ou indirectement la qualité des zones humides et la diversité des oiseaux d'eau dans notre zone d'étude : une dominance des zones humides artificielles, l'absence de végétation dans les stations d'épuration, l'occupation de plus de 80 % du plan d'eau du rejet du chott Dhiba par les phragmites, ainsi que les pressions anthropiques sur les zones humides, notamment chott El Oued. Ces facteurs entraînent le décroissement de la disponibilité de l'habitat propice pour les oiseaux d'eau (Powers & Jetz, 2019). Cette perte d'habitat est un facteur critique du déclin de la biodiversité et a un impact significatif sur la répartition et le comportement des espèces (Prakash & Verma, 2022; De la Cruz & Numa, 2024).

D'autre part, l'hétérogénéité spatiale de l'utilisation des terres et le changement d'affectation des terres sont importants pour la richesse des espèces et ont été suggérées comme facteurs clés affectant la répartition et l'abondance des oiseaux des terres agricoles (Pedersen & Krøgli, 2017). Les agrosystèmes sahariens dans notre zone d'étude sont connus par plusieurs

niveaux d'utilisation des terres, répartis de manière hétérogène, englobent des palmeraies, des exploitations agricoles, des zones bâties, des infrastructures, une végétation arborée sous forme d'arboricultures fruitières, des brise vents ou des ceintures vertes, des terres agricoles avec des cultures extensives. Par conséquent, ces types de terres fournissaient des habitats propices pour 34 espèces d'oiseaux, soit 28.33% des espèces inventoriées. Des études ornithologiques ultérieures montrent l'importance des habitats créés par l'homme comme habitats clés pour les oiseaux dans des zones hyper-arides orientale du Sahara septentrional, notamment les palmeraies. Degachi (1992) a trouvé 40 espèces dans les palmeraies d'Oued Souf. Guezoul et al. (2013) ont identifiés 47, 33, 44 espèces dans les oasis du Biskra, Oued Souf et Ouargla, respectivement. Farhi (2014) a recensé 46 espèces dans les palmeraies de Ziban (Biskra). Chedad et al. (2023a) et Bekakra et al. (2024) ont enregistré 48 espèces et 35 espèces dans un habitat agricole dominé par les palmiers dattiers dans la région de M'zab (Ghardaïa). La différence observée dans la richesse entre ces régions sahariennes est expliquée par les caractéristiques écologiques de chaque milieu étudié, à savoir la disponibilité des ressources alimentaires et de reproduction, différents niveaux de complexité de la végétation (Nombre de strates verticales et nombre d'espèces végétales cultivées), et la capacité de chaque habitat à satisfaire les exigences de niche des espèces (Benameur-saggou, 2009; Dallimer et al., 2012; Guezoul et al., 2013; Bekakra et al., 2024). De plus, il peut être associé avec les caractéristiques des habitats distincts adjacents dans le même paysage, comme les zones humides ou les zones urbaines (Dallimer et al., 2012).

En revanche, les habitats urbains de notre zone d'étude abritent une faible diversité avienne (23 espèces) qui constitue 19.16% du nombre totale des espèces inventoriées. La richesse en espèces dans les habitats urbains de la wilaya de Ghardaïa, comprise entre 19 et 22 espèces (Chedad et al., 2023a; Guerbouz et al., 2024). Les caractéristiques de l'hétérogénéité des milieux urbains comprennent des agglomérations d'une densité graduelle décroissante, allant du centres-villes densément construit vers l'extrémité suburbaine à faible densité, comprenant souvent des espaces verts et jardins privés, auxquelles se trouvent des routes encombrées bordées ou pas par des végétations (plantation d'alignement) avec des activités anthropiques plus importantes, représenté par l'accroissement rapide de l'urbanisation au détriment des espaces naturelles. Ces caractères contribuent à la perte de biodiversité et à la fragmentation de l'habitat qui affectent les fonctions écologiques et biologiques des oiseaux en réduisant les sites de nidification et de reproduction pour les espèces résidentes et migratrices, diminue la diversité, l'abondance et la richesse en espèces des oiseaux par rapport aux habitats

naturels (Ram & Tholia, 2025). Il est important de noter que les bords de route dans les zones urbaines peuvent avoir des effets néfastes sur les populations d'oiseaux en raison de la perte d'habitat, de la fragmentation, des collisions avec les véhicules, de la pollution et d'autres impacts directs telles que le bruit, l'éclairage artificiel, les bords liés à la circulation et les barrières au mouvement, qui peuvent influencer la richesse et l'abondance des espèces (Kociolek et al., 2011). Malgré les effets néfastes, les arbres et arbustes sur les bords des routes amélioreraient la richesse spécifique et l'abondance d'oiseaux dans les terres agricoles et les sites boisés (Meunier et al., 1999). De plus, dans les habitats urbains, la répartition des espèces d'oiseaux est influencée par les caractéristiques de l'habitat local, telles que les arbres, les couvertures arbustives, la densité des bâtiments, les sous-bois, caractéristiques urbaines spécifiques telles que les typologies de maisons (anciens ou nouveaux, traditionnels ou modernes, l'âge ou la composition des façades) et autres structures, ainsi que le niveau d'urbanisation dans les zones urbaines (Fontana et al., 2011; Chedad, 2021a; Buenaño-Mariño et al., 2025).

Le partage des habitats par la communauté aviaire dans le contexte de l'hétérogénéité des milieux de la zone d'étude révèle la spécialisation des espèces aux habitats, la qualité de chaque habitat et la vulnérabilité de ces milieux. Ces résultats ont des implications écologiques pour la priorité de conservation des espèces et de leurs milieux de vie et aussi la gestion des habitats. De ce fait, les zones humides sont les habitats les plus riches et les plus spécialisés qui abritent 78 espèces dont 60 uniques, donc les plus vulnérables et leur conservation est prioritaire. De plus, protéger les terres ouvertes qui abritent 15 espèces uniques de toutes effets anthropiques, notamment l'expansion de l'agriculture. Les habitats urbains ont la plus faible richesse, où les conditions écologiques restrictives résultant d'une forte activité humaine, notamment l'urbanisation. Une action d'amélioration par un verdissement des zones urbaines sera requise pour augmenter la biodiversité.

Le poursuivre de l'inventaire avec une étude approfondie sur l'utilisation des ressources par les communautés aviaires, fournies par les habitats naturels et artificiels à l'échelle spatiale et temporelle, sera sûrement contribuer à actualiser la richesse totale en espèces aviaires et comprendre les effets de tels changements sur la distribution et l'abondance des espèces.

2 Extension de l'aire de répartition des espèces

2.1 Bruant des roseaux

Le Bruant des roseaux est le seul membre de son genre adapté aux zones humides méditerranéennes, certaines sous-espèces étant confrontées à un danger grave d'extinction (Alambiaga et al., 2023). Il est un visiteur hivernal régulier en Algérie, située à l'extrême sud de son aire d'hivernage (Isenmann & Molai, 2000). Il a été récemment évalué pour la Liste rouge des espèces menacées de l'UICN et classé comme Préoccupation mineure (BirdLife International, 2019b).

Cette observation constitue la première dans la région nord-est du Sahara algérien et expansion considérable de l'aire de répartition reconnue de l'espèce en Algérie. La présence d'un habitat approprié (zones humides, expansion des roselières) a ouvert une nouvelle niche écologique qui a favorisé l'expansion de son aire de répartition existante. Par ailleurs, le phénomène d'expansion chez les espèces de bruants a été précédemment abordé ; Le Bruant Nain (*Emberiza pusilla*) a été récemment observé à Touggourt, situé dans le Sahara septentrional (N. Adamou, 2021) ; le Bruant Rustique (*Emberiza rustica*) est mentionné pour la première fois en Algérie par (Djemadi et al., 2018) ; le Bruant du Sahara *Emberiza sahari* à travers les recherches de (Moulaï, 2019; El Bouhissi et al., 2021; Chedad et al., 2021b; Chedad, 2021a). L'espèce est restée jusqu'à la fin février, indiquant une probabilité d'hivernage irrégulier dans le nord-est du Sahara. En outre, cela s'ajoute à la liste des oiseaux trouvés dans le Sahara Algérien, particulièrement ceux appartenant à la famille des Emberizidae. Il est important de signaler que cette observation a été l'objet d'un article scientifique (Gueddoul et al., 2024).

2.2 La cigogne Blanche

La Cigogne blanche *Ciconia ciconia* est un oiseau migrateur transafricain à longue distance qui se reproduit dans une variété d'habitats à travers l'Europe et l'Afrique du nord, et hiverne dans les régions subsahariennes (BirdLife International, 2024). Elle présente une stratégie d'alimentation adaptée aux conditions sévères d'aridité et aux paysages anthropiques, ainsi qu'une flexibilité phénologique dans les périodes d'arrivée sur les sites de reproduction en réponse au changement climatique à travers son aire de migration (Ptaszyk et al., 2003; Chenchouni, 2017; Athamnia et al., 2022). Leur nidification, en particulier le succès de reproduction, est influencée par la qualité de l'habitat (Moali-Grine et al., 2013).

La répartition reproductrice de la Cigogne blanche en Algérie suit un gradient bioclimatique depuis les plaines côtières méditerranéennes (région du Tell) à travers les régions semi-arides (Hauts Plateaux) jusqu'à la bordure extrême du Sahara septentrional, lorsque deux couples ont été observés durant le recensement de 1993 à Biskra (Isenmann & Molai, 2000). En 2008, sept couples reproducteurs ont été documentés par Farhi (2014) dans certaines régions de la province de Biskra (El Kantra, Biskra, Lioua et Saada). Des recensements nationaux ont été menés de 1995 à 2007 dans le cadre d'un projet d'étude de la dynamique des populations aviaires en Algérie (Moali-Grine, 2007; Moali-Grine et al., 2013). Ces enquêtes, axées sur la quantification des populations reproductrices de Cigogne blanche à travers leur aire de répartition, ont mis en évidence une croissance substantielle de la taille de la population Algérienne et un gradient croissant de leur abondance d'ouest en est avec des densités plus élevées enregistrées dans les régions orientales, qui sont principalement influencées par les conditions climatiques et les pressions anthropiques affectant la qualité de leur habitat reproducteur. Ces tendances démographiques sont dues non seulement aux populations reproductrices migratrices mais aussi à l'expansion des reproducteurs résidents (population locale), compte tenu de l'augmentation significative de la population à l'échelle de l'aire de répartition enregistrée ces dernières années (Moali-Grine 2007, Thomsen & Brust 2025).

La croissance urbaine influe significativement le fonctionnement des systèmes écologiques à l'échelle locale et mondiale, offrant des habitats appropriés de recherche alimentaire et de nidification pour de nombreuses espèces d'oiseaux à travers le monde (Alberti, 2005; Mainwaring, 2015). En tant qu'espèce synanthropie exploitant les écosystèmes modifiés par l'homme pour la nidification et se nourrissant de manière opportuniste tout en maintenant une dynamique de population sauvage, les Cigognes blanches Algériennes démontrent une plasticité d'habitat facultative, utilisant à la fois des sites naturels (zones humides, plaines inondables) et anthropiques (terres agricoles irriguées, décharges) comme zones de recherche alimentaire, et adoptant les structures artificielles disponibles dans les zones urbaines ou suburbaines (toits, poteaux électriques, pylônes, stations de base de téléphonie mobile) comme supports de nidification, en raison de la diminution des structures naturelles de nidification (Moali-Grine et al., 2013; Si Bachir et al., 2013; Benharzallah et al., 2015; Mammeria et al., 2019; Babouri et al., 2020; Soualah et al., 2021; Sakraoui et al., 2023).

La fréquentation de ces zones d'alimentation variait saisonnièrement et était directement corrélée à l'abondance et à la phénologie reproductive des espèces proies (Boukhemza et al., 2006). La diversité des proies dans le régime alimentaire de la Cigogne blanche diminuait

significativement avec l'augmentation de l'aridité, montrant une richesse plus élevée dans les climats subhumides et semi-arides comparés aux régions arides définies par une faible productivité (Chenchouni, 2017). La Cigogne blanche présente une stratégie d'alimentation hautement opportuniste, adaptant son régime alimentaire aux contraintes environnementales en se nourrissant à travers divers habitats, y compris les décharges de déchets, pour sécuriser un approvisionnement alimentaire stable. Cette flexibilité permet à l'espèce d'équilibrer l'abondance et la diversité des proies, assurant une adéquation nutritionnelle malgré les défis tels que l'aridité climatique et les pressions anthropiques (Chenchouni et al., 2015). L'analyse de la composition alimentaire révèle un large spectre trophique, où les invertébrés dominent le régime alimentaire en termes de nombre d'individus consommés (principalement des insectes arthropodes), et en même temps, les restes de poulets récupérés dans les décharges et les petits mammifères (principalement des rongeurs) prédominent en termes de biomasse et d'énergie (Cheriak et al., 2014; Chenchouni, 2017). Les décharges offrent une ressource constante et un accès facile aux sources alimentaires pour les oiseaux résidents et migrateurs, y compris la Cigogne blanche, tout au long de l'année (Soualah et al., 2021).

L'important groupe de Cigognes blanches signalé dans notre zone d'étude représente le retour des populations hivernantes d'Afrique tropicale vers les sites de reproduction d'Eurasie et d'Afrique du Nord. Ces cigognes post-hivernantes traversent le Sahara durant décembre, janvier et février à travers la voie de migration significative le long de l'Algérie orientale via Menea, Ain Salah, Arak et Tamanrasset (Isenmann & Molai, 2000). La région d'El Oued dans le Nord-est du Sahara septentrional est située dans cette trajectoire. Elle présente diverses catégories d'utilisation des terres, incluant les terres agricoles irriguées et les terres pastorales, une urbanisation en expansion avec des pressions anthropiques et des zones humides à la fois naturelles et artificielles. Ces altérations paysagères ont fait de notre région un nouvel habitat approprié pour la répartition d'une variété d'espèces et une halte migratoire pour les populations de Cigognes blanches migratrices.

Le succès reproducteur documenté des Cigognes blanches dans une nouvelle aire de reproduction représente une expansion significative de l'aire de répartition latitudinale vers le sud de la limite de distribution connue en Algérie, d'environ 220 km par rapport aux enregistrements précédents à Biskra et une adaptation aux conditions chaudes et hyper-arides des écosystèmes sahariens. Cependant, une enquête systématique à travers toutes les régions sahariennes d'Algérie durant la saison de reproduction, en particulier celles qui maintiennent des caractéristiques de nidification appropriées pour les Cigognes, comblerait des lacunes

significatives dans notre compréhension de la dynamique des populations de Cigogne blanche et de leur distribution géographique dans ces environnements pauvres. En outre, ces significations écologiques contribuent à la mise à jour de l'aire de répartition reproductrice des Cigognes blanches en Algérie et en Afrique du Nord-Ouest. Cette expansion de l'aire de reproduction est mentionnée par (Azafzaf, 2002) en Tunisie du nord-ouest vers l'est et le sud.

Récemment, les régions sahariennes Algériennes (particulièrement la zone d'étude) ont connu un accroissement agricole rapide caractérisé par le développement des cultures irriguées à travers l'exploitation des eaux souterraines (Ouendeno, 2019; Djouhri et al., 2023). La population de la région du Souf a dépendu des ressources en eaux souterraines pour ses besoins et activités, particulièrement l'agriculture. L'extraction non durable des ressources en eaux souterraines par des pratiques d'irrigation intensive a entraîné un phénomène de montée des eaux, qui a affecté les localités densément peuplées, notamment El Oued, El Bayadha et Kouinine (Diaf et al., 2024). Par conséquent, plusieurs plans d'eau ont émergé dans ces zones urbaines tels que Chott El Oued. De plus, des zones humides artificielles ont été établies, englobant les stations d'épuration des eaux usées et les exutoires finaux d'eaux usées comme Chott E'Dhiba. En outre, de nombreuses décharges légales ou illégales ont été établies autour des sites urbains, résultant de la croissance des activités humaines (principalement la décharge publique dans la commune d'Oued El Alenda). Ces habitats modifiés anthropiques soutiennent une biodiversité significative telle que les petits mammifères (rongeurs) et les insectes (Selmane & Benslama, 2015; Selmane et al., 2016; Alia et al., 2025), et servent d'habitats de recherche alimentaire, d'hivernage ou de reproduction pour plusieurs espèces d'oiseaux (Guezoul et al., 2013). Par conséquent, ces caractéristiques clés d'habitat local soutiennent les populations de Cigognes blanches et affectent directement leur succès reproducteur en fournissant à la fois des ressources alimentaires diversifiées et des opportunités de nidification optimales. Généralement, les espèces d'oiseaux ont présenté des réponses variées aux changements environnementaux récents, certaines ont rapidement modifié leurs besoins écologiques, tandis que d'autres ont préservé des niches stables. Ces modèles étaient partiellement prévisibles basés sur les caractéristiques physiques et comportementales des espèces, soulignant comment la biodiversité s'adapte au changement global (Avidad et al., 2025).

Indéniablement, le succès reproducteur de la Cigogne blanche dans le nord-est du Sahara Algérien offre de nouvelles perspectives sur la distribution géographique de l'espèce et révèle une expansion significative de l'aire de répartition vers le sud par rapport à son aire de reproduction traditionnelle. Nos résultats soulignent le rôle critique des habitats à la fois

naturels et artificiels, en particulier les zones humides, dans le maintien des populations d'oiseaux migrateurs à travers le Sahara. De plus, cela suggère des réponses adaptatives au changement climatique et une résilience croissante aux conditions désertiques extrêmes. Il convenu de signaler que notre observation a été valorisée par un article scientifique (Gueddoul et al., 2025b).

3 Chott El Oued : valeur ornithologique et écologique

La région d'Oued du Souf englobe plusieurs plans d'eau naturels et artificiels qui présentent une importante valeur écologique en accueillant plusieurs espèces d'oiseaux aquatiques, comprenant les populations résidentes et migratrices.

Le travail sur la diversité avienne au niveau du Chott El Oued constitue la première étude à fournir les valeurs écologiques et à explorer le rôle joué par une petite zone humide urbaine Saharienne pour le maintien de la diversité aviaire, notamment les oiseaux d'eau. La situation de notre zone d'étude dans la voie migratoire paléarctique-transsaharienne souligne l'importance de ce lieu pour soutenir des communautés aviaires migratrices et résidentes importantes et diversifiées. Les 71 espèces d'oiseaux recensés représentent 17,48% de l'avifaune Algérienne qui rapportent 406 espèces (164 Passériformes et 242 non-Passériformes) (Isenmann & Molai, 2000). De plus, elle héberge 34,97% de l'avifaune documentée par Chedad et al. (2023a) dans la région du M'zab (province de Ghardaïa) et 52,2% de l'avifaune des Zibans (province de Biskra) dans le nord du Sahara Algérien (Farhi & Belhamra, 2012; Farhi, 2014). Par ailleurs, nos résultats sont supérieurs à la diversité aviaire obtenue lors d'une étude menée par Aouadi et al. (2021) et Aouadi (2022) au niveau de la zone humide périurbaine « marais de Boussedra », province d'Annaba, Nord-Est de l'Algérie. En outre, elle est comparable à la richesse (42 oiseaux aquatiques) obtenue par Draïdi et al. (2023) dans la même zone durant la période allant de septembre 2015 à août 2018.

Dans les régions sahariennes d'Afrique du Nord, nos résultats sont supérieurs à la richesse obtenue (34 espèces) par l'étude de Hamza & Selmi (2018) dans le complexe de zones humides sahariennes de Douz, sud-ouest de la Tunisie. Au nord du Sahara Algérien, ils sont similaires à la richesse ornithologique (41 espèces) du lac El-Golea dans la wilaya de Ghardaïa (Biad et al., 2022), et dans les zones humides d'Oued Righ (42 espèces) par l'étude de Khirani-Betrouche & Moulai (2021). Cependant, ils sont inférieurs à la diversité d'oiseaux aquatiques trouvée par Bensaci (2013) dans l'éco-complexe d'Oued Righ (53 espèces) et aux résultats du Chott Ain El Beidha, wilaya d'Ouargla (67 espèces) rapportés par Bouzid (2017). Ces comparaisons mettent

en évidence l'importance écologique relative de notre site d'étude au sein du réseau plus large des zones humides sahariennes et contribuent à la compréhension de la distribution régionale de la biodiversité. Les variations dans la richesse spécifique et la dynamique des populations entre les zones humides et les années sont influencées par de nombreux facteurs, tels que la taille des zones humides, les changements du profondeur de l'eau, la nature de l'eau (amplitudes de salinité), la couverture végétale, la disponibilité des ressources alimentaires, l'anthropisation, les perturbations humaines et le changement climatique (Hamza & Selmi, 2018; Khirani-Betrouche & Moulaï, 2021, 2022; Triplet et al., 2024). Par conséquent, la localisation géographique spécifique de notre zone d'étude près de l'agglomération et une couverture végétale terrestre dense dominée par les roseaux et les plantes halophytes, en ont fait un habitat majeur pour de nombreuses avifaunes migratrices ou résidentes, principalement pour les oiseaux aquatiques. Les environnements modifiés par l'homme « déchets anthropiques » attirent les espèces généralistes dont la majorité des oiseaux urbains.

Chott El Oued sert de site d'escale essentiel pour les oiseaux migrants lors de leur voyage vers le sud en automne et leur retour vers le nord au printemps pour rejoindre leurs aires de reproduction. Ceci est soutenu par le fait que 38 espèces recensées sont classées comme visiteurs de passage, ce qui est indiqué par la richesse particulière et l'abondance plus équilibrée durant la période de reproduction, qui est corrélée aux afflux migratoires et à l'activité de reproduction. De plus, elles constituent un site d'hivernage important pour 16 espèces, dont une grande majorité sont des oiseaux aquatiques. En outre, la diversité des habitats, incluant les roselières (Phragmites) et les vasières, facilite la nidification de 09 espèces d'oiseaux aquatiques qui utilisent la zone humide, notamment l'Échasse blanche *Himantopus himantopus*, la Marmaronette marbrée *Marmaronetta angustirostris* et le pluvier à collier interrompu *Anarhynchus alexandrinus*.

Il convient de noter que, cette zone humide constitue un site de nidification essentiel pour le Marmaronette marbrée, espèce quasi-menacée qui figure parmi les oiseaux aquatiques les plus représentés. L'espèce démontre une reproduction régulière chaque année, bien que les effectifs varient considérablement entre 9 et 103 individus d'une campagne d'observation à l'autre. Par ailleurs, la détection d'autres espèces à statut de conservation préoccupant et bénéficiant d'une protection nationale confirme la valeur écologique exceptionnelle de notre site d'étude et son rôle stratégique dans le réseau des zones humides régionale.

La zone humide urbaine du Chott El Oued joue un rôle essentiel dans le maintien de la diversité aviaire mondiale. Leur situation géographique dans un environnement aride et chaud

en fait un site nécessaire pour les espèces d'oiseaux migrateurs et non-migrateurs, particulièrement les espèces menacées, mais elles font face aux menaces de l'urbanisation, des activités humaines et du changement climatique. L'étude souligne le besoin critique d'une surveillance écologique continue et d'efforts de conservation ciblés pour protéger l'existence continue de ces communautés d'oiseaux distinctes en raison des menaces potentielles associées aux limitations des ressources, à la dégradation et à la fragmentation de l'habitat. Nos résultats servent d'appel à l'action pour les défenseurs de l'environnement et les décideurs politiques, de données détaillées pour toute stratégie de conservation, soulignant l'importance de préserver ces écosystèmes vulnérables pour les générations futures. La sauvegarde de ces habitats écologiquement significatifs nécessite l'application de réglementations, la création des zones protégées et la sensibilisation du public. La collaboration entre les gouvernements, les organisations et les communautés peut équilibrer la croissance urbaine avec la préservation de la biodiversité. Prioriser cette zone humide comme site d'escale, de reproduction et d'hivernage clé améliore la résilience écologique et favorise la coexistence durable entre le développement et la conservation de la nature. Ces résultats ont été publiés dans un article scientifique (Gueddoul et al., 2025a).

4 Biologie de reproduction du pluvier à collier interrompu

4.1 Phénologie et dynamique de la population du Pluvier à collier interrompu

Le Pluvier à collier interrompu est présent dans une variété de paysages en Algérie, incluant les régions côtières, les hauts plateaux et les environnements sahariens (B. Samraoui & Samraoui, 2008; F. Samraoui et al., 2011; Kouidri, 2013; Bouakkaz et al., 2017; Chedad et al., 2023a). Le recensement bimensuel sur un cycle annuel de leurs populations, a identifié deux populations : une population sédentaire nicheuse et une population migratrice hivernante. En hiver, le nombre d'individus sédentaires augmentait avec l'arrivée des individus migrants. Cela a révélé que notre zone d'étude, avec ses zones humides naturelles et artificielles situées dans la partie nord-est du Sahara Algérien le long d'une voie migratoire majeure Paléarctique-Afrique, sert à la fois de site d'escale migratoire, de zone d'hivernage vitale et d'habitat de reproduction pour cet oiseau d'eau transsaharien, mettant en avant ses qualités écologiques.

Les oiseaux de rivage présentent des schémas d'utilisation des habitat adaptatifs qui varient selon les besoins saisonniers, les facteurs environnementaux (tels que le niveau de salinité, la matière organique et l'humidité du sol), la disponibilité des proies, la perte d'habitat due aux activités anthropiques et au changement climatique, influençant ainsi leur abondance

et leur répartition dans les habitats (naturels ou artificiels) et selon les saisons (Lei et al., 2021; X. Wang et al., 2022; Rao et al., 2023; Villalobos Perna et al., 2024). La relation synergique entre la zone humide naturelle et artificielle maintient les effectifs de l'espèce tout au long de leur cycle annuel. En hiver, la montée du niveau d'eau dans la zone humide naturelle submerge les zones d'alimentation traditionnelles, poussant les oiseaux à privilégier les habitats artificiels où les niveaux d'eau sont stables et les ressources alimentaires accessibles et fiables. Cette modification de l'habitat rend les zones humides artificielles essentielles comme sites d'escale et d'hivernage pendant la migration. À l'inverse, les écosystèmes naturels sont plus favorables à la reproduction que les sites artificiels, probablement en raison des exigences spécifiques de nidification et des caractéristiques des territoires de reproduction.

4.2 Phénologie de la reproduction

La période de ponte dans notre zone d'étude (141 jours, du 20 février au 10 juillet) apparaît relativement plus longue que celle rapportée dans la même région par Bouzid (2017), notamment à Chott Albeida, Ouargla, dans la partie nord-est du Sahara Algérien, où elle s'étend du 4 mars au 12 juin (101 jours) et atteint son pic en Avril. De plus, elle était plus précoce que les données publiées dans le nord-est de l'Algérie, où elle commence début mars et se termine mi-juin, comme rapporté par Bouakkaz et al. (2017) à Sebkhet Ouled M'Barek (wilaya de Khenchela) et par Kebbi et al. (2018) dans trois zones humides près de la wilaya de Béjaïa, ainsi que celles au Maroc (Afrique du Nord), mentionnées par Hanane (2011) sur la côte atlantique de Rabat-Bouznika et par El Malki et al. (2018) dans les marais salants de Sidi Moussa-Walidia. Cependant, nos résultats soutiennent l'hypothèse selon laquelle la saison de reproduction du pluvier à collier interrompu pourrait commencer début février dans les environnements chauds (Kosztolányi et al., 2009; Al Rashidi et al., 2011). Par ailleurs, le démarrage tardif de la ponte sur le site artificiel (station d'épuration des eaux usées) pourrait être limité par les activités de maintenance ou par le temps plus long nécessaire à la construction du nid, influencé par le terrain difficile du site de nidification, comparé au site naturel (Chott El Oued) qui offre des conditions adéquates et des ressources essentielles pour la nidification, comme les matériaux de construction du nid (Luo et al., 2024). Sans aucun doute, les données de ponte du Pluvier à collier interrompu dépendent des conditions de l'habitat, y compris des facteurs biogéographiques et environnementaux à l'emplacement précis du site de nidification (Hong & Higashi, 2008; Ding et al., 2023a).

4.3 Habitat de nidification

Le Pluvier à collier interrompu est capable d'adapter sa reproduction dans différentes zones pour faire face aux problèmes environnementaux, y compris les facteurs biogéographiques, les conditions environnementales et les paysages modifiés par l'homme (Ding et al., 2023a). Notre étude a démontré que l'habitat naturel est un site de reproduction privilégié pour le Pluvier à collier interrompu. La présence d'une colonie de nids de l'Échasse blanche, servant comme « parapluie anti-prédateur », au profit du Pluvier à collier interrompu pendant la saison de reproduction (Rocha et al., 2016). Cependant, les plans d'eau artificiels, tels que les marais salants et les stations d'épuration des eaux usées (notre site d'étude), peuvent offrir un habitat de reproduction alternatif ou complémentaire pour cette espèce, face aux impacts anthropiques croissants sur les habitats naturels (AlRashidi et al., 2010; El Malki et al., 2018).

Dans certaines régions, y compris notre zone d'étude, la stratégie de sélection des sites de nidification utilisée par le pluvier à collier interrompu montre un comportement de nidification complexe, influencé par des facteurs environnementaux et anthropiques. Cela suggère un équilibre entre la visibilité pour la détection des prédateurs et le camouflage offert par la couverture végétale pour la régulation thermique. Il préfère les sites exposés pour une meilleure visibilité malgré les températures extrêmes, mais utilise la couverture végétale dans les environnements chauds pour éviter le stress thermique (Norte & Ramos, 2004; Amat & Masero, 2004; Al Rashidi et al., 2011; Gómez-Serrano & López-López, 2014; AlRashidi, 2016; Kubelka et al., 2018; Engel et al., 2020). Notamment, les Pluviers à collier interrompu construisent leurs nids sous des plantes halophytes, orientés dans diverses directions, stratégiquement placés pour offrir une protection contre les changements climatiques locaux tout au long de la saison de reproduction, y compris les vents violents, les tempêtes de sable, les températures élevées ou les menaces potentielles de prédation. De plus, nous avons observé des nids sous des objets et des œufs recouverts de substrats ou de matériaux ajoutés au nid. Cela est probablement dû à un compromis entre la protection thermique des œufs et le camouflage des nids dans des sites peu exposés (Stoddard et al., 2016; Stevens et al., 2017; Gómez et al., 2018; Kubelka et al., 2019). La couleur blanche de certains matériaux ajoutés, comme les pierres et les coquilles d'œufs, pourrait être utilisée pour réduire la température. Le choix des micro habitats, l'ajout de matériaux de nidification et d'autres comportements représentent une stratégie utilisée par l'espèce pour réduire la découverte des œufs (Amat et al., 2012; Mayani-Parás et al., 2015).

4.4 Caractéristiques du nid

Les mesures du diamètre du nid (diamètre externe et interne, profondeur de la coupe) correspondent aux études réalisées dans les régions sahariennes, rapportées par Bouzid (2017) et Kouidri et al. (2025) à Chott AlBeida (Ouargla) et dépassent celles de Bouakkaz et al. (2017) dans le nord-est de l'Algérie et d'El Malki et al. (2018) au Maroc. La structure, la composition et l'humidité du sol où les nids sont installés pourraient expliquer cette différence.

Selon de nombreuses études (Bouakkaz et al., 2017; Bouzid, 2017; El Malki et al., 2018; Kouidri et al., 2025), le Pluvier à collier interrompu préfère les sites de nidification proches de l'eau. Il bénéficie d'une meilleure accessibilité à la nourriture et d'un risque réduit d'inondation grâce à la stabilité relative du niveau d'eau tout au long de la période de reproduction, offrant ainsi un accès facilité à la nourriture et un risque minimal d'inondation en raison de la stabilité du niveau d'eau pendant la saison de reproduction.

4.5 Caractéristiques des œufs

Les mesures moyennes des œufs du Pluvier à collier interrompu dans notre étude montrent de légères variations par rapport aux résultats obtenus dans le Sahara Algérien (tableau 13), à environ 210 km de notre zone d'étude (Bouzid, 2017; Kouidri et al., 2025), ainsi que par rapport aux valeurs publiées par Bouakkaz et al. (2017) sur les hauts plateaux, et aux mesures enregistrées dans diverses études (Fraga & Amat, 1996; Hong & Higashi, 2008; Hanane, 2011; Ding et al., 2023a). Par ailleurs, des différences substantielles dans la taille des œufs existent entre la zone humide naturelle et artificielle, ce qui pourrait être influencé par la taille corporelle des femelles, la qualité de la nourriture et la teneur en calcium du sol pendant le développement de la coquille de l'œuf (Christians, 2002; Gosler et al., 2005; Deeming, 2018; Montgomerie et al., 2021).

Tableau 13. Mesures moyennes des œufs de Pluvier à collier interrompu dans différentes régions géographiques

Source	La zone d'étude	Mesures Moyenne des Oeufs					
		Longueur (mm)	Largeur (mm)	Volume (cm ³)	Masse (g)	Indice de coquille (g/mm)	Indice de forme (%)
Notre étude	Algeria (El Oued)	31.83	22.98	8.68	8.54	0.37	72.25
Kouidri et al. (2025)	Algeria (Ouargla)	31.18	22.12	7.46	-	-	70.97
Bouزيد (2017)	Algeria (Ouargla)	32,00	23,00	8,50	8,20	-	-
Ding et al. (2023a)	China	32.38	23.10	8.80	-	-	71.00
Bouakkaz et al. (2017)	Algeria (Kenchela)	32.00	23.00	8.72	8.22	-	-
Hanane (2011)	Morocco	32.02	23.10	8.72	-	-	72.22
Hong and Higashi (2008)	Korea	33.01	23.44	8.29	9.25	-	73.7
Fraga and Amat (1996)	Spain	31.99	23.43	8.96	-	-	-

4.6 Taille de la ponte et schémas d'incubation

La taille moyenne de la ponte observée dans notre étude (2,9 oeufs) était comparable à certains rapports antérieurs au niveau du Chott Ain El Beida (2.84, 2.88 and 2.97 à 2005, 2006 and 2007, respectivement), dans les zones humides sahariennes (Kouidri et al., 2025), sur la côte atlantique de Rabat-Bouznika au Maroc (Hanane, 2011) et dans les zones humides près de la wilaya de Béjaïa, dans le nord-est de l'Algérie (Kebbi et al., 2018), mais légèrement différente des résultats obtenus dans la lagune de Fuente de Piedra, province de Malaga en Espagne (Fraga & Amat, 1996), à Sebkhet Ouled M'Barek (wilaya de Khenchela) dans le nord-est de l'Algérie (Bouakkaz et al., 2017) et dans les terres arides du Xinjiang, en Chine, en Asie centrale (Ding et al., 2023a). Cependant, elle était nettement plus élevée que la moyenne trouvée par quelques études dans l'estuaire du Nakdong, à Busan, en République de Corée (Hong & Higashi, 2008) et dans les marais salants de Sidi Moussa-Walidia au Maroc (El Malki et al., 2018). Il est remarquable que plus de 90 % des nids contenaient trois œufs, dépassant le pourcentage observé sur d'autres sites (Fraga & Amat, 1996; AlRashidi, 2016; Bouakkaz et al., 2017). L'intervalle entre les pontes était également plus long que les observations notées par Bouزيد (2017) et Hong & Higashi (2008). La période d'incubation était similaire aux observations dans des environnements chauds (Kosztolányi et al., 2009; Bouزيد, 2017), et elle était plus courte que celle enregistrée sur les hauts plateaux Algériens (Bouakkaz et al., 2017) et dans d'autres régions comme l'Espagne (Fraga & Amat, 1996) et le Maroc (Hanane, 2011). Ces variations révèlent

l'influence de la localisation géographique et des conditions environnementales, telles que la température et la disponibilité de la nourriture, sur le comportement du Pluvier à collier interrompu, et mettent en évidence son adaptabilité à différents environnements.

4.7 Succès de la reproduction

Nos résultats ont révélé un taux de réussite de la nidification de 44,3 % dans la zone d'étude, ce qui représente une valeur médiane dans la plage établie du succès reproductif pour cette espèce. Cette valeur montre de légères variations par rapport au succès de nidification (32 %) rapporté par Norte & Ramos (2004) et au taux de 39 % indiqué par El Malki et al. (2018). Cependant, elle reste supérieure aux résultats obtenus dans des environnements chauds : 13 % de succès de nidification dans les îles Farasan, en Arabie Saoudite (Al Rashidi et al., 2011), et 23,4 % dans la réserve humide d'Al Wathba, à Abou Dhabi, aux Émirats Arabes Unis (Kosztolányi et al., 2009). Par ailleurs, elle est inférieure aux taux de réussite (71,1 %, 84-94%, 58,4 %) notés respectivement par Bouakkaz et al. (2017), Kouidri et al. (2025) et Hanane (2011).

Le Pluvier à collier interrompu niche dans les habitats naturels et les paysages artificiels, et son succès reproductif varie significativement selon les localisations géographiques et les saisons de reproduction (Norte & Ramos, 2004; El Malki et al., 2018). Notre analyse des données a souligné que le type d'habitat influence le succès de nidification, révélant des paramètres de reproduction distincts entre les deux habitats. Ainsi, le taux de réussite dans l'habitat naturel (58,97 %) était plus élevé que dans l'habitat artificiel (23,21 %). Cette forte différence semble liée aux caractéristiques de chaque site de nidification, comme la fourniture d'un microclimat approprié pour l'incubation et la sécurité des œufs (Amat & Masero, 2004). De plus, l'introduction des substrats anthropiques avec différentes propriétés physique peuvent améliorer à la fois le camouflage des nids et des œufs et compenser la perte d'habitat de nidification (Liñán-Cembrano et al., 2025). Ces caractéristiques sont bien présentées dans le site naturel comme Chott El Oued et affectant positivement le succès de nidification en offrant de vastes habitats adaptés, une couverture végétale clairsemée, des matériaux de nidification, la disponibilité de nourriture et la présence d'espèces anti-prédateurs. Rocha et al. (2016) ont constaté que le succès de nidification était comparable, voire meilleur, dans les habitats artificiels linéaires (marais salants côtiers) que dans les habitats naturels lors d'une co-nidification avec l'Échasse blanche. En contraste, dans le site artificiel, l'illumination artificielle provenant des poteaux d'éclairage introduit un compromis écologique aux oiseaux limicoles, car elle facilite la recherche nocturne de la nourriture tout en augmentant leur exposition aux

prédateurs nocturnes, compromettant ainsi leur fitness global (Santos et al., 2010). Dans l'ensemble, ces influences anthropiques suggèrent que les Pluviers à collier interrompu sont trompés par des signaux environnementaux altérés, les conduisant à sélectionner des zones humides artificielles, telles que les bassins de traitement, qui fonctionnent comme des pièges écologiques (Schlaepfer et al., 2002).

4.8 Facteurs influençant le succès reproductif

De nombreux facteurs interconnectés influencent indirectement l'augmentation de la prédation, ce qui affecte la dynamique des espèces, le déclin des populations et le succès reproductif des oiseaux d'eau. Parmi ces facteurs figurent la disponibilité des ressources alimentaires, la couverture végétale, l'anthropisation, les perturbations humaines et le changement climatique (Triplet et al., 2024). De plus, les micro-habitats protégés au sein du site naturel, façonnés par l'hétérogénéité des sites de nidification, en particulier les « îlots » isolés au sein des plans d'eau, favorisent la ponte avec trois œufs, augmentent le taux d'éclosion et conduisent finalement à un succès de nidification plus élevé. Ce pattern est observé de manière cohérente par Bouakkaz et al. (2017) and Kouidri et al. (2025) dans des zones humides géographiquement isolées en Algérie.

Dans notre zone d'étude, différents facteurs influencent le succès reproductif du Pluvier à collier interrompu. Chez cette espèce, 58,66 % des échecs de nidification sont liés au vandalisme, 18,66 % à la prédation ou à la destruction des nids, et 24 % à l'abandon des nids. La localisation particulière des zones humides à proximité des agglomérations accroît les activités anthropiques exercées sur les sites, telles que l'expansion des constructions, la création de routes et le défrichement de la couverture végétale, contribuant à la fragmentation et à la réduction des habitats de nidification, et affectant la sélection des sites de ponte. La circulation de voitures sur les digues, les déplacements des ouvriers et les activités d'aménagement des berges autour de la lagune peuvent détruire les œufs, endommager les nids et déranger les oiseaux en incubation. Les déchets anthropiques adjacents aux sites de nidification attirent des espèces généralistes qui prospèrent dans ces environnements modifiés par l'homme, accroissant leur capacité à perturber la reproduction des oiseaux d'eau (Saunders et al., 1993). Les perturbations anthropiques subies par l'espèce, incitent les parents à abandonner leur nid (Stien & Ims, 2016).

4.9 Prédateurs et menaces

Notre zone d'étude offre une source de nourriture et servant comme site de refuge et site d'escale pour de nombreux oiseaux et mammifères locaux et migrants. Cependant, ces animaux peuvent agir comme prédateurs pour le Pluvier à collier interrompu. Nous avons observé la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) détruire des œufs dans une station d'épuration, ainsi que d'autres prédateurs aviaires potentiels tels que le Corbeau brun (*Corvus ruficollis*), le Busard des roseaux (*Circus aeruginosus*), le Tournepierre à collier (*Arenaria interpres*), l'Aigrette garzette (*Egretta garzetta*), et le Héron cendré (*Ardea cinerea*). Parmi les prédateurs mammifères figurent le chien domestique (*Canis lupus familiaris*), le chat domestique (*Felis catus*), le Renard de Rüppell (*Vulpes rueppellii*), le Hérisson du désert (*Paraechinus aethiopicus*), le Rat brun (*Rattus norvegicus*) et des prédateurs reptiliens comme les serpents (*Chalcides* sp.).

La présence de prédateurs influence invariablement la compétition intra et interspécifique, affectant ainsi la dynamique des populations (Cresswell, 2011). Le Tournepierre à collier (*Arenaria interpres*) peut représenter une menace significative pour le Pluvier à collier interrompu et d'autres oiseaux de rivage nicheurs dans les habitats côtiers en raison de sa forte tendance à se nourrir d'organismes dans son environnement (Kubelka, 2020).

Notre étude souligne la vulnérabilité des Pluvier à collier interrompu due à la concentration de leurs sites de nidification, les rendant accessibles aux prédateurs mammifères. Les prédateurs peuvent développer des stratégies de recherche efficaces, intensifiant la pression de prédation sur la population de Pluviers, particulièrement pendant les phases intermédiaires et tardives de la saison de reproduction (Gilg et al., 2006; Zhao et al., 2020; Li et al., 2023). Tous ces facteurs ont contribué au déclin de la population du Pluvier à collier interrompu, qui nécessite une attention et une action immédiates de la part de la communauté scientifique en biologie de la conservation.

Au cours de l'étude de la bio-écologie du Pluvier à collier interrompu dans le nord-est du Sahara Algérien, nous fournissons des informations précieuses sur leur comportements reproducteurs et leur dynamique de population, en nous concentrant sur deux habitats distincts. Nous avons documenté de manière exhaustive les aspects clés de la biologie de la reproduction de l'espèce, notamment les schémas saisonniers, la phénologie, l'habitat de reproduction, les caractéristiques des œufs et des nids, la taille de ponte, les schémas d'incubation et le succès de reproduction. Ces résultats reflètent la capacité d'adaptation de l'espèce aux changements des

conditions environnementales et soulignent sa flexibilité dans ses stratégies de reproduction. Ils mettent également en évidence l'importance cruciale des habitats naturels pour sa reproduction et d'autres oiseaux aquatiques migrants, tout en identifiant les habitats anthropiques comme des pièges écologiques potentiels. Nos résultats soulignent la nécessité immédiate d'une stratégie de conservation ciblée pour protéger les habitats naturels et les espèces qu'ils abritent.

Conclusion

Conclusion

La zone d'étude (Oued Souf) est située dans la partie orientale du Sahara septentrional Algérien, est caractérisé par un climat saharien hyper-aride à hiver chaud où les conditions climatiques sont extrêmement arides avec un régime pluviométrique insuffisant et irrégulier présentant une variabilité interannuelle et saisonnière, températures élevées et une sécheresse permanente tout au long de l'année. Malgré ces conditions sévères, il existe une mosaïque d'habitats diversifiées comprenant des milieux terrestres et aquatiques, qu'il soit naturel ou résultant d'activités anthropiques, qui maintient une importante biodiversité floristique ou faunistique, notamment l'avifaune.

L'inventaire qualitatif de l'avifaune menées dans les différents habitats de la zone d'étude durant les années 2023 à 2025 a permis de recenser 120 espèces réparties en 20 ordres et 40 familles, ce qui représente 29.5% de de l'avifaune Algérienne. Cette communauté ornithologique se compose de 74 oiseaux terrestres distribuées en 12 ordres et 27 familles et de 46 oiseaux d'eaux répartis en 8 ordres et 13 familles. Cette richesse prédominée par les espèces migratrices (87 espèces) qui se regroupent en 42 espèces de passage, 36 espèces hivernantes, 8 espèces nicheuses migratrices et une (01) espèce à reproduction occasionnelle, auxquelles s'ajoute une communauté résidente adaptée aux conditions locales qui se compose de 33 espèces constituées par des nicheurs sédentaires (29 espèces) et des sédentaires non-nicheurs (04 espèces). De plus, une fluctuation saisonnière remarquable de la richesse taxonomique ainsi qu'une dynamique phénologique temporelle de la communauté aviaire avec une augmentation graduelle durant la période hivernale et printanière confirment la valeur écologique exceptionnelle des habitats de la zone d'étude en tant que site d'hivernage, site d'escale majeur le long du couloir migratoire méditerranéo-Africain et de reproduction pour les oiseaux migrateurs transsahariens.

En termes d'utilisation des habitats, les zones humides étaient l'habitat le plus peuplé et supportent le plus grand nombre d'espèces, offrant des ressources trophiques, des sites de reproduction et des refuges pour 78 espèces terrestres et aquatiques. De ce fait, des expansions de l'aire de répartition des espèces ont été observées sur le territoire de la zone d'étude. Il s'agit d'une observation pour la première fois du Bruant des roseaux *Emberiza Schoeniclus* au niveau de la zone humide Chott El Oued durant la période d'hivernage de l'année 2024. Cette observation constitue la première dans les régions Saharien Algérien et une expansion considérable de l'aire de répartition reconnue de l'espèce en Algérie. Cette espèce est restée

jusqu'à la fin février, indiquant une probabilité d'hivernage irrégulier et cela attiré par la présence d'un habitat approprié (zones humides, expansion des roselières) qui offre une nouvelle niche écologique et favorise l'expansion de son aire de répartition existante.

Une expansion significative de l'aire de reproduction d'un oiseau migrateur trans-Africain à longue distance la Cigogne Blanche *Ciconia ciconia*, c'est manifesté par leur sucée de reproduction aux régions sahariennes où La population nicheuse de cette espèce en Algérie a historiquement été confinée à la partie nord du pays. Ce sucée a été confirmé par le suivi d'un nid installé dans une zone urbanisée de la province d'El Oued au cours de la saison de reproduction 2025 (février à juin) et qui est soutenu par les caractéristiques clés des habitats locaux, à la fois naturels et artificiels, qui fournissent des ressources alimentaires diversifiées et des opportunités de nidification optimales. L'expansion vers le sud observée de la population nicheuse de la Cigogne blanche dans le climat chaud et hyper-aride du Sahara représente un changement écologique notable dans son aire de reproduction connue. Par ailleurs, d'anciennes données et des enregistrements historiques de présence de l'espèce en Algérie durant la période 1962–2025 obtenues à partir des observations réalisées par les membres du réseau international dans la base de données du Global Biodiversity Information Facility (GBIF) témoignent l'extension significative des voies de migration vers les régions orientales du Sahara septentrional. Ces résultats révèlent la capacité d'adaptation de la Cigogne blanche face au changement climatique et aux pressions anthropiques en conditions d'aridité extrême, tout en mettant en lumière les transformations écologiques rapides qui se produisent sous l'effet du changement climatique et de l'activité humaine. Ces résultats ont mis en évidence le rôle primordial des écosystèmes sahariens, en particulier les zones humides, dans la fourniture de ressources alimentaires et de sites de nidification optimaux pour cette population résiliente.

Les écosystèmes aquatiques dans les environnements arides chauds peuvent abriter un niveau élevé de biodiversité à l'échelle mondiale, en particulier pour les oiseaux. Vu l'importance écologique et ornithologique remarquable de la zone humide urbaine Chott El Oued durant l'inventaire mené dans la zone d'étude. Un suivi bimensuel a été réalisé entre septembre 2023 et août 2024 dans le but d'évaluer l'importance écologique de cette zone par l'étude de la composition de la communauté aviaire, les schémas phénologiques, les statuts de protection et la dynamique des populations d'oiseaux d'eau. Au total, 71 espèces d'oiseaux ont été recensées réparties en 39 oiseaux d'eau et 32 oiseaux terrestres, appartenant à 15 ordres et 29 familles, ce qui représente 59,16% de la richesse totale des taxons, et correspond à 43,24% des oiseaux terrestres et 84,78% des oiseaux d'eau inventoriés dans la zone d'étude. La zone

humide constitue un habitat essentiel pour quatre espèces quasi menacées classées sur la liste rouge de l'UICN et 21 espèces protégées par la législation Algérienne. Sur les 12 460 individus recensés au niveau du chott El Oued, les oiseaux d'eau prédominaient (77,28 %, 9 926 individus), incluant 11 espèces clés telles que la Marmaronette marbrée, espèce quasi menacée et nicheuse résidente. D'un point de vue phénologique, 54 espèces sont non nicheuses, dont 38 visiteurs de passage et 16 hivernants, tandis que 17 sont des espèces nicheuses notamment l'Echasse blanche et le Pluvier à collier interrompu. Ces résultats soulignent la contribution de Chott El Oued au maintien de la biodiversité régionale malgré les défis écologiques et anthropiques, et renforcent le besoin urgent d'une stratégie de conservation globale pour protéger sa biodiversité. La sauvegarde de cette zone humide urbaine vitale est essentielle non seulement pour préserver les espèces menacées, mais aussi pour maintenir l'équilibre écologique régional et mondial.

Afin d'apporter des connaissances sur l'écologie reproductive et la dynamique des populations des espèces aviaires de la zone d'étude, ainsi que leurs stratégies de reproduction vis-à-vis du changement des conditions environnementales du Sahara Algérien. Parmi ces espèces, le Pluvier à collier interrompu *Anarhynchus alexandrinus* a été sélectionné comme modèle d'étude. Ce petit oiseau de rivage classé sur la Liste rouge des espèces menacées de l'UICN, est particulièrement sensible aux modifications de son habitat de nidification et représente un bioindicateur crucial pour détecter les changements environnementaux dans les écosystèmes humides.

L'étude de la bio-écologie de reproduction de l'espèce a été réalisée tout au long d'un cycle annuel « septembre 2023 – août 2024 » et englobe la période de reproduction qui s'étale de Février à Juillet 2024 dans la zone d'étude, en mettant l'accent sur deux types de zones humides contrastées : un site naturel (Chott El Oued) et un site artificiel (station de traitement des eaux usées). Deux groupes distincts ont été identifiés : une population nicheuse résidente et une population migratrice hivernante. L'activité reproductive s'est déroulée de février à juillet. Un total de 134 nids a été suivi. La taille de couvée variait de deux à trois œufs, avec une moyenne de 2,9 (N = 84), et la durée moyenne d'incubation était de 24,3 jours. Les modèles linéaires généralisés ont révélé que le type d'habitat influençait de manière significative le succès d'éclosion ainsi que les performances reproductrices globales. Exception faite de la taille de couvée, la zone humide naturelle a constamment fourni de meilleurs résultats, avec des paramètres reproductifs plus élevés, incluant un taux de succès de nidification supérieur (59,0 % contre 23,2 %). Parmi les 75 nids ayant échoué, les causes principales étaient le vandalisme

(58,7 %), l'abandon (24,0 %) et la prédation (18,7 %). Ces observations suggèrent que les zones humides artificielles, bien que semblant favorables, peuvent constituer des pièges écologiques en attirant les reproducteurs tout en les exposant à des conditions défavorables voire dangereuses. Le contraste prononcé du succès reproducteur met en évidence le rôle déterminant des habitats naturels dans la viabilité des populations de pluvier à collier interrompu. La préservation de ces sites de nidification de qualité supérieure s'avère essentielle pour protéger cette espèce ainsi que d'autres oiseaux d'eau migrants soumis à des pressions anthropiques croissantes.

Ces résultats constituant un apport majeur aux bases de données relative à la diversité aviaire dans la zone d'Oued Souf et du Sahara Algérien, tout en mettant en lumière l'importance de divers écosystèmes, naturels comme artificiels, dans le maintien de la biodiversité ornithologique, notamment celle des migrants transsahariens. Ces résultats peuvent être cruciaux pour la future législation en matière de conservation, principalement pour protéger les habitats et les populations des espèces menacées, en plus de leur importance potentielle pour les études comparatives locales et régionales. L'étude suggère que la préservation des écosystèmes aquatiques pourrait favoriser l'accroissement des populations des espèces aviaires les plus menacées en leur offrant un accès à des ressources de reproduction plus sécurisées et appropriées, ainsi qu'à des opportunités trophiques adéquates. Des suivis ornithologiques réguliers pourraient apporter des données supplémentaires et permettraient une mise à jour continue de l'inventaire aviaire local et régional. Des recherches supplémentaires sont requises pour comprendre l'impact des activités anthropiques et du changement climatique sur la biodiversité aviaire dans la région.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

- Adamou, A. E., Kouidri, M., Bańbura-Nowak, A., & Bańbura, J. (2023). Egg-focused aspects of the reproductive ecology of Black-Winged Stilts *Himantopus himantopus* and Pied Avocets *Recurvirostra avosetta* coexisting in an unstable wetland in the Sahara (Algeria). *Acta Ornithologica*, 58(1), 29–39.
<https://doi.org/10.3161/00016454AO2023.58.1.002>
- Adamou, N. (2021). Première observation du Bruant Nain *Emberiza pusilla* en Algérie. *Alauda*, 89(1), 75.
- Al Rashidi, M., Kosztolányi, A., Shobrak, M., & Székely, T. (2011). Breeding ecology of the Kentish Plover *Charadrius alexandrinus* in the Farasan Islands, Saudi Arabia: (Aves: Charadriiformes). *Zoology in the Middle East*, 53(1), 15–24.
<https://doi.org/10.1080/09397140.2011.10648858>
- Alambiaga, I., González, R., Vera, P., Monrós, J. S., & Palero, F. (2023). Genetic differentiation between two subspecies of *Emberiza schoeniclus* and open forest bunting's evolution inferred from mitogenomes. *Journal of Avian Biology*, 2023(5–6), 1–9. <https://doi.org/10.1111/jav.03087>
- Alberti, M. (2005). The effects of urban patterns on ecosystem function. *International Regional Science Review*, 28(2), 168–192. <https://doi.org/10.1177/0160017605275160>
- Alia, Z., Khechekhouche, E. A., Ghemam Amara, D., Messaoudi, M., Cherrada, N., Sekour, M., Ahmad, S. F., Attia, S. M., Sawicka, B., & Messaoudi, M. (2025). Exploring diversity, abundance and ecological impacts of rodents in Saharan agriculture regions (Souf-Algeria). *Acta Zoologica*, 1–10. <https://doi.org/10.1111/azo.12539>
- Alikhani, S., Nummi, P., & Ojala, A. (2021). Urban wetlands: A review on ecological and cultural values. *Water*, 13(22), Article 22. <https://doi.org/10.3390/w13223301>
- AlRashidi, M. (2016). Breeding biology of the Kentish Plover *Charadrius alexandrinus* in the Sabkhat Al-Fasl Lagoons, Saudi Arabia (Aves: Charadriiformes). *Zoology in the Middle East*, 62(2), 105–111. <https://doi.org/10.1080/09397140.2016.1182771>
- AlRashidi, M., Kosztolányi, A., Küpper, C., Cuthill, I. C., Javed, S., & Székely, T. (2010). The influence of a hot environment on parental cooperation of a ground-nesting shorebird, the Kentish plover *Charadrius alexandrinus*. *Frontiers in Zoology*, 7(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/1742-9994-7-1>

- Amat, J. A., Fraga, R. M., & Arroyo, G. M. (2001). Variations in body condition and egg characteristics of female Kentish Plovers *Charadrius alexandrinus*. *Ardea*, 89(2), 293–299.
- Amat, J. A., & Masero, J. A. (2004). Predation risk on incubating adults constrains the choice of thermally favourable nest sites in a plover. *Animal Behaviour*, 67(2), 293–300. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2003.06.014>
- Amat, J. A., Monsa, R., & Masero, J. A. (2012). Dual function of egg-covering in the Kentish Plover *Charadrius alexandrinus*. *Behaviour*, 149(8), 881–895. <https://doi.org/10.1163/1568539X-00003008>
- Amrani, K. (2023). Typologie des oasis algériennes : Pour une meilleure considération de ces espaces fertiles dans un milieu aride. Cas de la palmeraie de Ouargla. *VertigO*, 23(1), Online. <https://doi.org/10.4000/vertigo.40171>
- Aouadi, A. (2022). *Cartographie et évaluation du marais Boussedra Nord-est Algérien* [Thèse Doctorat], Université 8 Mai 1945, Guelma, Algérie. <https://dspace.univ-guelma.dz/jspui/handle/123456789/47/simplesearch?filterquery=Aouadi%2C+Abdallah&filtername=author&filtertype>equals>
- Aouadi, A., Samraoui, F., Touati, L., Nedjah, R., Souiki, L., & Samraoui, B. (2021). Close to the Madding Crowd: Waterbird Responses to Land Use Conversion in and Around a Mediterranean Urban Wetland. *Wetlands*, 41(6), 1-23. <https://doi.org/10.1007/s13157-021-01484-9>
- Arizaga, J., Campos, F., & Alonso, D. (2006). Variations in wing morphology among subspecies might reflect different migration distances in Bluethroat. *Ornis Fennica*, 83(4), 162–169.
- Asselen, S. van, Verburg, P. H., Vermaat, J. E., & Janse, J. H. (2013). Drivers of Wetland Conversion: A Global Meta-Analysis. *PLOS ONE*, 8(11), e81292. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081292>
- Athamnia, M., Belabed, B.-E., Samraoui, K. R., Bouchecker, A., Touati, L., Samraoui, F., El-Serehy, H. A., & Samraoui, B. (2022). Variability in arrival time of White Storks (*Ciconia ciconia* L.): Impact of age, interindividual variation, and global change. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 1-10. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.841744>

- Athira, T. R., Aarif, K. M., Thomas, J. A., Alatawi, A. S., Muzaffar, S. B., Nefla, A., Reshi, O. R., Jobiraj, T., & Thejass, P. (2024). The threat of microplastics: Exploring pollution in coastal ecosystems and migratory shorebirds along the west coast of India. *Marine Pollution Bulletin*, 198, 115912. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115912>
- Avidad, P. M., Clavero, M., & Viana, D. S. (2025). Climate and land-use change leading to niche expansion and shifts in birds. *Journal of Biogeography*, 52(2), 443–453. <https://doi.org/10.1111/jbi.15045>
- Azafzaf, H. (2002). Statut actuel de la population de la Cigogne Blanche *Ciconia ciconia* en Tunisie [The breeding population of White Stork *Ciconia ciconia* in Tunisia]. *Alauda*, 70(3), 387–392.
- Azzeddine, H., & Abdelghani, Z. (2025). Floristic analysis of spontaneous saharan plants: A case study of the southern region of el oued oasis, Algeria. *Acta Scientiarum Polonorum. Formatio Circumiectus*, 24(2), 91–103. <https://doi.org/10.15576/ASP.FC/209239>
- Babouri, S., Metallaoui, S., & Heddami, S. (2020). Abundance and spatial distribution of the structure supporting the nest of White Stork *Ciconia ciconia* in Guerbes-Sanhadja wetland eco-complex, northeastern of Algeria. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(36), 45974–45982. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11323-9>
- Bagnouls, F., & Gaussen, H. (1953). Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat. de Toulouse*, 88, 193–240.
- Bassi, N., Kumar, M. D., Sharma, A., & Pardha-Saradhi, P. (2014). Status of wetlands in India: A review of extent, ecosystem benefits, threats and management strategies. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 2, 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2014.07.001>
- Bekakra, O., Guergueb, E.-Y., Haddad, S., Nouidjem, Y., Bounab, C., & Khammar, H. (2024). Effect of the structural composition of a Saharan agricultural landscape on bird communities in the Algerian Northern Sahara. *Forestry Ideas*, 30(2), 308–320.
- Benameur-saggou, H. (2009). *La faune des palmeraies de Ouargla : Interactions entre les principaux écosystèmes* [Thèse magister]. Université KASDI Merbah, Ouargla, Algérie.
- Benharzallah, N., Si Bachir, A., Taleb, F., & Barbraud, C. (2015). Factors affecting growth parameters of White Stork nestlings in eastern Algeria. *Journal of Ornithology*, 156(3), 601–612. <https://doi.org/10.1007/s10336-015-1162-0>

- Bennett, G., & Mulongoy, K. J. (2006). *Review of experience with ecological networks, corridors and buffer zones* (Technical Series No. 23; p. 100). Secretariat of the Convention on Biological Diversity. <https://www.ramsar.org>
- Bensaci, E. (2013). Biodiversité de l'avifaune aquatique des zones humides Sahariennes : Cas de la dépression d'Oued Righ (Algérie). *Géographie Physique et Environnement*, 7, 31–42.
- Bensizerara, D., Chenchouni, H., Bachir, A. S., & Houhamdi, M. (2013). Ecological status interactions for assessing bird diversity in relation to a heterogeneous landscape structure. *Avian Biology Research*, 6(1), 67–77.
<https://doi.org/10.3184/175815513X13577344603957>
- Bezzalla, A., Silabdi, B., Mansour, N., Hellas, N., Announe, M., Marref, C., Abdennebi, A., & Chenchouni, H. (2025). Species diversity within ecosystem diversity of wetlands within drylands: Waterbird ecological attributes in an ecological complex of wetland habitats. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 313, 109–103.
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2024.109103>
- Biad, R., Bounab, C., Guergueb, E., Biad, F., & Houhamdi, M. (2022). Importance and Winter Ornithological Value of Lake El-Golea (Ghardaïa, Algerian Sahara). *Journal of Bioresource Management*, 9(3), 49–62.
- Bibby, C., Burgess, N., Hill, D., & Mustoe, S. (2000). *Bird census techniques. 2nd edition* (Academic Press).
https://books.google.dz/books?id=Ld5wkzPp49cC&lpg=PR5&ots=8ft6_ImLQz&dq=Bird%20census%20techniques.%202nd%20edition.%20bibby%20et%20al%202000&lr&hl=fr&pg=PR13#v=onepage&q&f=false
- BirdLife International. (2016). *Ciconia ciconia: The IUCN red list of threatened species 2016*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: E.T22697691A86248677.
<https://Dx.Doi.Org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T22697691A86248677.En>. Accessed on 13 June 2025. <https://www.iucnredlist.org/en>
- BirdLife International. (2019a). *Charadrius alexandrinus (amended version of 2016 assessment)*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019.
<https://www.iucnredlist.org/en>

- BirdLife International. (2019b). *Emberiza schoeniclus (amended version of 2018 assessment)*. *The IUCN red list of threatened species 2019*. IUCN Red List of Threatened Species. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T22721012A155430396>
- BirdLife International. (2024). *Migratory bird of the month: White Stork*. BirdLife International. <https://www.birdlife.org/news/2024/03/13/migratory-bird-of-the-month-white-stork/>
- Blondel, J. (1975). L'analyse des peuplements d'oiseaux, éléments d'un diagnostic écologique I. la méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (E.F.P.). *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 4, 533–589.
- Blondel, J., Ferry, C., & Frochot, B. (1981). Point counts with unlimited distance. *Studies in Avian Biology*, 6, 414–420.
- Blondel, J., & Mourer-Chauviré, C. (1998). Evolution and history of the western Palaearctic avifauna. *Trends in Ecology & Evolution*, 13(12), 488–492. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(98\)01461-X](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(98)01461-X)
- Both, C., Van Turnhout, C. A. M., Bijlsma, R. G., Siepel, H., Van Strien, A. J., & Foppen, R. P. B. (2010). Avian population consequences of climate change are most severe for long-distance migrants in seasonal habitats. *Proceedings of The Royal Society. Biological Sciences*, 277(1685), 1259–1266. <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.1525>
- Both, C., & Visser, M. E. (2001). Adjustment to climate change is constrained by arrival date in a long-distance migrant bird. *Nature*, 411(6835), 296–298. <https://doi.org/10.1038/35077063>
- Bouakkaz, A., Belhassini, K., Bensouilah, T., Bensouilah, M. A., & Houhamdi, M. (2017). Breeding behaviour of the Kentish Plover (*Charadrius alexandrinus*) in a salt marsh from the Eastern High Plateaux, northeast Algeria. *Journal of King Saud University - Science*, 29(3), 291–301. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2016.05.006>
- Bouaoune, D., & Dahmani-Megrerouche, M. (2010). Reconstitution de données climatiques pour l'Algérie du Nord : Application des réseaux neuronaux. *Comptes Rendus Geoscience*, 342(11), 815–822. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2010.09.005>
- Boukhemza, M., Boukhemza-Zemmouri, N., Voisin, J.-F., & Baziz, B. (2006). Écologie trophique de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) et du Héron garde-boeufs (*Bubulcus*

- ibis*) en Kabylie (Algérie). *Ecologia Mediterranea*, 32(1), 15–28. <https://doi.org/10.3406/ecmed.2006.1415>
- Bouزيد, A. (2017). *Contribution à l'étude de l'écologie de la reproduction des oiseaux d'eau dans le Sahara* [Thèse de Doctorat]. École nationale supérieure agronomique.
- Bouزيد, A., Adamou, N., & Chedad, A. (2023a). Première observation de l'érismaire à tête blanche *Oxyura leucocéphala* dans le Sahara Algérien. *Alauda*, 91(3), 210–213.
- Bouزيد, A., Chedad, A., Samraoui, F., & Samraoui, B. (2023b). Range expansion of nesting Squacco Heron *Ardeola ralloides* and Black-crowned Night Heron *Nycticorax nycticorax* in the Sahara. *Wetlands Ecology and Management*, 31(4), 467–478. <https://doi.org/10.1007/s11273-023-09928-1>
- Bouزيد, A., Samraoui, F., & Samraoui, B. (2023c). A survey of the distribution of the Water Rail *Rallus aquaticus* in Algeria and its first recorded breeding in the Algerian Sahara. *African Journal of Ecology*, 61(2), 485–489. <https://doi.org/10.1111/aje.13119>
- Boyer, T., & Polasky, S. (2004). Valuing urban wetlands: A review of non-market valuation studies. *Wetlands*, 24(4), 744–755. [https://doi.org/10.1672/02775212\(2004\)024%255B0744:VUWARO%255D2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/02775212(2004)024%255B0744:VUWARO%255D2.0.CO;2)
- Brooks, T. M., Pimm, S. L., Akçakaya, H. R., Buchanan, G. M., Butchart, S. H. M., Foden, W., Hilton-Taylor, C., Hoffmann, M., Jenkins, C. N., Joppa, L., Li, B. V., Menon, V., Ocampo-Peñuela, N., & Rondinini, C. (2019). Measuring terrestrial area of habitat (AOH) and its utility for the IUCN red list. *Trends in Ecology & Evolution*, 34(11), 977–986. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2019.06.009>
- Buenaño-Mariño, C. del P., Sabán, J., Barba, E., & García-Esparza, J. A. (2025). Urban form shapes bird niches: Insights from the European green capital 2024. *Biodiversity and Conservation*, 34(5), 1857–1879. <https://doi.org/10.1007/s10531-025-03050-9>
- Castro, M., De la Cruz, A., Martin-Sanjuan, N., & Pérez-Hurtado, A. (2024). Kentish Plover (*Charadrius alexandrinus*) and Little Tern (*Sternula albifrons*) prefer shells for nesting: A field experiment. *Avian Research*, 15, 100158. <https://doi.org/10.1016/j.avrs.2024.100158>
- Cerda-Peña, C., & Rau, J. R. (2023). The importance of wetland habitat area for waterbird species-richness. *Ibis*, 165(3), 739–752. <https://doi.org/10.1111/ibi.13205>

- Chedad, A. (2021a). *Bio-écologie des espèces aviennes dans quelques écosystèmes sahariens (Ghardaïa) : Cas du Bruant du Sahara* [Thèse Doctorat, Université Kasdi Merbah, Ouargla]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32728.21768>
- Chedad, A., Adamou, N., Bouzid, A., Bendjoudi, D., & Guezoul, O. (2022c). The Common Starling *Sturnus vulgaris* L., 1758 regular wintering species in the Algerian Sahara. *Natural Resources and Sustainable Development*, 12(1), 189–197. <https://doi.org/10.31924/nrsd.v12i1.099>
- Chedad, A., Bendjoudi, D., Beladis, I., Guezoul, O., & Chenchouni, H. (2021b). A comprehensive monograph on the ecology and distribution of the House Bunting (*Emberiza sahari*) in Algeria. *Frontiers of Biogeography*, 13(1), 1–19. <https://doi.org/10.21425/F5FBG47727>
- Chedad, A., Bendjoudi, D., & Guezoul, O. (2020). Biodiversité de l'avifaune aquatique d'une zone humide artificielle Kef Dokhane (ghardaia, Sahara Algérien). *Bull. Soc. Zool. Fr*, 145(4), 383–400.
- Chedad, A., Bouzid, A., BenAbderrahman, A., Dahmani, W., AitHammou, M., AmineBouzidi, M., Mezzi, M., Bendjedidi, A., & HadjMhammed, T. (2023c). First record of Grey Plover *pluvialis squatarola* in the Sahara and an update on its distribution in Algeria. *Community and Ecology*, 1(1), 2–6. <https://doi.org/10.59429/ce.v1i1.104>
- Chedad, A., Bouzid, A., Bendjoudi, D., & Guezoul, O. (2023a). Avifauna of M'Zab region (Ghardaïa, Algerian Sahara): Checklist and overview of the current status. *Zoology and Ecology*, 33(1), 22–35. <https://doi.org/10.35513/21658005.2023.1.4>
- Chedad, A., Bouzid, A., Bendjoudi, D., & Guezoul, O. (2021c). First record of Ring-necked Duck *Aythya collaris* (Denovan, 1809) in the Algerian Sahara. *Alauda*, 89(4), 295–296.
- Chedad, A., Bouzid, A., Bendjoudi, D., & Guezoul, O. (2022b). New observations of four waterbird species in Algerian Sahara. *African Journal of Ecology*, 60(3), 516–522. <https://doi.org/10.1111/aje.12934>
- Chedad, A., Bouzid, A., & Samraoui, B. (2022a). First successful nesting of the Little Egret *Egretta garzetta* in Ghardaïa (Algerian Sahara). *Zoology and Ecology*, 32(1), 68–73. <https://doi.org/10.35513/21658005.2022.1.8>

- Chedad, A., Bouzid, A., Samraoui, F., & Samraoui, B. (2023b). Surviving amid the Saharan sands: First breeding record and nesting ecology of the Mallard in the Algerian Sahara. *Wetlands Ecology and Management*. <https://doi.org/10.1007/s11273-023-09970-z>
- Chedad, A., Horo, A., Bouzid, A., Bendjoudi, k, & Guezoul, O. (2023d). Palm grove, an important refuge for avian species in the Algerian Sahara. *Revue Des BioRessources*, 13(2), 148–164.
- Chehma, A. (2006). *Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional Algérien* (Laboratoire de protections des écosystèmes en zones arides et semi-arides, Université Kasdi Merbah-Ouargla). Dar El Houda.
- Chenchouni, H. (2017). Variation in White Stork (*Ciconia ciconia*) diet along a climatic gradient and across rural-to-urban landscapes in North Africa. *International Journal of Biometeorology*, 61(3), 549–564. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1232-x>
- Chenchouni, H., Bachir, A. S., & AlRashidi, M. (2015). Trophic niche and feeding strategy of the White Stork (*Ciconia ciconia*) during different phases of the breeding season. *Avian Biology Research*, 8(1), 1–13. <https://doi.org/10.3184/175815515X14232310459990>
- Chenchouni, H., Bouzekri, A., Bezzalla, A., & Neffar, S. (2025). Sahara and other African deserts. In Demolin-Leite, G. L. (Ed.); *Terrestrial Biomes: Global biome conservation and global warming impacts on ecology and biodiversity* (Universidade Federal de Minas Gerais, Vol. 2, pp. 115–134). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-36569-0.00007-0>
- Cheriak, L., Barbraud, C., Doumandji, S., & Bouguessa, S. (2014). Diet variability in the White Stork *Ciconia ciconia* in eastern Algeria. *Ostrich*, 85(2), 201–204. <https://doi.org/10.2989/00306525.2014.971451>
- Chokri, M. A., & Selmi, S. (2011). Nesting ecology of Pied Avocet *Recurvirostra avosetta* in Sfax salina, Tunisia. *Ostrich*, 82(1), 11–16. <https://doi.org/10.2989/00306525.2011.556789>
- Christians, J. K. (2002). Avian egg size: Variation within species and inflexibility within individuals. *Biological Reviews*, 77(1), 1–26. <https://doi.org/10.1017/S1464793101005784>
- Colwell, M. A. (2010). *Shorebird ecology, conservation, and management* (University of California Press).

https://books.google.dz/books?id=s2xR5UMwG1oC&pg=PR5&hl=fr&source=gb_s_selected_pages&cad=1#v=onepage&q&f=false

- Colwell, M. A., & Haig, S. M. (2019). An overview of the world's Plovers. In *The Population Ecology and Conservation of Charadrius Plovers (1st ed)* (p. 342). CRC Press. <https://doi-org.sndl1.arn.dz/10.1201/9781315152882>
- Cooperrider, A. Y., Kim, K. C., & Weaver, R. D. (1996). Biodiversity and landscapes: A paradox of humanity. *The Journal of Wildlife Management*, 60(3), 689. <https://doi.org/10.2307/3802090>
- Coumou, D., & Rahmstorf, S. (2012). A decade of weather extremes. *Nature Climate Change*, 2(7), 491–496. <https://doi.org/10.1038/nclimate1452>
- Cresswell, W. (2011). Predation in bird populations. *Journal of Ornithology*, 152(1), 251–263. <https://doi.org/10.1007/s10336-010-0638-1>
- Crosby, A. L., Vanni, I., Jones, S. J., & O'Neil, H. (2024). Visually communicating artificial urban wetlands. *M/C Journal*, 27(6), Article 6. <https://doi.org/10.5204/mcj.3113>
- Cuccurullo, G., & Zwirner, E. (2023). Notes on a new breeding site for the endangered Kentish Plover (*Charadrius alexandrinus*) in a touristic beach of Friuli-Venezia Giulia, Italy. *Rivista Italiana Di Ornitologia*, 93(1), Article 1. <https://doi.org/10.4081/rio.2023.663>
- Dajoz, R. (1971). *Précis d'écologie* (Dunod). <https://www.dunod.com/sciences/techniques/precis-d-ecologie-0>
- Dallimer, M., Skinner, A. M. J., Davies, Z. G., Armsworth, P. R., & Gaston, K. J. (2012). Multiple habitat associations: The role of offsite habitat in determining onsite avian density and species richness. *Ecography*, 35(2), 134–145. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2011.07040.x>
- Das, A., & Basu, T. (2020). Assessment of peri-urban wetland ecological degradation through importance-performance analysis (IPA): A study on Chatra Wetland, India. *Ecological Indicators*, 114, 106–274. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106274>
- De la Cruz, A., & Numa, C. (2024). Habitat availability decline for waterbirds in a sensitive wetland: Climate change impact on the Ebro Delta. *Ecological Modelling*, 498, 110896. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2024.110896>

- Deeming, D. C. (2018). Effect of composition on shape of bird eggs. *Journal of Avian Biology*, 49(1), 1-7. <https://doi.org/10.1111/jav.01528>
- Degachi, A. (1992). *Faunistique et contribution à l'étude bioécologique des peuplements d'oiseaux dans les palmeraies* [Mémoire Ingénieur Agronomie]. Ecole Nationale Supérieure Agronomique ENSA (Ex : INA).
- Diaf, I., Lifa, A., & Mostfaoui, A. (2024). Oued Souf (Algerian Sahara): Balancing rising groundwater and agricultural sustainability. *Bulletin of Geography. Physical Geography Series*, 27, 45-56. <https://doi.org/10.12775/bgeo-2024-0009>
- Ding, P., Song, Z., Liu, Y., Halimubieke, N., Székely, T., & Shi, L. (2023b). Nesting habitat suitability of the Kentish Plover in the arid lands of Xinjiang, China. *Animals*, 13(21), 3369. <https://doi.org/10.3390/ani13213369>
- Ding, P., Song, Z., Liu, Y., Székely, T., Shi, L., & Turchan, M. A. (2023a). Variations in the reproductive strategies of different *Charadrius alexandrinus* populations in Xinjiang, China. *Animals*, 13(14), 2260. <https://doi.org/10.3390/ani13142260>
- Djemadi, I., Draïdi, K., & Bouslama, Z. (2018). First record of Rustic Bunting for Algeria. *Bull ABC*, 25(2), 211–212.
- Djoughri, N., Bouammar, B., & Dadamoussa Mohamed, L. (2023). Study of the sustainability of potato farms in the region of Oued Souf (Southern Algeria). *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 11(2), 197-201. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v11i2.197-201.4861>
- Draïdi, K., Djemadi, I., Bakhouch, B., Narsis, S., Bouslama, Z., Moussouni, A., & Tiar, G. (2023). A multi-year survey on aquatic avifauna consolidates the eligibility of a small significant peri-urban wetland in northeast Algeria (Boussedra marsh) to be included on the Important Bird Areas network. *Wetlands Ecology and Management*, 31(5), 629–648. <https://doi.org/10.1007/s11273-023-09938-z>
- Dreux, P. (1980). *Précis d'écologie* (Ed. Presses Universitaires de France).
- El Bouhissi, M., Babali, B., Sadine, S., & Chedad, A. (2021). New locality of House Bunting *Emberiza sahari* from North-West Algeria. *Alauda*, 89(4), 301–302.
- El Malki, S., Joulami, L., El Mdari, M., & El Hamoumi, R. (2018). Nest site characteristics and breeding biology of Kentish Plover in the saltpans of Sidi Moussa, Morocco. *Wader Study*, 125(2), 107–120.

- Emberger, L. (1955). *Une classification biogéographique des climats* (Trav. Lab. Bot. Zool. Fac. Sci. Serv. Bot, Vol. 7).
- Engel, N., Sandercock, B. K., Kosztolányi, A., Adrião, A., Tavares, A., Rice, R., & Székely, T. (2024). Climatic variation influences annual survival of an island-breeding tropical shorebird. *Journal of Avian Biology*, 2024(5–6), e03191. <https://doi.org/10.1111/jav.03191>
- Engel, N., Végvári, Z., Rice, R., Kubelka, V., & Székely, T. (2020). Incubating parents serve as visual cues to predators in Kentish Plover (*Charadrius alexandrinus*). *PLoS ONE*, 15(7), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236489>
- Fan, J., Wang, X., Wu, W., Chen, W., Ma, Q., & Ma, Z. (2021). Function of restored wetlands for waterbird conservation in the Yellow Sea coast. *Science of The Total Environment*, 756, 144061. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144061>
- Farhi, Y. (2014). *Structure et dynamique de l'avifaune des milieux steppiques présahariens et phoéniciques des Ziban* [Thèse doctorat science agronomique]. Université Mohamed Khider, Biskra, Algérie.
- Farhi, Y., & Belhamra, M. (2012). Typologie et structure de l'avifaune des Zibans (Biskra, Algérie). *Courrier du Savoir*, 13, 127–136.
- Faurie, C., Ferra, C., & Medori, P. (1980). *ÉCOLOGIE*. (Ed. Baillière J-B). <https://www.livre-rare-book.com/book/5472496/RO20151999>
- Fellous, A., Wachter, T., De Smet, K., & Comizzoli, P. (2009). *Inventaire de la faune sauvage des zones désertiques d'Algérie. Grand Erg Oriental. Sahara Conservation Fund. Technical report* (p. 43).
- Finlayson, C. M., & Davidson, N. C. (1999). *Global Review of Wetland Resources and Priorities for Wetland Inventory* (7th Meeting of the Conference of the Contracting Parties to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971), p. 14) [Summary report]. <https://www.ramsar.org/document/cop7-doc-193-paper-3-global-review-wetland-resources-priorities-wetland-inventory>
- Fojt, E., Triplet, P., Robert, J.-C., & Stillman, R. A. (2000). Comparison of the breeding habitats of Little Ringed Plover *Charadrius dubius* and Kentish Plover *Charadrius alexandrinus* on a shingle bed. *Bird Study*, 47(1), 8–12. <https://doi.org/10.1080/00063650009461155>

- Fontana, C. S., Burger, M. I., & Magnusson, W. E. (2011). Bird diversity in a subtropical South-American City: Effects of noise levels, arborisation and human population density. *Urban Ecosystems*, 14(3), 341–360. <https://doi.org/10.1007/s11252-011-0156-9>
- Frago, R. M., & Amat, J. A. (1996). Breeding biology of a Kentish plover (*Charadrius alexandrinus*) population in an inland saline lake. *Ardeola*, 43(1), 69–85. Scopus.
- Fu, M., Wang, J., Hou, C., Li, J., Bai, J., & Zhang, Y. (2025). Waterbird diversity and its influencing factors in various types of coastal wetlands in the Bohai Rim region. *Global Ecology and Conservation*, 57, e03421. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2025.e03421>
- Gamito, S. (2010). Caution is needed when applying Margalef diversity index. *Ecological Indicators*, 10(2), 550–551. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.07.006>
- GBIF.org. (2025). *Occurrence Download* [Dataset]. The Global Biodiversity Information Facility. <https://doi.org/10.15468/DL.9AFSMH>
- Gilg, O., Sittler, B., Sabard, B., Hurstel, A., Sané, R., Delattre, P., & Hanski, I. (2006). Functional and numerical responses of four lemming predators in high arctic Greenland. *Oikos*, 113(2), 193–216. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14125.x>
- Gill, F., Donsker, D., & Rasmussen, P. (2025). *IOC World Bird List (v15.1)*. IOC World Bird List (V15.1). <https://www.worldbirdnames.org/new/>
- Gómez, J., Ramo, C., Troschianko, J., Stevens, M., Castro, M., Pérez-Hurtado, A., Liñán-Cembrano, G., & Amat, J. A. (2018). Individual egg camouflage is influenced by microhabitat selection and use of nest materials in ground-nesting birds. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 72(9), 142. <https://doi.org/10.1007/s00265-018-2558-7>
- Gómez-Serrano, M. A., & López-López, P. (2014). Nest site selection by Kentish Plover suggests a trade-off between nest-crypsis and predator detection strategies. *PLoS ONE*, 9(9), e107121. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107121>
- Gosler, A. G., Higham, J. P., & James Reynolds, S. (2005). Why are birds' eggs speckled? *Ecology Letters*, 8(10), 1105–1113. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00816.x>
- Green, A. J., & Elmberg, J. (2014). Ecosystem services provided by waterbirds. *Biological Reviews*, 89(1), 105–122. <https://doi.org/10.1111/brv.12045>

- Greening, S. S., Pascarosa, L. R., Munster, A. L., Gagne, R. B., & Ellis, J. C. (2025). Climate change as a wildlife health threat: A scoping review. *BMC Veterinary Research*, 21(1), 60. <https://doi.org/10.1186/s12917-025-04516-2>
- Gregory, R. D., & Strien, A. V. (2010). Wild bird indicators: Using composite population trends of birds as measures of environmental health. *Ornithological Science*, 9(1), 3–22. <https://doi.org/10.2326/osj.9.3>
- Gueddoul, M., Mouane, A., Selmane, M., & Chedad, A. (2024). The first record of common Reed Bunting (*Emberiza schoeniclus*) in the northeastern Algerian Sahara. *Biharean Biologist*, 18(2), 155–159.
- Gueddoul, M., Mouane, A., Selmane, M., Chedad, A., & Bouzid, A. (2025a). The ornithological value of the urban wetland chott El Oued (north-eastern Algerian Sahara). *Zoology and Ecology*, 35(2), 90-100. <https://doi.org/10.35513/21658005.2025.2.1>
- Gueddoul, M., Mouane, A., Selmane, M., Chedad, A., & Bouzid, A. (2025b). Breeding range expansion of White Storks (*Ciconia ciconia*) in the Algerian Sahara: Adaptation to hot hyper-arid environments. *Ornis Hungarica*, 33(2), 346–356. <https://doi.org/10.2478/orhu-2025-0038>
- Guerbouz, R. A., Guergueb, E.-Y., Haddad, S., Bounab, C., Zouatine, O., Biad, R., & Nouidjem, Y. (2024). Diversity of avian species across urban landscape in Ghardaïa City (Algerian Sahara). *Revista Agrária Acadêmica*, 7(3), 82–92. <https://doi.org/10.32406/v7n3/2024/82-92/agrariacad>
- Guezoul, O., Ababsa, L., Souttou, K., & Sekour, M. (2017). Répartition des oiseaux dans quelques oasis de la partie septentrionale du Sahara. *Courrier du Savoir*, 23, 129-136. <https://www.univ-biskra.dz/revues/index.php/cds/article/view/2199>
- Guezoul, O., Chenchouni, H., Sekour, M., Ababsa, L., Souttou, K., & Doumandji, S. (2013). An avifaunal survey of mesic manmade ecosystems “Oases” in Algerian hot-hyper arid lands. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 20(1), 37–43. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2012.10.001>
- Haddad, A., Guerinik, H., Khezzani, B., & Tarai, N. (2024). Phytosociology and distributions of spontaneous plant species in the northern zone of the Souf region (Algeria). *Applied Ecology and Environmental Research*, 22(6), 6187–6205.

https://doi.org/10.15666/aeer/2206_61876205

- Hamza, F. (2020). Impacts of human activities on diversity of wintering waterbirds: Assessment in Mediterranean coastal area. *Ocean & Coastal Management*, 198, 105317. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105317>
- Hamza, F., Hammouda, A., & Selmi, S. (2015). Species richness patterns of waterbirds wintering in the gulf of Gabès in relation to habitat and anthropogenic features. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 165, 254–260. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.05.025>
- Hamza, F., & Selmi, S. (2018). Diversity of waterbirds wintering in Douz wetlands (south Tunisia): Factors affecting wetland occupancy and species richness. *Ecological Research*, 33(5), 917–925. <https://doi.org/10.1007/s11284-018-1587-z>
- Hanafi, M. T., Amara, D. G., Bounar, R., Mayouf, R., Hachemi, A., & Ouamane, A. T. (2024). Diversity and distribution of spontaneous plant communities and species in the northeast Algerian Sahara. *Agrarian Academic Journal*, 7(3), 7–26. <https://doi.org/10.32406/v7n3/2024/7-26/agrariacad>
- Hanane, S. (2011). Breeding ecology of Kentish Plovers *Charadrius alexandrinus* in rocky and sandy habitats of north-west Morocco (North Africa). *Ostrich: Journal of African Ornithology*, 82(3), 217–223.
- Heim de Balzac, H. (1926). *Contributions à l'ornithologie du Sahara central et du Sud-algérien* (Mémoires de la Société d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord n° 1). <https://data.bnf.fr/fr/temp-work/607da13d732d808dbf4158840c6e9b7b/>
- Hellis, Y. (2005). الموسوعة النباتية لمنطقة سوف (Encyclopédie des plantes de la région Souf).
- Hmidani, M., Mansouri, I., Squalli, W., Ghadraoui, L. E., & Dakki, M. (2024). Bird Diversity Across Farmland, Wetland, and Forest Environments of the Moulouya High Plain, Morocco. *Acta Zoológica Lilloana*, 68(2), 647–668. <https://doi.org/10.30550/j.azl/2019>
- Hong, S.-B., & Higashi, S. (2008). Nesting site preference and hatching success of the Kentish Plover (*Charadrius alexandrinus*) in the Nakdong estuary, Busan, republic of Korea. *Journal of Ecology and Environment*, 31(3), 201–206. <https://doi.org/10.5141/JEFB.2008.31.3.201>

- Houlahan, J. E., Keddy, P. A., Makkay, K., & Findlay, C. S. (2006). The effects of adjacent land use on wetland species richness and community composition. *Wetlands*, 26(1), 79–96. [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2006\)26%255B79:TEOALU%255D2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2006)26%255B79:TEOALU%255D2.0.CO;2)
- Hoyt, D. F. (1979). Practical methods of estimating volume and fresh weight of bird eggs. *Auk*, 96, 73–77.
- Hurlbert, S. H. (1971). The nonconcept of species diversity: A critique and alternative parameters. *Ecology*, 52(4), 577–586. <https://doi.org/10.2307/1934145>
- Isenmann, P., & Molai, A. (2000). *Oiseaux d'Algérie* (Paris Société d'études Ornithologiques de France). Musé Nationale Histoire Nature.
- IUCN. (2025). *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2024-2*. IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org>
- Kearney, M. (2006). Habitat, environment and niche: What are we modelling? *Oikos*, 115(1), 186–191. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14908.x>
- Kebbi, M., Bougaham, A. F., & Moulai, R. (2018). Biologie de reproduction du Petit Gravelot *Charadrius dubius* et du Gravelot à Collier Interrompu *Charadrius alexandrinus* dans des colonies sympatriques. *Alauda*, 86(3), 19–30.
- Khezzani, B. (2021). Should We be concerned about climate change? *Annals of Arid Zone*, 60(3 & 4), 149–150.
- Khezzani, B., Khechekhouche, E. A., & Brahim, A. B. (2023). Community awareness of agricultural heritage systems (GHAS) sites: The case of the Ghout system in the Souf Oasis. *Journal of Rural and Community Development / Revue Du Développement Rural et Communautaire*, 18(1), 19–31. <https://journals.brandonu.ca/jrcd/article/view/2209>
- Khirani-Betrouche, F., & Moulai, R. (2021). Does salinity have an influence on the diversity and structure of the wintering waterbirds of the Saharan wetlands in Algeria? *Arxius de Miscel·lània Zoològica*, 19, 99–111. <https://doi.org/10.32800/amz.2021.19.0099>
- Khirani-Betrouche, F., & Moulai, R. (2022). Distribution of breeding waterbirds in relation to wetland characteristics in the Oued Righ valley in the Algerian Sahara. *Ekológia (Bratislava)*, 41(3), 247–253. <https://doi.org/10.2478/eko-2022-0025>
- Kim, K. C., & Weaver, R. D. (1994). Biodiversity and humanity: Paradox and challenge. In *Biodiversity and landscapes: A paradox of humanity*. Cambridge University Press.

- Kociolek, A. V., Clevenger, A. P., Clair, C. C. S., & Proppe, D. S. (2011). Effects of road networks on bird populations. *Conservation Biology*, 25(2), 241–249.
- Kosztolányi, A., Javed, S., Küpper, C., Cuthill, I. C., Al Shamsi, A., & Székely, T. (2009). Breeding ecology of Kentish Plover *Charadrius alexandrinus* in an extremely hot environment. *Bird Study*, 56(2), 244–252. <https://doi.org/10.1080/00063650902792106>
- Koufaki, T., Barboutis, C., & Theodorou, K. (2024). Differential impact of climate and land use change on habitat suitability of migrant passerines according to habitat preferences. *Anthropocene*, 47, 100447. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2024.100447>
- Kouidri, M. (2013). *Le Gravelot à collier interrompu (Charadrius alexandrinus) Structure de population, phénologie de reproduction et régime alimentaire dans le Chott Ain El Beida—Ouargla- Algérie* (Presses académiques francophones).
<https://www.fnac.com/a11108647/Mohammed-Kouidri-Le-Gravelot-a-collier-interrompu-Charadrius-alexandrinus>
- Kouidri, M., Adamou, A.-E., Bañbura, A., & Bañbura, J. (2025). Relationship between hatching success, nest location and egg traits in Kentish plovers *Anarhynchus alexandrinus* breeding in an oasis wetland in the Sahara Desert, Algeria. *The European Zoological Journal*, 92(1), 420–433. <https://doi.org/10.1080/24750263.2025.2468797>
- Kubelka, V. (2020). Review of inter and intraspecific predation by shorebirds. *Ornis Fennica*, 97(4), 177-185. <https://doi.org/10.51812/of.133975>
- Kubelka, V., Šálek, M., Tomkovich, P., Végvári, Z., Freckleton, R. P., & Székely, T. (2018). Global pattern of nest predation is disrupted by climate change in shorebirds. *Science*, 362(6415), 680–683.
<https://www.science.org/doi/10.1126/science.aat8695>
- Kubelka, V., Sládeček, M., & Šálek, M. (2019). Great variability in nest lining size: Support for thermoregulation but not for anti-predatory adaptation hypothesis. *Journal of Ornithology*, 160(4), 993–1002. <https://doi.org/10.1007/s10336-019-01670-x>
- Laabed, S., Baaloudj, A., Rizi, H., Saker, I. E., Houhamdi, I., Sedik, S., & Houhamdi, M. (2021). Phenological status of Anatidae in the lake of Ayata El-Oued (Algeria). *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(10), 43-47.
- Legendre, L., & Legendre, P. (1984). *Ecologie numérique, Tome2 : La structure des données écologiques*. (Masson).

- Lei, W., Masero, J. A., Dingle, C., Liu, Y., Chai, Z., Zhu, B., Peng, H., Zhang, Z., & Piersma, T. (2021). The value of coastal salt pans for migratory shorebirds: Conservation insights from a stable isotope approach based on feeding guild and body size. *Animal Conservation*, 24(6), 1071–1083. <https://doi.org/10.1111/acv.12717>
- Li, D., Bai, Y., Lei, W., Que, P., Liu, Y., Pagani-Núñez, E., Lloyd, H., & Zhang, Z. (2023). Mammalian predators and vegetated nesting habitat drive reduced protected area nesting success of Kentish Plovers, Yellow Sea region, China. *Ecology and Evolution*, 13(3), e9884. <https://doi.org/10.1002/ece3.9884>
- Liang, J., Peng, Y., Zhu, Z., Li, X., Xing, W., Li, X., Yan, M., & Yuan, Y. (2021). Impacts of changing climate on the distribution of migratory birds in China: Habitat change and population centroid shift. *Ecological Indicators*, 127, 107729. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107729>
- Liñán-Cembrano, G., Castro, M., Ramo, C., Rendón, M. A., Amat, J. A., & Pérez-Hurtado, A. (2025). Effects of anthropogenic introduction of substrates on egg camouflage and nesting success in ground-nesting birds. *Animal Conservation*, 28, 792-802. <https://doi.org/10.1111/acv.70008>
- Lorenzón, R. E., Beltzer, A. H., Olguin, P. F., & Ronchi-Virgolini, A. L. (2016). Habitat heterogeneity drives bird species richness, nestedness and habitat selection by individual species in fluvial wetlands of the Paraná River, Argentina. *Austral Ecology*, 41(7), 829–841. <https://doi.org/10.1111/aec.12375>
- Luo, H., Li, Q., Yu, Y., Kang, J., Lei, W., & Zhang, D. (2024). Spatiotemporal distribution and habitat characteristics of shorebirds in the coastal wetlands of Dalian, Liaoning, China. *Sustainability*, 16(18), 8133. <https://doi.org/10.3390/su16188133>
- Ma, Y., Choi, C.-Y., Thomas, A., & Gibson, L. (2022). Review of contaminant levels and effects in shorebirds: Knowledge gaps and conservation priorities. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 242, 113868. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113868>
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. John Wiley & Sons. https://books.google.dz/books?hl=fr&lr=&id=CxRSEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&ots=sOZ2PQUqKR&sig=80i1dGTb6TxuJZQ3RYFSxDRFiwk&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

- Mainwaring, M. C. (2015). The use of man-made structures as nesting sites by birds: A review of the costs and benefits. *Journal for Nature Conservation*, 25, 17–22. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2015.02.007>
- Mammeria, A. B., Triplet, P., & Bitam, I. (2019). The white stork *Ciconia ciconia* in the northeast of Algeria, and its relation with climatic change between 1996 and 2014. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 216, 165–170. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.01.001>
- Margalef, R. (1958). Information theory in ecology. *International Journal of General Systems*, 3, 36–71.
- Martínez-Núñez, C., Martínez-Prentice, R., & García-Navas, V. (2023). Land-use diversity predicts regional bird taxonomic and functional richness worldwide. *Nature Communications*, 14(1), 1320. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37027-5>
- Martonne, E. de. (1926). L'indice d'aridité. *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 3(9), 3–5. <https://doi.org/10.3406/bagf.1926.6321>
- Mayani-Parás, F., Kilner, R. M., Stoddard, M. C., Rodríguez, C., & Drummond, H. (2015). Behaviorally induced camouflage: A new mechanism of avian egg protection. *The American Naturalist*, 186(4), E91–E97. <https://doi.org/10.1086/682579>
- McDermott, M. E., & DeGroot, L. W. (2017). Linking phenological events in migratory passerines with a changing climate: 50 years in the Laurel Highlands of Pennsylvania. *PLOS ONE*, 12(4), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174247>
- McDonald, G. C., Bede-Fazekas, Á., Ivanov, A., Crecco, L., Székely, T., & Kosztolányi, A. (2022). Landscape and climatic predictors of Kentish Plover (*Charadrius alexandrinus*) distributions throughout Kazakhstan. *Ibis*, 164(4), 949–967. <https://doi.org/10.1111/ibi.13070>
- Meddour, R. (2010). *Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie : Exemple des groupements forestiers et préforestiers de Kabylie djurdjurenne* [Thèse Doctorat, Université Mouloud Mammeri]. <https://dspace.ummto.dz/handle/ummto/1849>
- Meddour, R., Sahar, O., & Médail, F. (2021). Checklist of the native tree flora of Algeria: Diversity, distribution, and conservation. *Plant Ecology and Evolution*, 154(3), 405–418. <https://doi.org/10.5091/plecevo.2021.1868>

- Medjber Teguig, T. (2014). Etude de la composition floristique de la région du Souf (Sahara septentrional Algérien). *Algerian Journal of Arid Environment*, 4(1), 53–59.
- Meunier, F. D., Verheyden, C., & Jouventin, P. (1999). Bird communities of highway verges: Influence of adjacent habitat and roadside management. *Acta Oecologica*, 20(1), 1–13. [https://doi.org/10.1016/S1146-609X\(99\)80010-1](https://doi.org/10.1016/S1146-609X(99)80010-1)
- Moali-Grine, N. (2007). Dynamique de la population de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) en Algérie depuis 1995. *Ostrich*, 78(2), 291–293. <https://doi.org/10.2989/OSTRICH.2007.78.2.27.107>
- Moali-Grine, N., Moali, L., & Moali, A. (2013). Distribution et écologie de la reproduction de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) en Algérie. *Revue d'Écologie*, 68(1), 59–69.
- Møller, A. P., Rubolini, D., & Lehikoinen, E. (2008). Populations of migratory bird species that did not show a phenological response to climate change are declining. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(42), 16195–16200. <https://doi.org/10.1073/pnas.0803825105>
- Montgomerie, R., Hemmings, N., Thompson, J. E., & Birkhead, T. R. (2021). The shapes of birds' eggs: Evolutionary constraints and adaptations. *The American Naturalist*, 198(6), E215–E231. <https://doi.org/10.1086/716928>
- Mouane, A. (2021). Diversity and distribution patterns of reptiles in the northern Algerian Sahara (Oued Souf, Taibet and Touggourt). *Algerian Journal of Biosciences*, 2(2), 078–087. <https://doi.org/10.57056/ajb.v2i2.44>
- Mouane, A., Harrouchi, A., Ghennoum, I., Sekour, M., & Chenchouni, H. (2024). Amphibian and reptile diversity in natural landscapes and human-modified habitats of the Sahara Desert of Algeria: A better understanding of biodiversity to improve conservation. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 12(1), 00106. <https://doi.org/10.1525/elementa.2022.00106>
- Moulaï, R. (2019). Expansion du Bruant du Sahara *Emberiza sahari* dans le nord de l'Algérie. *Alauda*, 87(3), 170–171.
- Muller, Y. (1985). *L'Avifaune forestière nicheuse des Vosges du Nord : Sa place dans le contexte médio-européen* [Thèse Doctorat]. Dijon, France.

- Norte, A. C., & Ramos, J. A. (2004). Nest-site selection and breeding biology of Kentish Plover *Charadrius alexandrinus* in sandy beaches of the Portuguese west coast. *Ardeola*, 51(2), 255–268.
- Ochando. (1988). Méthode d'inventaire et de dénombrement d'oiseaux en milieux forestiers. Application à l'Algérie. *Annales de l'Institut National Agronomique El Harrach*, 12(Spécial), 47–59.
- Ouendeno, M. L. (2019). L'agriculture irriguée au Souf El Oued : Acteur et facteur de développement. *Journal Algérien des Régions Arides*, 13(2), 114–128.
- Ozenda, P. (2004). *Flore du Sahara* (2e éd). CNRS.
- Panda, P. C. (1996). *Shape and texture*. In: *Text book on egg and poultry technology* (3rd Edition). Vikas Publishing House.
- Payevsky, V. A. (2014). Phylogeny and classification of passerine birds, Passeriformes. *Biology Bulletin Reviews*, 4(2), 143–156. <https://doi.org/10.1134/S2079086414020054>
- Pecl, G. T., Araújo, M. B., Bell, J. D., Blanchard, J., Bonebrake, T. C., Chen, I.-C., Clark, T. D., Colwell, R. K., Danielsen, F., Evengård, B., Falconi, L., Ferrier, S., Frusher, S., Garcia, R. A., Griffis, R. B., Hobday, A. J., Janion-Scheepers, C., Jarzyna, M. A., Jennings, S., ... Williams, S. E. (2017). Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. *Science*, 355(6332), eaai9214. <https://doi.org/10.1126/science.aai9214>
- Pedersen, C., & Krøgli, S. O. (2017). The effect of land type diversity and spatial heterogeneity on farmland birds in Norway. *Ecological Indicators*, 75, 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.12.030>
- Perennou, C., Gaget, E., Galewski, T., Geijzendorffer, I., & Guelmami, A. (2020). Evolution of wetlands in Mediterranean region. In M. Zribi, L. Brocca, Y. Trambly, & F. Molle (Eds.), *Water Resources in the Mediterranean Region* (pp. 297–320). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818086-0.00011-X>
- Pielou, E. C. (1966). Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology*, 10(2), 370–383. [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(66\)90133-0](https://doi.org/10.1016/0022-5193(66)90133-0)

- Pietrelli, L., & Biondi, M. (2012). Long term reproduction data of Kentish Plover *Charadrius alexandrinus* along a Mediterranean coast. *Wader Study Group Bulletin*, 119(2), 114–119.
- Powers, R. P., & Jetz, W. (2019). Global habitat loss and extinction risk of terrestrial vertebrates under future land-use-change scenarios. *Nature Climate Change*, 9(4), 323–329. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0406-z>
- Prakash, S., & Verma, A. (2022). Anthropogenic activities and biodiversity threats. *International Journal of Biological Innovations, IJBI*, 4(1), 94–103. <https://ssrn.com/abstract=4048276>
- Ptaszyk, J., Kosicki, J., Sparks, T. H., & Tryjanowski, P. (2003). Changes in the timing and pattern of arrival of the White Stork (*Ciconia ciconia*) in western Poland. *Journal Für Ornithologie*, 144(3), 323–329. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0361.2003.03011.x>
- Que, P., Chang, Y., Eberhart-Phillips, L., Liu, Y., Székely, T., & Zhang, Z. (2015). Low nest survival of a breeding shorebird in Bohai Bay, China. *Journal of Ornithology*, 156(1), 297–307. <https://doi.org/10.1007/s10336-014-1126-9>
- Quézel, P. (1978). Analysis of the Flora of Mediterranean and Saharan Africa. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 65(2), 479–534. <https://doi.org/10.2307/2398860>
- Quezel, P., & Santa, S. (1962). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome I* (Editions du Centre National de la Recherche Scientifique). Persée - Portail des revues scientifiques en SHS. https://www.persee.fr/doc/revec_0040-3865_1962_num_16_4_4313_t1_0459_0000_6
- Quezel, P., & Santa, S. (1963). *Nouvelle flore de l'Algérie et ses régions désertiques méridionales. Tome II* (Editions du Centre National de la Recherche Scientifique). Persée - Portail des revues scientifiques en SHS. https://www.persee.fr/doc/revec_0040-3865_1962_num_16_4_4313_t1_0459_0000_6
- Quin, A., Jaramillo, F., & Destouni, G. (2015). Dissecting the ecosystem service of large-scale pollutant retention: The role of wetlands and other landscape features. *AMBIO*, 44(1), 127–137. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0594-8>
- R Core Team. (2025). *A Language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Vienna*. <https://www.r-project.org/>

- Ram, D., & Tholia, N. (2025). A comprehensive review on: Impact of urbanization and various types of pollution on the avian community. *Ecology, Environment and Conservation Paper*, 31(Suppl Issue), 120–129. <https://doi.org/10.53550/EEC.2025.v31i06s.018>
- Ramade, F. (1978). *Elément d'écologie : Ecologie appliquée* (Mc Graw-Hill). Instituts de géographie des Facultés des lettres de Toulouse et de Bordeaux. https://www.persee.fr/doc/rgpso_0035-3221_1978_num_49_2_3554_t1_0316_0000_2
- Ramade, F. (1984). *Eléments d'écologie, Ecologie fondamentale : Vol. 3eme édition* (McGraw-Hill). Persée - Portail des revues scientifiques en SHS. https://www.persee.fr/doc/revec_0249-7395_1985_num_40_2_6588_t1_0281_0000_2
- Ramade, F. (2005). *Eléments d'écologie. Ecologie appliquée* (Ed. Dunod).
- Ramsar convention secretariat. (2004). *The Ramsar Convention Manual: A Guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971), 3rd edition*. Ramsar convention secretariat, Gland, Switzerland. <https://aquadocs.org/items/35aff33d-027c-442c-9664-cbbb06dce706>
- Rao, G. B., Babu, S., & Quadros, G. (2023). Environmental factors and prey availability determine wintering habitat use by shorebirds along the west coast of India. *Regional Studies in Marine Science*, 67, 103219. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.103219>
- Ravussin, P. A. (1983). Les oiseaux : Indicateurs de la qualité de notre environnement. *Bulletin de La Murithienne*, 100, 45–57.
- Robinson, A., Lehmann, J., Barriopedro, D., Rahmstorf, S., & Coumou, D. (2021). Increasing heat and rainfall extremes now far outside the historical climate. *Npj Climate and Atmospheric Science*, 4(1), 1–4. <https://doi.org/10.1038/s41612-021-00202-w>
- Rocha, A. D., Fonseca, D., & Masero, J. A. (2016). Coastal saltpans are a good alternative breeding habitat for Kentish plover *Charadrius alexandrinus* when umbrella species are present. *Journal of Avian Biology*, 47(6), 824–833. <https://doi.org/10.1111/jav.00883>
- Sakraoui, D., Ziane, N., Ghalem, R., Boukheroufa, M., & Habbachi, W. (2023). Is there an effect of electromagnetic waves from base stations on the breeding success of *Ciconia ciconia* in Algeria? *Biosystems Diversity*, 31(4), 493-499. <https://doi.org/10.15421/012358>
- Samraoui, B., & Samraoui, F. (2008). An ornithological survey of Algerian wetlands: Important Bird Areas, Ramsar sites and threatened species. *Wildfowl*, 58, 71-96.

- Samraoui, F., Alfarhan, A. H., Al-Rasheid, K. A. S., & Samraoui, B. (2011). An appraisal of the status and distribution of waterbirds of Algeria: Indicators of global changes? *Ardeola*, 58(1), 137–163. <https://doi.org/10.13157/arla.58.1.2011.137>
- Santos, C. D., Miranda, A. C., Granadeiro, J. P., Lourenço, P. M., Saraiva, S., & Palmeirim, J. M. (2010). Effects of artificial illumination on the nocturnal foraging of waders. *Acta Oecologica*, 36(2), 166–172. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2009.11.008>
- Saunders, G., White, P. C. L., Harris, S., & Rayner, J. M. V. (1993). Urban foxes (*Vulpes vulpes*): Food acquisition, time and energy budgeting of a generalized predator. In N. Dunstone & M. L. Gorman (Eds.), *Mammals as Predators: The Proceedings of a Symposium held by The Zoological Society of London and The Mammal Society: London, 22nd and 23rd November 1991* (pp. 215–234). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198540670.003.0011>
- Schlaepfer, M. A., Runge, M. C., & Sherman, P. W. (2002). Ecological and evolutionary traps. *Trends in Ecology & Evolution*, 17(10), 474–480. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)02580-6](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)02580-6)
- Selmane, M., Atouss, I. B., Tliba, S., Farej, A., & Marnich, F. (2016). Contribution to the study of insects in north east of Sahara of Algeria (El Oued region). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4(6), 203–206.
- Selmane, M., & Benslama, M. (2015). Contribution to the study of soil macrofauna under palm groves in the North-East of the Algerian Sahara (Oued Souf area). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 6(6), 203–213.
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication* (pp. 117). University of Illinois Press.
- Shew, J. J., Nielsen, C. K., & Sparling, D. W. (2019). Finer-scale habitat predicts nest survival in grassland birds more than management and landscape: A multi-scale perspective. *Journal of Applied Ecology*, 56(4), 929–945. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13317>
- Si Bachir, A., Chenchouni, H., Djeddou, N., Barbraud, C., Céréghino, R., & Santoul, F. (2013). Using self-organizing maps to investigate environmental factors regulating colony size and breeding success of the White Stork (*Ciconia ciconia*). *Journal of Ornithology*, 154(2), 481–489. <https://doi.org/10.1007/s10336-012-0915-2>

- Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163(4148), 688–688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>
- Somerfield, P. J., Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (2008). Simpson index. In S. E. Jørgensen & B. D. Fath (Eds.), *Encyclopedia of Ecology* (pp. 3252–3255). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00133-6>
- Song, Z., Lin, X., Que, P., Halimubieke, N., Huang, Q., Zhang, Z., Székely, T., & Liu, Y. (2020). The allocation between egg size and clutch size depends on local nest survival rate in a mean of bet-hedging in a shorebird. *Avian Research*, 11(1), 40. <https://doi.org/10.1186/s40657-020-00225-6>
- Soualah, A. H., Difi, N., Benhachiche, A., & Ponsero, A. (2021). Seasonal fluctuation of birds in open landfill, Souk Ahras (Algeria). *Genetics & Biodiversity Journal*, 5(1), 12-19. <https://doi.org/10.46325/gabj.v5i1.159>
- Stevens, M., Troschianko, J., Wilson-Aggarwal, J. K., & Spottiswoode, C. N. (2017). Improvement of individual camouflage through background choice in ground-nesting birds. *Nature Ecology & Evolution*, 1(9), 1325–1333. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0256-x>
- Stewart P., (1969). Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. Bull. Doc., I.N.A., El-Harrach, Alger, 24p.
- Stien, J., & Ims, R. A. (2016). Absence from the nest due to human disturbance induces higher nest predation risk than natural recesses in Common Eiders *Somateria mollissima*. *Ibis*, 158(2), 249–260. <https://doi.org/10.1111/ibi.12338>
- Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M. M. B., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., & Midgley, P. M. (2014). Summary for Policymakers. In T. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, & P. Midgley (Eds.), *Climate Change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change* (pp. 3–29). Cambridge University Press. <https://boris.unibe.ch/71453/>
- Stoddard, M. C., Kupán, K., Eyster, H. N., Rojas-Abreu, W., Cruz-López, M., Serrano-Meneses, M. A., & Küpper, C. (2016). Camouflage and clutch survival in Plovers and Terns. *Scientific Reports*, 6(1), 32059. <https://doi.org/10.1038/srep32059>

- Stroud, D. A., Baker, A., Blanco, D. E., Davidson, N. C., Delany, S., Ganter, B., Gill, R., González, P., Haanstra, L., Morrison, R. I. G., Piersma, T., Scott, D. A., Thorup, O., West, R., Wilson, J., & Zöckler, C. (2006). The conservation and population status of the world's waders at the turn of the millennium. In G. C. Boere, C. A. Galbraith, & D. A. Stroud (Eds.), *Waterbirds around the world* (pp. 643–648). The Stationary Office.
- Svensson, L. (2010). *The ornitho guide, the most complete bird guide of Europe, North Africa and the Middle East (French)* (Delachaux et Niestlé).
- Székel, T. (2019). Why study plovers? The significance of non-model organisms in avian ecology, behaviour and evolution. *Journal of Ornithology*, 160(3), 923–933. <https://doi.org/10.1007/s10336-019-01669-4>
- Szekely, T., Kosztolanyi, A., & Kupper, C. (2008). *Practical guide for investigating breeding ecology of Kentish Plover Charadrius alexandrinus. Version3*. University of Bath, UK.
- Tejera, G., Amat, J. A., Rodríguez, B., & Arizaga, J. (2022). Apparent survival, reproduction, and population growth estimation of a Kentish Plover population in the Canary Islands. *European Journal of Wildlife Research*, 68(4), 52. <https://doi.org/10.1007/s10344-022-01601-x>
- Thomsen, K. M., & Breast, V. (2024). *Vorläufige Ergebnisse des 8. Internationalen Weißstorchzensus 2024 [International white stork crusade 2024]*. NABU (BirdLife Germany). <https://bergenhusen.nabu.de/weissstorch/36307.html>
- Thongsoulin, P., Phanthuamath, V., Islam, M. S., Thongmanivong, S., & Kang, Y. (2019). The relationship between bird diversity and habitats in Phou Khao Khouay (PKK) national park of Lao PDR. *Open Journal of Forestry*, 9(2), 143–158. <https://doi.org/10.4236/ojf.2019.92006>
- Triplet, P., Cazan, J., Bernard, C., & Fuentes, E. (2024). La prédation sur les oiseaux d'eau nicheurs, constats et réflexion sur la gestion. *Plume de Naturalistes*, 8, 169–226.
- Tscharntke, T. (1992). Fragmentation of phragmites habitats, minimum viable population size, habitat suitability, and local extinction of Moths, Midges, Flies, Aphids, and Birds. *Conservation Biology*, 6(4), 530–536. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1992.06040530.x>

- Tuanmu, M.-N., & Jetz, W. (2015). A global, remote sensing-based characterization of terrestrial habitat heterogeneity for biodiversity and ecosystem modelling. *Global Ecology and Biogeography*, 24(11), 1329–1339. <https://doi.org/10.1111/geb.12365>
- UICN. (2012). *Habitats classification Scheme, Version 3.1*.
<https://www.iucnredlist.org/resources/habitat-classification-scheme>
- Verhoeven, J. T. A., Arheimer, B., Yin, C., & Hefting, M. M. (2006). Regional and global concerns over wetlands and water quality. *Trends in Ecology & Evolution*, 21(2), 96–103. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.11.015>
- Villalobos Perna, P., Finizio, M., Carranza, M. L., Innangi, M., Bongiovanni, S. B., Andino, N., & Di Febbraro, M. (2024). Anthropogenic and climate change-driven coastline dynamics will erode future nesting habitats of the Kentish Plover on the central adriatic coast. *Scientific Reports*, 14(1), 23306. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-74726-5>
- Wang, C., Wang, G., Dai, L., Liu, H., Li, Y., Qiu, C., Zhou, Y., Chen, H., Dong, B., Zhao, Y., & Zhang, Y. (2021). Study on the effect of habitat function change on waterbird diversity and guilds in Yancheng coastal wetlands based on structure–function coupling. *Ecological Indicators*, 122, 107223. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107223>
- Wang, X., Chen, Y., Melville, D. S., Choi, C.-Y., Tan, K., Liu, J., Li, J., Zhang, S., Cao, L., & Ma, Z. (2022). Impacts of habitat loss on migratory shorebird populations and communities at stopover sites in the Yellow Sea. *Biological Conservation*, 269, 109547. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109547>
- Wetlands International. (2012). *Waterbird population estimates* (Summary Report No. Fifth Edition; p. 28). Wetlands International.
- Zedler, J. B. (2000). Progress in wetland restoration ecology. *Trends in Ecology & Evolution*, 15(10), 402–407. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)01959-5](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)01959-5)
- Zhang, L., & Ouyang, Z. (2019). Focusing on rapid urbanization areas can control the rapid loss of migratory water bird habitats in China. *Global Ecology and Conservation*, 20, e00801. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00801>
- Zhao, J.-M., Yang, C., Lou, Y.-Q., Shi, M., Fang, Y., & Sun, Y.-H. (2020). Nesting season, nest age, and disturbance, but not habitat characteristics, affect nest survival of Chinese grouse. *Current Zoology*, 66(1), 29–37. <https://doi.org/10.1093/cz/zoz024>

- Zhou, J., Wu, J., & Gong, Y. (2020a). Valuing wetland ecosystem services based on benefit transfer: A meta-analysis of China wetland studies. *Journal of Cleaner Production*, 276, 122988. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122988>
- Zhou, J., Wu, J., & Gong, Y. (2020b). Valuing wetland ecosystem services based on benefit transfer: A meta-analysis of China wetland studies. *Journal of Cleaner Production*, 276, 122988. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122988>
- Zhu, B.-R., Verhoeven, M. A., Velasco, N., Sanchez-Aguilar, L., Zhang, Z., & Piersma, T. (2022). Current breeding distributions and predicted range shifts under climate change in two subspecies of Black-tailed Godwits in Asia. *Globale Change Biology*, 28(18), 5416–5426.
- Zoubiri, A., Bensaci, E., Nouidjem, Y., Saheb, M., Gasmi, B., & Mailbi, E. H. (2018). Species composition and distribution pattern of waterbirds in Algerian central hauts plateaux wetlands. *World Journal of Environmental Biosciences*, 7(2), 26-30.

Publications Scientifiques

The first record of common reed bunting (*Emberiza schoeniclus*) in the northeastern Algerian Sahara

Messaoud GUEDDOUL, Aicha MOUANE, Mehdi SELMANE and Abdelwahab CHEDAD

BIHAREAN BIOLOGIST 18 (2): 155 – 159
Article No.: e242301

©Biharean Biologist, Oradea, Romania, 2024
<http://biozoojournals.ro/bihbiol/index.html>

The first record of common reed bunting (*Emberiza schoeniclus*) in the northeastern Algerian Sahara

Messaoud GUEDDOUL ^{1,2,4,*}, Aicha MOUANE¹,
Mehdi SELMANE ^{1,2} and Abdelwahab CHEDAD ³

1. Department of Biology, Faculty of Natural Sciences and Life, El-Oued University, P.O. Box 789, El-Oued, Algeria.
 2. Laboratory of Biology, Environment and Health, Faculty of Natural Sciences and Life, El-Oued University, P.O. Box 789, El-Oued, Algeria.
 3. Laboratoire de Recherche Agronomie Environnement (LRAE), Université Ahmed Ben Yahia El Wancharissi, Tissemsilt, Algérie
 4. Directorate of Forest Conservation of El Oued (General Directorate of Forestry), 39000, Algeria
- * Corresponding author: M. Gueddoul, E-mail: gueddoul-messaoud@univ-cloued.dz

Received: 11 March 2024 / Accepted: 04 June 2024 / Available online: December 2024 / Printed: December 2024

Abstract. The first record of common reed bunting *Emberiza schoeniclus* in the northeastern part of Algerian Sahara was during the wintering period in 2024 (January and February) at the Chott El Oued wetland in El Oued province. This significantly expands the recognized geographical area where the species can be found in Algeria. It addresses a distribution gap and highlights the importance of desert wetlands for bird species.

Keywords: *Emberiza schoeniclus*, expansion, wetland, Sahara, Algeria.

The climate profoundly influences life on Earth (Khezzani 2021). Wildlife is susceptible to climate changes; their ranges move when the climate changes and species colonize new areas where the climate becomes more suitable (Cooperrider et al. 1996). Birds display considerable variety in their natural environment and are highly sensitive to changes in their surroundings (Thongsoulin et al. 2019). The migration and breeding phenology of the species are undergoing shifts in response to climate change (McDermott & DeGroote 2017). Migrant species, unlike animals that are limited to a local home range, are impacted by environmental conditions on a larger scale (Arizaga et al. 2006). The assessment of environmental changes in a specific area heavily relies on the arrangement and diversity of bird species (Padoa-Schioppa et al. 2006).

Algeria exhibits a wide range of climates, topography, soil types, and vegetation (Seltzer

1946, Benchetrit 1956, Quezel & Santa 1962, 1963). The diversity extends from the Mediterranean coast in the north to the Saharan region in the south. Furthermore, the country harbors a wide range of avian species, totaling 406, comprising 242 non-Passeriformes and 164 Passeriformes, of which the Emberizidae family alone accounts for 11 species. This underscores Algeria's prominent position in the Palearctic region's migration system and its role in the trans-Saharan migrations linking Eurasia and tropical Africa (Isenmann & Molai 2000).

In South Algeria, our knowledge of the biodiversity of avian species has significantly advanced in recent years, particularly in the northeastern Algerian Sahara (Farhi & Belhamra 2012, Guezoul et al. 2013, Chedad et al. 2023a). As Algeria is a vast country, particularly with its expansive Sahara region, adding new species to Algeria's bird list leads to expanding the range and breeding areas for certain species. There are currently new records

The ornithological value of the urban wetland chott El Oued (north-eastern Algerian Sahara)

Messaoud Gueddoul, Aicha Mouane, Mehdi Selmane, Abdelwahab Chedad, Abdelhakim Bouzid

Zoology and Ecology, 2025, Volume 35, Number 2
Online ISSN: 2165-8013



<https://doi.org/10.35513/21658005.2025.2.1>

THE ORNITHOLOGICAL VALUE OF THE URBAN WETLAND CHOTT EL OUED (NORTH-EASTERN ALGERIAN SAHARA)

Messaoud Gueddoul^{a,b,c*}, Aicha Mouane^a, Mehdi Selmane^{a,b}, Abdelwahab Chedad^d, Abdelhakim Bouzid^{e,f}

^aDepartment of Biology, Faculty of Natural Sciences and Life, University of El Oued, P.O. Box 789, El-Oued, Algeria;

^bLaboratory of Biology, Environment and Health, Faculty of Natural Sciences and Life, El-Oued University, P.O. Box 789, El-Oued, Algeria;

^cDirectorate of Forest Conservation of El Oued (General Directorate of Forestry), 39000, Algeria;

^dLaboratoire de Recherche Agronomique Environnement (LRAE), Université Ahmed Ben Yahia El Warcharissi, Tissemsilt, Algérie;

^eLaboratory of Saharan Bio-Resources, Preservation and Valorization, University KasdiMerbah Ouargla, Ouargla Road 30000, Algeria;

^fLaboratory of Wetlands Conservation (LCZH), Univ. Guelma, 24000 Guelma, Algeria

*Corresponding author. Email: gueddoul-messaoud@univ-eloued.dz – guendoulmessaoud28@gmail.com

✉ Messaoud Gueddoul: <https://orcid.org/0009-0007-1295-3270>

✉ Aicha Mouane: <https://orcid.org/0000-0001-9799-132X>

✉ Mehdi Selmane: <https://orcid.org/0000-0002-9462-5954>

✉ Abdelwahab Chedad: <https://orcid.org/0000-0001-8098-1803>

✉ Abdelhakim Bouzid: <https://orcid.org/0000-0002-3793-3432>

Gueddoul M., Mouane A., Selmane M., Chedad A., Bouzid A. 2025. The ornithological value of the urban wetland Chott El Oued (North-Eastern Algerian Sahara). *Zoology and Ecology* 35(2), 90–100. <https://doi.org/10.35513/21658005.2025.2.1>

Article history:

Received 28 April 2025;
accepted: 22 August 2025

Keywords:

Wetland; value; avifauna;
waterbirds; richness; population dynamics

Abstract. Aquatic ecosystems in hot arid environments can support a high level of biodiversity worldwide, particularly birds. This study focused on the evaluation of the ecological importance of the urban wetland Chott El Oued in north-eastern Algerian Sahara as a critical habitat for bird communities. Bi-monthly monitoring was conducted between September 2023 and August 2024 to assess avian community composition, phenological patterns, protection statutes, and populations dynamic of waterbirds. A total of 71 bird species (39 waterbirds and 32 terrestrial birds) were documented in our study area, belonging to 15 orders and 29 families. Four Near Threatened species (IUCN Red List) and 21 protected species under Algerian law were identified. Among the 12460 recorded individuals, waterbirds dominated (77.28%, 9926 individuals), with 11 key species such as the Near Threatened, resident-breeding Marbled Duck. Phenologically, 17 are breeding species, whereas 54 are non-breeding with 38 being passage visitors and 16 winterers. These findings highlight the contribution of Chott El Oued in maintaining the regional biodiversity despite ecological and anthropogenic challenges and consolidating the urgent need for comprehensive conservation strategies to protect its biodiversity. Safeguarding this vital urban wetland is essential not only for sustaining endangered species but also for maintaining regional and global ecological balance.

Breeding range expansion of White Storks (*Ciconia ciconia*) in the Algerian Sahara: Adaptation to hot hyper-arid environments

Messaoud GUEDDOUL, Aicha MOUANE, Mehdi SELMANE, Abdelwahab CHEDAD & Abdelhakim BOUZID.



Ornis Hungarica 2025. 33(2): 346–356.
DOI: 10.2478/orhu-2025-0038

Breeding range expansion of White Storks (*Ciconia ciconia*) in the Algerian Sahara: Adaptation to hot hyper-arid environments

Messaoud GUEDDOUL^{1,2,3*}, Aicha MOUANE¹, Mehdi SELMANE^{1,2},
Abdelwahab CHEDAD⁴ & Abdelhakim BOUZID^{5,6}

Received: July 06, 2025 – Revised: August 02, 2025 – Accepted: August 05, 2025



Gueddoul, M., Mouane, A., Selmane, M., Chedad, A. & Bouzid, A. 2025. Breeding range expansion of White Storks (*Ciconia ciconia*) in the Algerian Sahara: Adaptation to hot hyper-arid environments. – Ornis Hungarica 33(2): 346–356. DOI: 10.2478/orhu-2025-0038

Abstract The breeding population of the White Stork in Algeria has historically been confined to the northern part of the country. During the 2025 breeding season (February to June), confirmed nesting occurred in El Oued (2 nests), Ouled Djellal (1 nest), and Menca (1 breeding attempt in 2003) provinces. The observed Southward expansion of the White Stork breeding population into the hot and hyper-arid climate of the Sahara represents a notable ecological shift in its known breeding range. Moreover, old datasets and historical records further indicate significant expansions of migratory flyways into southeastern Saharan regions. These findings highlight the White Storks' adaptability to climate change and anthropogenic pressures under extreme aridity conditions, but also underscore the rapid ecological transformations occurring under climate change and human activity. They emphasized the critical role of Saharan ecosystems in providing foraging resources and optimal nesting sites for this resilient population.

Keywords: climate change, migration, avifauna, nesting success, phenology, wetland

Összefoglalás A fehér gólya algériai költőpopulációja történelmileg az ország északi részére korlátozódott. A 2025-ös költési időszak alatt (február–június) bizonyított fészkelés történt El Oued (2 fészék), Ouled Djellal (1 fészék) és Menca (1 költési kísérlet 2003-ban) tartományokban. A fehér gólya költőpopulációjának megfigyelt déli irányú terjeszkedése a Szahara forró és rendkívül száraz éghajlatába jelentős ökológiai változást jelent ismert költési területén. Ezen kívül régi adatbázisok és történelmi feljegyzések további jelentős vonulási útvonal-bővüléseket jeleznek a délkeleti szaharai régiókba. Ezek a megállapítások kiemelik a fehér gólyák alkalmazkodóképességét az éghajlatváltozáshoz és az antropogén nyomásokhoz szélsőséges szárazság körülményei között, ugyanakkor rámutatnak a gyors ökológiai átalakulásokra, amelyek az éghajlatváltozás és az emberi tevékenység hatására zajlanak. Kiemelték a szaharai ökoszisztémák kritikus szerepét a táplálkozási erőforrások és optimális fészkelőhelyek biztosításában ezen ellenálló populáció számára.

Kulcsszavak: éghajlatváltozás, vonulás, madárvilág, fészkelési siker, fenológia, vizes élőhely

¹ Department of Biology, Faculty of Natural Sciences and Life, University of El-Qued, P.O. Box 789, El-Qued, Algeria

² Laboratory of Biology, Environment and Health, Faculty of Natural Sciences and Life, University of El-Qued, P.O. Box 789, El-Qued, Algeria

³ Directorate of Forest Conservation of El Oued (General Directorate of Forestry), 39000, Algeria

⁴ Laboratoire de Recherche Agronomie Environnement (LRAE), Université Ahmed Ben Yahia El Wancharissi, Tissemsilt, Algérie

⁵ Laboratory of Saharan Bio-Resources, Preservation and Valorization, University Kasdi Merbah Ouargla, Ouargla Road 30000, Algeria

⁶ LCZH laboratoire de conservation des zones humides, Univ. Guelma, 24000, Guelma, Algeria

* corresponding author, e-mail: gueddoul-messaoud@univ-eloued.dz