



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed Khider Biskra

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Agronomiques

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences Agronomiques

Spécialité : Agriculture et environnement en régions arides

Thème

**Écologie de reproduction des populations de tourterelle en
milieu phœnicicole**

Présenté par : M^{me} Saad Nasrine

Le jury:

Président: Pr Boukhalfa Hassina Hafida

(Prof-Univ.M^{ed} khider. Biskra)

Promoteur :Pr Farhi Kamilia

(Prof-Univ.M^{ed} khider. Biskra)

Examineurs: Dr Farhi Yassine

(Directeur de recherche CRSTRA)

Examineurs :Dr Ben Salah Mohamed Kamel

(M.R.A.CRSTRA)

Année Universitaire 2022/ 2023

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail

A mon très cher père Kamel

A mon beau-père Matallah

A ma très chère mère Samia

A ma belle-mère Saïda

Mes frères Mohamed El Mouhtar et Zine El Abidine, mes sœurs Nada et Chaïma et mon cher ange Amir, que Dieu le Tout-Puissant vous accorde une excellente santé, beaucoup de bonheur et une longue vie.

À ma très chère Marie Nacerdinne, je tiens à te remercier sincèrement pour ton soutien et tes encouragements qui ont grandement contribué à ma réussite professionnelle. Je suis également extrêmement reconnaissant pour ta patience inépuisable.

À ma professeure Farhi Kamilia, je tiens à te remercier chaleureusement pour m'avoir encouragé et poussé à persévérer. Tes encouragements constants et tes conseils précieux ont joué un rôle essentiel dans la réussite de ce travail.



M^{me} Matallah - Saad Nasrine

Remerciement

Je tiens à remercier avant tout **Dieu** le tout puissant de m'avoir guidé durant toutes ces années et m'a permis de réaliser ce mémoire en me donnant la force, la patience et la volonté.

J'exprime ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à ma Directrice de thèse, la **Pr. Farhi Kamilia**, Professeur à l'université de Biskra. Elle m'a accordé l'honneur de diriger ce travail et je suis reconnaissante pour sa précieuse aide, ses encouragements et ses conseils tout au long de ce processus.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Madame **Boukhalfa Hassina Hafida**, Professeur à l'université de Biskra, pour l'honneur qu'elle me fait en présidant le jury de ma thèse.

Mes sincères remerciements à **Pr. Farhi Yassine** et **Pr. Ben Salah Mohamed Kamel**, Directeurs de recherche au Centre de Recherche Scientifique et de Techniques sur les Régions Arides, pour avoir accepté de faire partie du jury.

Mes remerciements les plus sincères vont particulièrement à **Pr Farhi Kamilia** pour m'avoir fait bénéficier de ses compétences, pour le temps précieux qu'elle a bien voulu m'accorder, les conseils qu'elle m'a prodigué, son aide sans limite.

Mes sincères remerciements vont tout particulièrement à **Dr Hanane Saad** pour sa précieuse expertise, son temps généreusement accordé, ses précieux conseils et son aide inestimable.

J'exprime toute ma reconnaissance à Monsieur **Trai Nacer**, chef de Département d'Agronomie à l'université de Biskra, je le remercie de tout cœur.

Je remercie chaleureusement **mes parents**, mes **beaux-parents** et mon mari qui ont toujours été présents pour me soutenir et m'encourager durant les moments difficiles de l'accomplissement de cette thèse.

Je remercie également toutes les personnes qui m'ont apporté leur soutien, tant sur le plan moral que physique : M. Mousai Tarek, les propriétaires des palmeraies, tout le personnel de la direction des services agricoles de Biskra, de la Station Régionale de protection des végétaux - Filiach et de la conservation des forêts de Biskra. Mes collègues à l'université Mohamed Khider, ainsi que toute l'équipe du laboratoire et de l'administration du département d'Agronomie à l'université de Biskra.



M^{me} *Matallah -Saad Nasrine*

LISTE DES FIGURES

N°	Titre des figures	Pages
Chapitre I : Présentation de la région d'étude		
01	Localisation géographique de la région de Biskra	04
02	Formation géomorphologique de la région de Biskra	05
03	Carte du réseau hydrographique de la région de Biskra	07
04	Précipitation moyennes mensuelles (mm) de la région de Biskra durant la période 2000-2019	08
05	Températures moyennes des minima, des maxima, des moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période (2000-2019)	09
06	Vitesse du vent enregistrée en Km/h à Biskra durant la période (2000-2019)	09
07	Humidité relative moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période (2000-2019)	10
08	Localisation de la région de Biskra sur le climagramme d'Emberger	11
Chapitre II : Effets des composants urbains et ruraux du paysage sur la distribution et l'abondance de trois espèces sympatriques des colombidés dans la région du Biskra		
01	Carte d'occupation du sol de la wilaya de Biskra	15
02	Choix aléatoire des orientations de six transects urbains-ruraux dans la région de Biskra	15
03	Répartition spatiale des buffers le long des six transects urbains-ruraux dans la région de Biskra	16
04	Abondances des trois espèces des tourterelles en fonction de la couverture du bâti le long des gradients urbains-ruraux dans la région du Biskra.	20
05	Influence des composantes du paysage sur l'abondance des trois espèces de colombidés sympatriques le long des gradients urbains-ruraux dans la région de Biskra	24
Chapitre III : Succès de la reproduction de trois espèces sympatriques de colombidés en milieu phœnicicole dans la région du Biskra		
01	Localisation géographique de stations dans la zone d'étude dans la région du Biskra	33
02	Présentation des six stations d'étude (Palmeraies) dans la région du Biskra	33
03	Les parcelles d'échantillonnage dans une station révélées par une image de Google Earth	35

04	Variation mensuelle du nombre de nids de trois espèces de tourterelles (turque, maillée et des bois) en milieu phœnicicole dans la région de Biskra	38
05	Analyse des facteurs influençant la survie des nids de trois espèces de tourterelles sympatriques : turque (A), maillée (B) et des bois (C), en fonction de l'âge du nid, ainsi que l'influence de la hauteur du nid (D) et de la distance au champ céréalier (E) le plus proche chez les tourterelles maillées	43
Chapitre IV : Sélection des habitats de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies de Biskra		
01	Schéma explicatif illustrant la méthode de sélection aléatoire du palmier sans nid	50
02	Probabilité de l'occurrence des nids de la tourterelle des bois en fonction des caractéristiques des palmiers dattiers, le micro habitat et la présence humaine dans les palmeraies du Biskra	57
03	Diagramme de Venn présente les effets des facteurs sur la probabilité de l'occurrence des nids de la tourterelle des bois dans les palmeraies du Biskra	58

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre des tableaux	Pages
Chapitre II : Effets des composants urbains et ruraux du paysage sur la distribution et l'abondance de trois espèces sympatriques des colombidés dans la région du Biskra		
01	Variables des composants du paysage le long du gradient urbain-rural à Biskra (Algérie)	17
02	Effet de la couverture du bâti sur les abondances des espèces : indigène, en expansion et invasive des tourterelles le long des gradients urbains-ruraux dans la région du Biskra	19
03	Modèles optimaux pour expliquer l'abondance des trois espèces sympatriques de colombidés en fonction des gradients urbains-ruraux dans la région de Biskra	21
04	Analyse comparative des modèles GLMM et glmmPQL pour expliquer les abondances des trois espèces de colombidés selon les gradients urbains-ruraux dans la région de Biskra	22
Chapitre III : Succès de la reproduction de trois espèces sympatriques de colombidés en milieu phœnicicole dans la région du Biskra		
01	Caractéristiques des stations d'étude dans la région de Biskra	32
02	Variables qui influent la survie journalière du nid de trois espèces de tourterelle dans la palmeraie	36
03	Meilleures combinaisons des modèles explicatifs de la survie journalière du nid des trois espèces sympatrique de tourterelle en milieu phœnicicole dans la région du Biskra	39
04	Les modèles GLMM et glmmPQL (non spatiaux et spatiaux) pour expliquer la survie des nids de tourterelles turques, maillées et des bois en milieu phœnicicole dans la région de Biskra	41
Chapitre IV : Sélection des habitats de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies de Biskra		
01	Variables qui peuvent influencer la sélection de l'habitat de nidification de la tourterelle des bois	51
02	Mesure des variables liées aux caractéristiques du Palmier dattier, du micro-habitat et de la présence humaine : comparaison entre 92	53

	palmiers avec nids et 92 palmiers aléatoires sans nids	
03	Meilleures combinaisons des modèles explicatifs pour la sélection de l'habitat de nidification par les tourterelles des bois	55
04	Meilleurs modèles GLMM (non spacieux) de la sélection des supports de nidification de la tourterelle des bois	56

TABLE DES MATIÈRES

Dédicace.....	I
Remerciement.....	II
Liste des figures.....	III
Liste des tableaux.....	V
Table des matières.....	VI
Introduction générale	01
Chapitre I : Présentation de la région d'étude	
1. Localisation géographique de la région d'étude	04
2. Facteurs abiotiques	05
2.1. Géologie et la pédologie.....	05
2.1.1. Relief	05
2.1.2. Sol	06
2.2. Hydrologie.....	06
2.3. Climat.....	07
2.3.1. Précipitation.....	07
2.3.2. Température.....	08
2.3.3. Vent.....	09
2.3.4. Humidité relative	10
2.3.5. Synthèse climatique.....	10
2.3.5.1.Climagramme pluviothermique d'EMBERGER (1955)	10
Chapitre II : Effets des composants urbains et ruraux du paysage sur la distribution et l'abondance de trois espèces sympatriques des colombidés dans la région du Biskra	
1. Introduction.....	12
2. Description du paysage de la région d'étude.....	14
3. Méthodologie	15
3.1. Collecte des données.....	15
3.2. Traitements des données	16
3.3. Analyse statistique	18
4. Résultats	19
4.1.Effet de la couverture du bâti sur l'abondance des trois espèces le long des gradients urbains-ruraux dans la région du Biskra.....	19

4.2.Meilleures combinaisons des modèles explicatifs de l'abondance des trois espèces sympatriques de colombidés le long des gradients urbains ruraux dans la région du Biskra.....	20
4.3.Comparaison des modèles GLMM (non spatiaux) et glmmPQl (spatiaux) pour expliquer les abondances des trois espèces de colombidés le long des gradients urbains -ruraux dans la région du Biskra.....	22
5. Discussion.....	25
6. Conclusion	28

Article I

Chapitre III: Succès de la reproduction de trois espèces sympatriques de colombidés en milieu phœnicicole dans la région du Biskra

1. Introduction.....	30
2. Choix des stations	32
3. Méthodologie	34
3.1. Collecte des données.....	34
3.2. Détermination des variables influençant la survie quotidienne ; des nids de trois espèces de tourterelles sympatriques en milieu phœnicicole dans la région de Biskra	35
3.3. Analyse statistique des données.....	37
4. Résultats	38
4.1.Variation mensuelle du nombre de nids de trois espèces de tourterelles (la tourterelle turque, la tourterelle maillée et la tourterelle des bois)	38
4.2.Identification des modèles explicatifs optimaux pour la survie quotidienne des trois espèces sympatriques de tourterelles en milieu phœnicicole dans la région de Biskra.....	39
4.3.Modèles GLMM (non spatiaux) et glmmPQL (spatiaux) pour expliquer la survie des nids de tourterelles turques, maillées et des bois en milieu phœnicicole dans la région de Biskra.	41
5. Discussion.....	44
6. Conclusion	47

Article II

Chapitre IV : Sélection des habitats de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies de Biskra

1. Introduction.....	48
2. Méthodologie	50
2.1. Collecte des données.....	50
2.2. Sélection des variables.....	51
2.3. Analyse Statistique.....	52
3. Résultats.....	53
3.1. Caractérisation de l'habitat de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies des Ziban	53
3.2. Combinaisons optimales des modèles explicatifs pour la sélection de l'habitat de nidification de la tourterelle des bois.....	54
3.3. Détermination des critères de sélection des palmiers qui peuvent porter des nids de tourterelles des bois.....	56
4. Discussion.....	59
5. Conclusion.....	62
Article III	
Conclusion générale.....	63
Liste des références	66
Résumé	

A decorative scroll graphic with a light pink-to-white gradient background and a thin red border. The scroll is unrolled in the center, with the top and bottom edges curled up. The text is written in a black, elegant cursive font.

Introduction générale

Introduction générale

La famille des colombidés est l'une des plus importantes familles d'oiseaux, comptant plus de 300 espèces réparties dans le monde entier. Également connue sous le nom de pigeons et tourterelles, cette famille se compose souvent d'espèces similaires morphologiquement et écologiquement (del Hoyo et al., 2014). En Afrique du Nord, trois espèces de colombidés coexistent dans une même région géographique sans s'hybrider : la tourterelle turque (*Streptopelia decaocto*), la tourterelle maillée (*Streptopelia senegalensis*) et la tourterelle des bois (*Streptopelia turtur*) (Heim de Balsac et Mayaud, 1962 ; Isenmann et Moali, 2000; Bergier et Thévenot, 2011 ; Farhi et Belhamra, 2012).

A l'échelle mondiale, la tourterelle turque (*Streptopelia decaocto*) et la tourterelle maillée (*Streptopelia senegalensis*) sont considérées comme des espèces de préoccupation mineure (LC), cependant la tourterelle des bois (*Streptopelia turtur*), est classée par l'UICN comme une espèce vulnérable (Vu) (Bird Life International, 2021). Ces trois espèces jouent un rôle écologique crucial en Afrique du Nord, notamment en Algérie, en tant que pollinisateurs, disséminateurs de graines et proies pour les prédateurs aviaires et terrestre (Sellami, 2009; Chedad, 2021). Elles peuvent être trouvées dans différents habitats de la région, y compris les zones urbaines et rurales, les zones désertiques et les palmeraies (Selmi et al., 2002; Samraoui et Samraoui, 2008 ; Bensaci et al., 2013; Nouidjem et al., 2019; Chiheb et al., 2021 ; Mansouri et al., 2021; Squalli et al., 2021 ; Mansouri et al., 2022).

La région de Biskra, abrite une grande variété d'oiseaux, dont les colombidés, et ses palmeraies sont considérées comme l'un des meilleurs habitats pour les trois espèces sympatriques de tourterelle (Leberre, 1989 ; Isenmann et Moali, 2000 ; Farhi et Belhamra, 2012). Les palmeraies avec leurs spécificités en termes d'habitat, et de paysage, peuvent répondre aux exigences écologiques spécifiques des tourterelles (Absi, 2008, 2012; Boukhriss et Selmi, 2009, 2018, 2019; Guezoul, 2011 ; Farhi, 2014 ; Benghedier et al., 2020), telle que la disponibilité en eau et en nourriture (Hanane et Baâmal, 2011; Hanane, 2012 ; Dias et al., 2013 ; Torki, 2014 ; Absi et al., 2015).

La fragmentation de l'habitat est un facteur déterminant de la viabilité des tourterelles (Saunders et al., 1991 ; Peach et al., 2001; Fahrig, 2003 ; Browne et al., 2004 ; Bellard et al., 2012). Et peut avoir un impact négatif sur la distribution et l'abondance de ces espèces en Afrique du Nord (Boukhemza-Zemmouri, 2008; Cherkaoui et al., 2009 ; Sellami, 2009 ; Bendjoudi et al., 2015 ; Brahmia, 2017).

Durant les trois dernières décennies, de nombreuses études ont souligné l'influence des composants du paysage tels que la structure de l'habitat, la gestion des terres et les

changements d'occupation du sol sur la distribution et l'abondance des Colombidés et des tourterelles dans le monde (**Chamberlain et al., 2000 ; Santos et al., 2002 ; Buckland , 2006 ; Moreira et Russo, 2007 ; Kumar et al., 2011 ; Dias et al., 2013 ; Matthews et al., 2014 ; Sheridan et al., 2015 ; Hanane et Yassin, 2017 ; Goller et al., 2018 ; Ghosh-Harihar et al., 2019 ; Wang et al., 2020 ; Marques et al., 2022**).

L'expansion des zones urbaines au détriment des habitats naturels des oiseaux est un processus en croissance continue dans le monde entier (**Alig et Healy, 1987; Evans et al., 2006 ; Garaffa et al., 2009 ; Gibbs et al., 2010**) et manifestement les tourterelles en Afrique du Nord (**Aouissi et al., 2017 ; Brahmia, 2017 ; Aouissi et al., 2020 ; Belabed et al., 2020 ; Boukhriss et Selmi, 2019; Hanane 2015, 2018, 2019**). Ce phénomène signalé par les urbanistes et d'autres facteurs environnementaux et anthropiques, tels que la prédation, les perturbations humaines, les conditions météorologiques, les activités agricoles intenses, les localisations et l'état des nids ainsi que les facteurs temporels, comme l'ont souligné par **Thompson (2007) ; Barea (2008) ; Smith et Wilson (2010); Mantyka-pringle et al.(2012) ; Townsend et al. (2013) ; Lowe et al. (2014) ; Borgmann et Conway (2015) ; Sherry et al. (2015) ; Berkunsky et al. (2016); Burr et al. (2017) ; Guan et al. (2018) ; Stillman et al. (2019)**.

L'étalement urbain en dépit des palmeraies dans la région de Biskra ne cesse d'accroître, ce rythme d'urbanisation rapide cause une fragilité du paysage oasien et affecte par conséquent l'écosystème et le patrimoine phoenicicole (**Farhi, 2001,2002 ; Mahimoud et Zerouala, 2010 ; Dechaicha et Alkama, 2020**), freinent l'évolution et la stabilité des tourterelles dans les oasis de Biskra.

Malgré les travaux réalisés par mes prédécesseurs (**Absi, 2008,2012 ; Mehani ,2009 ; Torki ,2014 ; Absi et al., 2015**) sur la bio-écologie de la reproduction des trois espèces de tourterelles (turque, maillée et des bois) dans les palmeraies de Biskra, certains aspects demeurent peu étudiés, tels que : la sélection de l'habitat et par conséquent les sites de nidification. Etant donné que les palmeraies offrent des sites de nidification favorables répondant aux besoins fondamentaux des adultes reproducteurs, un choix approprié peut augmenter le succès de la reproduction et la durabilité de la population.

Afin d'approfondir et d'améliorer nos connaissances sur les trois espèces sympatriques de tourterelles (la tourterelle turque, maillée et des bois) dans le milieu phoenicicole de la région de Biskra, notre étude est concentrée sur la bio-écologie de leur reproduction dans les palmeraies. Notre objectif principal est de fournir des informations précieuses pour la conservation de la biodiversité dans cette région en identifiant les facteurs

Introduction générale

clés qui influencent la dynamique des populations de ces espèces dans leur habitat naturel. En comprenant les besoins spécifiques de chaque espèce ainsi que les facteurs qui affectent leur reproduction, notre étude contribuera à une meilleure planification de mesures de conservation adaptées à ces espèces dans ces écosystèmes fragiles. Pour aborder ces différents aspects, nous avons structuré le plan suivant :

Le premier chapitre dédié à la présentation de la région d'étude, en traitant sa situation géographique ainsi que les différents facteurs abiotiques et biotiques qui caractérisent la région. Cette présentation est essentielle pour comprendre les conditions environnementales et les particularités de l'habitat des espèces étudiées.

Le deuxième chapitre est consacré à l'analyse, l'identification et l'évaluation des facteurs du paysage urbain et rural qui ont un impact significatif sur les modèles d'abondance de trois espèces de tourterelles sympatriques dans la région d'étude.

Le troisième chapitre vise à évaluer la réussite de reproduction des trois espèces de tourterelles sympatriques dans les palmeraies de la région de Biskra, et à identifier les facteurs qui peuvent influencer la réussite de reproduction des tourterelles dans un habitat phoenicicole.

Le quatrième chapitre vise à identifier les facteurs qui influencent la sélection de l'habitat de nidification de la tourterelle des bois vulnérable dans les palmeraies de la région étudiée. Étant donné que les palmeraies offrent des sites de nidification favorables répondant aux besoins essentiels des adultes reproducteurs, un choix approprié peut augmenter le succès de la reproduction et assurer la durabilité de la population.

Chapitre I :

Présentation de la région d'étude

1. Localisation géographique de la région d'étude

La Wilaya de Biskra se situe au Sud-est de l'Algérie aux portes du Sahara, elle occupe une superficie de **21671** Km², son altitude est de 128 mètres/au niveau de la mer. Elle est limitée (A.N.I.R.E.F, 2013):

- Au Nord : par la wilaya de Batna et de M'sila.
- Au Sud : par la wilaya de Ouargla et d'El-Oued.
- A L'Est : par la wilaya de Khenchela.
- A L'Ouest : par la wilaya de Djelfa.

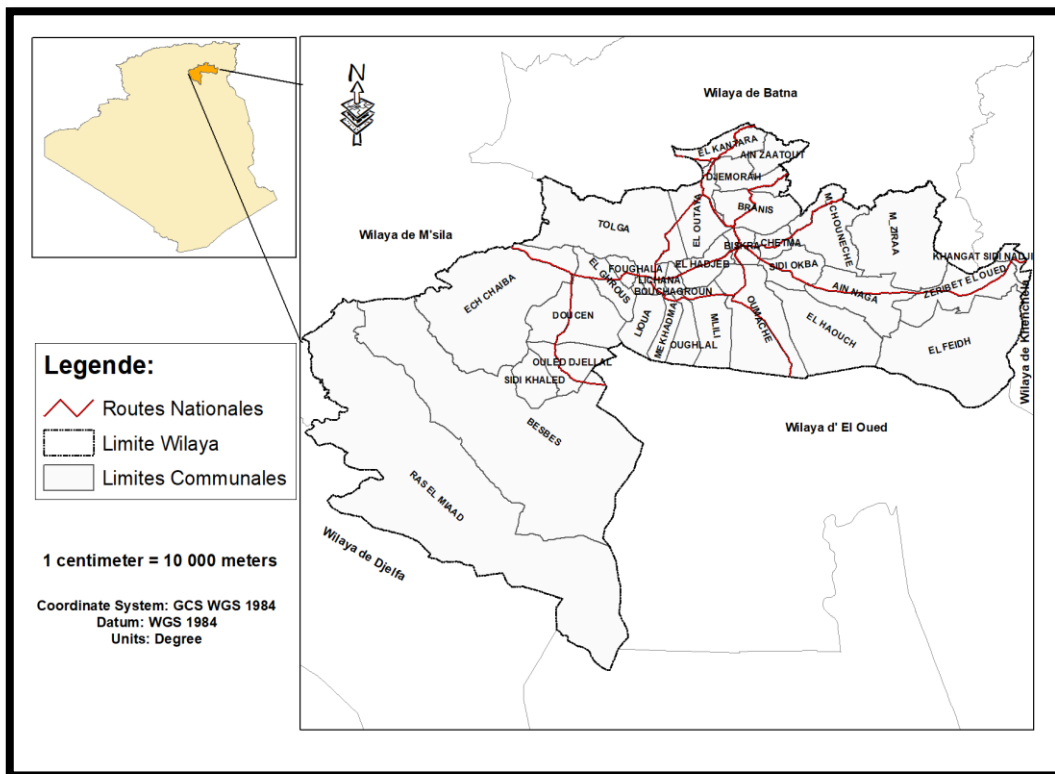


Figure 01 : Localisation géographique de la région de Biskra (C.F.B, 2021).

2. Facteurs abiotiques

2.1. Géologie et la pédologie

2.1.1. Relief

La région de Biskra constitue la transition entre les domaines atlasiques plissés du Nord et les étendues plates et désertique du Sahara au sud (Chebbah, 2007). Alors que, le Sud est dominé par des plateaux et des plaines. D'une façon générale, ce relief peut être réparti en 4 grandes zones

Le relief de la région de Biskra est constitué de quatre grands ensembles géographiques :

- **Les montagnes** : situées au Nord de la région presque découvertes de toutes végétation naturelles (El Kantara, Djemoura et M'Chounech).
- **Les plateaux** : à l'Ouest, ils s'étendent du Nord au Sud englobant presque la totalité des dairates d'Ouled Djelal , Sidi Khaled et une grande partie de Ras El Miad et Doucene.
- **Les plaines** : sur l'axe El Outaya, Daoucen , se développent vers l'Est et couvrent la quasi-totalité des dairates El Outaya ,Sidi Okba et Zeribet El Oued et la commune de Daoucen .
- **Les dépressions** : dans la partie Sud-est de la wilaya de Biskra (Chot Melghigh) (A.N.A.T, 2003) .

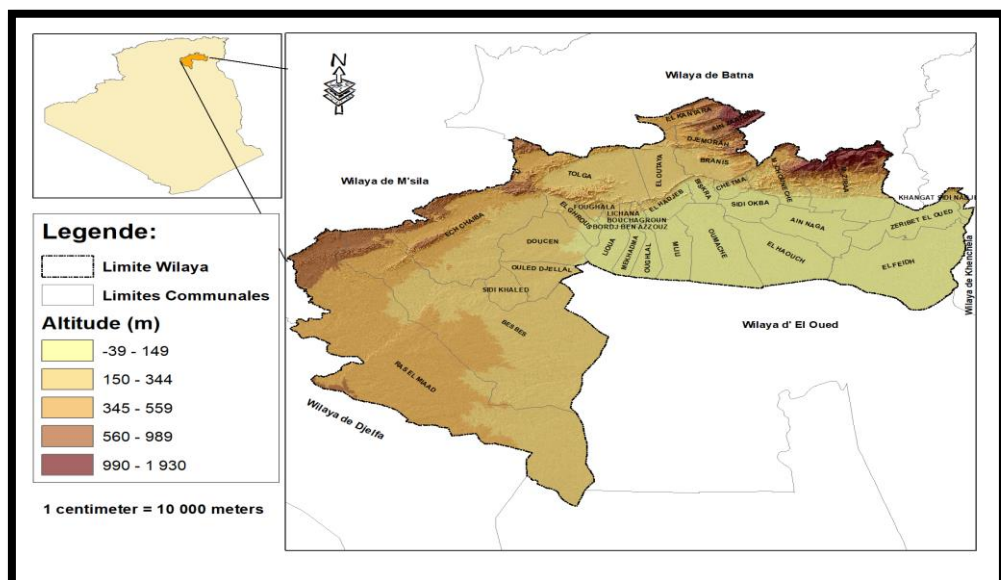


Figure 02 : Formation géomorphologique de la région de Biskra (C.F.B, 2021).

2.1.2. Sol

D'après **Halilet (1998)**, les sols de la région de Biskra sont hétérogènes mais ils sont Constitués des mêmes catégories rencontrées dans l'ensemble des régions arides de l'Algérie.

D'après des études pédologiques réalisées par **Khachai(2001)**, les sols de la wilaya de Biskra présentent les caractéristiques suivantes :

- Les régions Sud, sont surtout caractérisées par les accumulations salées, gypseuses et calcaires.
- Les régions Est, sont définies par les sols alluvionnaires et les sols argileux fertiles.
- Les zones du Nord (ou zones de montagne) sont le siège de la formation des sols peu-évolués et peu fertiles.
- Enfin, la plaine située au Nord-ouest de Biskra où les sols argileux-sodiques irrigués par les eaux fortement minéralisées constituent le caractère de la pédogenèse de cette région.

2.2. Hydrologie

D'après **Hannachi et Bekkari (1994)**, la région de Biskra est drainée par une série d'Oueds (**Figure 03**) dont les plus importants sont : **Oued Djedi, Oued Biskra, Oued El- Arab, Oued El- Abiod.**

La région de Biskra dispose de deux barrages ; la fontaine de la gazelle, il irrigue le grand périmètre d'irrigation (**GPI**) à El Outaya et celui de Foum El-Gherza à Sidi Okba destiné à l'irrigation des palmeraies et plus de **15918** forages et **3573**puits agricoles (**DSA, 2021**).

Selon **S.D.R.E (2010)**, la plaine de Biskra présente des ressources en eau souterraines importantes, représentées par quatre unités aquifères :

- La nappe phréatique : Cette nappe se localise généralement dans les accumulations alluvionnaires, elle est alimentée essentiellement par les eaux des précipitations, d'infiltration des Oueds et des eaux d'irrigation. Elle est trop sollicitée dans la ville de Biskra, elle est utilisée pour l'alimentation en eau potable.
- La nappe des sables : L'aquifère est Constituée par une alternance de niveaux d'Argiles, Sables, et Cailloutis d'âge mio-pliocène, elle couvre une grande superficie de la wilaya. A l'Est de la wilaya de Biskra, cette nappe se subdivise en deux aquifères, séparés par une épaisse couche d'argile et d'argile sableuse, l'un profond désigné sous le nom du Pontien et l'autre moyennement profond qui est la nappe du Mio-Pliocène.

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

- La nappe des calcaires : cette nappe est constituée essentiellement de calcaires fissurés, d'âge Eocène inférieur, elle est la plus sollicitée dans les palmeraies des Ziban, cette dernière est appelée « Nappe de Tolga ».
- La nappe du continental intercalaire : c'est un réservoir très important, constitué essentiellement de Grès et de marnes d'âge Albien et Barrémien, son exploitation est très coûteuse. Cette nappe est représentée dans la wilaya, par des sources hydrothermales.

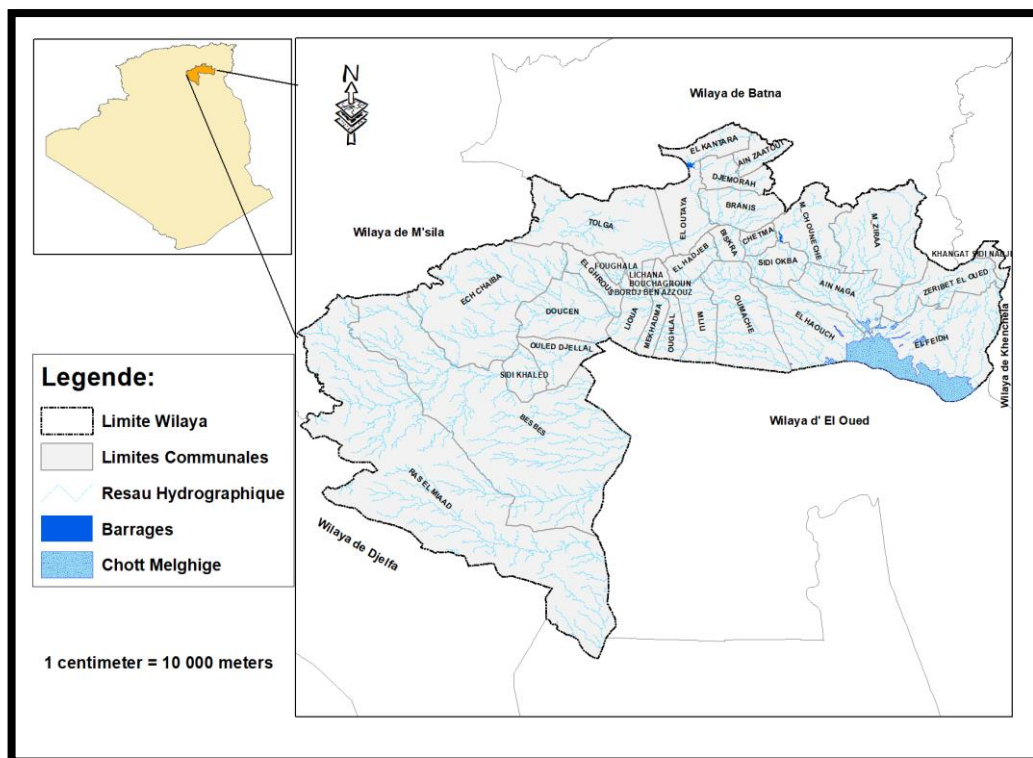


Figure 03 : Carte du réseau hydrographique de la région de Biskra (C.F.B, 2021).

2.3. Climat

2.3.1. Précipitation

La précipitation reste l'élément le plus important dans la planète, elle constitue un facteur écologique essentiel et fondamental pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres (**Ramade, 1984**). Ainsi, elle agit sur la vitesse du développement des animaux, sur leur longévité et sur leur fécondité (**Dajoz, 1971**).

Dans la région des Ziban, les pluies tombent d'une façon irrégulière et peuvent être torrentueuses. De ce fait, la phase sèche est étendue, elle s'étale quelquefois sur toute l'année (**Lalouani et Alkama, 2013 ; Benziouche, 2016 ; Faci 2021**).

La pluviométrie annuelle dans la région d'étude durant la période (2000-2019) est très variable d'une année à l'autre, nous remarquons à travers les données énoncées que la période pluvieuse s'étend du mois de **Septembre** jusqu'au mois de **Mars** avec un maximum de **20.3 mm** enregistré au mois de **Octobre**. Cependant les mois les moins arrosés sont **juin, juillet, août** avec un minimum de **0.7 mm** noté au mois de **juillet** (**Figure 04**).

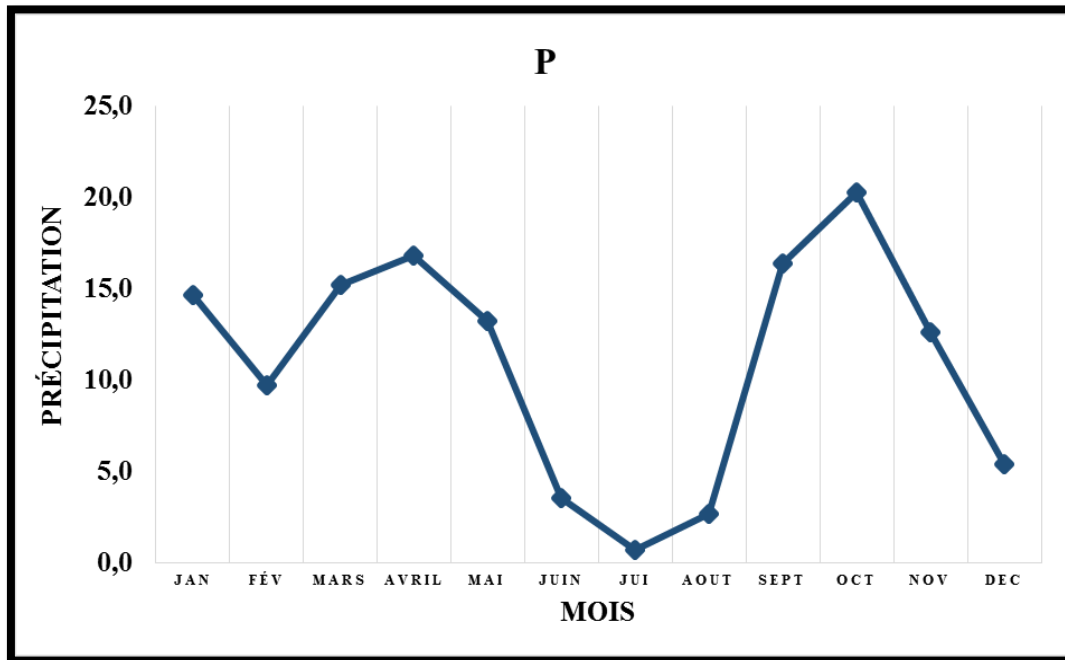


Figure 04 : Précipitation moyennes mensuelles (mm) de la région de Biskra durant la période 2000-2019 (O.N.M).

2.3.2. Température

La température représente un facteur limitant car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et de la communauté d'êtres vivants dans la biosphère (**Ramade, 1984**).

Selon **Dreux (1980)**, la température est un facteur écologique capital. Elle agit sur la répartition géographique des espèces animales.

Durant la période (2000-2019) les températures moyennes maximales les plus élevées dans la région du Biskra sont enregistrées durant la période estivale (**Juin, Juillet et Août**), alors que la plus basse est celle du mois de **Janvier** avec une température moyenne minimale de **7.5°C** (**Figure 05**).

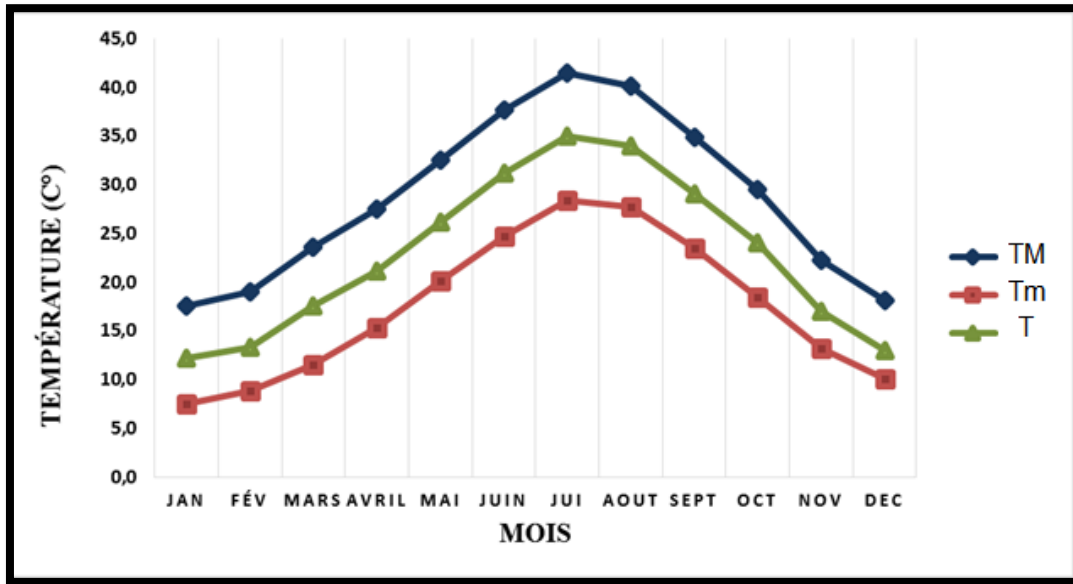


Figure 05 : Températures moyennes des minima, des maxima, des moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période (2000-2019 (O.N.M)).

2.3.3. Vent

Le vent constitue un facteur écologique limitant (Ramade, 1984). Le sirocco est le vent le plus redouté, il joue le rôle de facteur de mortalité vis-à-vis des oiseaux et des insectes proies potentielles (Seltzer, 1946). Le vent joue un rôle important dans le vol et la migration des oiseaux (Dorst, 1962).

Dans la région de Biskra, Les vents sont fréquents et répartis sur toute la période (2000-2019) avec une vitesse moyenne mensuelle de 4.6Km/h (Figure 06).

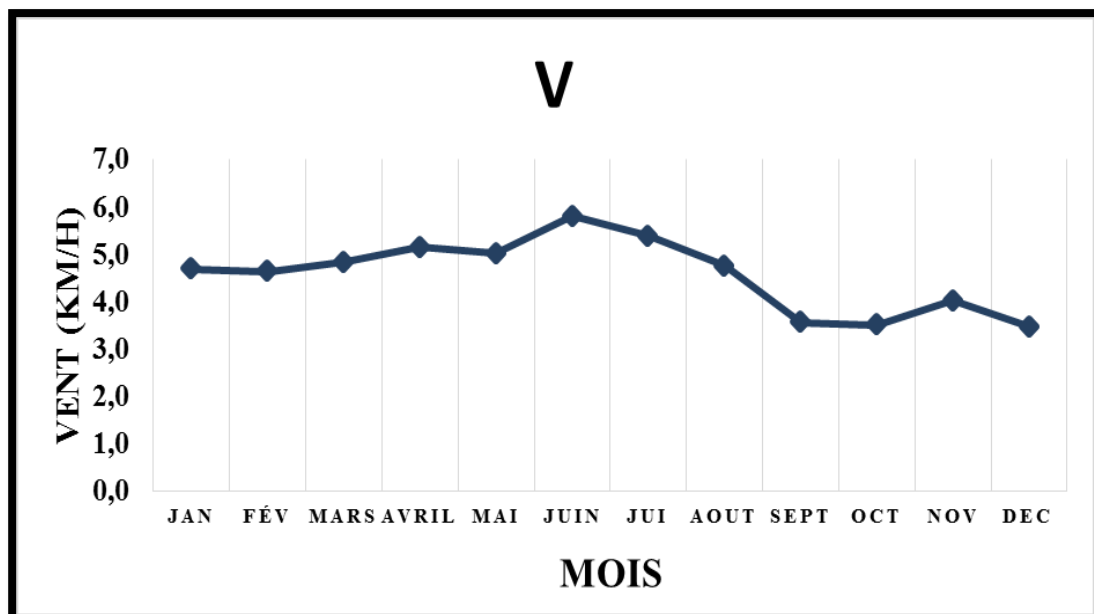


Figure 06 : Vitesse du vent enregistrée en Km/h à Biskra durant la période (2000-2019) (O.N.M).

2.3.4. Humidité relative

C'est le rapport entre la pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air humide et la pression de saturation à la même température. Elle est exprimée en pourcentage (Chabour, 2006).

Dans les Ziban, L'humidité relative moyenne mensuelle durant la période (2000-2019) est de 42.9%. On note un faible taux d'humidité de l'air même à l'ombre qui peut descendre jusqu'à 26.6 au mois de juillet. L'humidité relative maximale est enregistrée au mois de décembre (59.7%). Ces faibles valeurs s'expliquent par l'aridité du climat et la concentration des masses d'air chaud du Sahara (Figure 07).

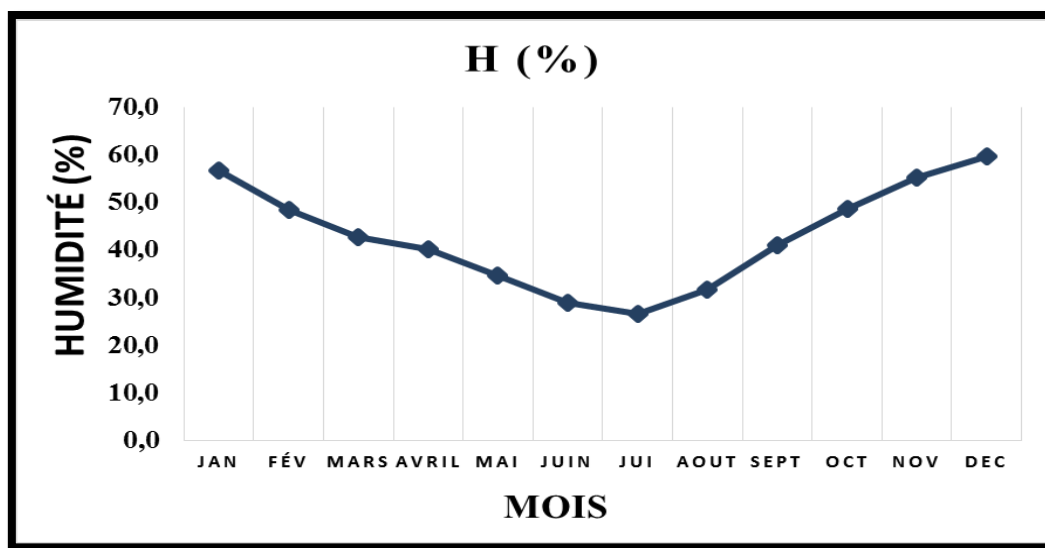


Figure 07 : Humidité relative moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période (2000-2019) (O.N.M).

2.3.5. Synthèse climatique

2.3.5.1. Climagramme pluviothermique d'EMBERGER (1955)

Le quotient pluviothermique Q2 d'Emberger permet de situer la région d'étude dans un étage bioclimatique. Ce quotient correspond à une expression synthétique du climat méditerranéen.

Le quotient pluviothermique d'Emberger est déterminé par Stewart (1968).

$$Q2 = 3,43 \times \frac{P}{M - m}$$

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

P : est la somme des précipitations annuelles exprimées en mm.

T max. : est la moyenne des températures maxima du mois le plus chaud.

T min : est la moyenne des températures minima du mois le plus froid.

D'après les données climatiques de la région de Biskra (2000-2019)

P = 131.4 mm

M = 41.4 C°

m = 7.5 C°

Q₂ = 13.3

Le climagramme d'Emberger de la région de Biskra durant la période 2000-2019 avec une Q₂ égale à **13,3**, révèle que cette zone située dans l'étage Saharien a un climat chaud et sec. En effet, la région présente une moyenne de précipitations annuelles relativement faibles, atteignant **131,4 mm**, Par ailleurs, la température annuelle moyenne de la région est élevée, atteignant **29,5°C** (la température maximale du mois le plus chaud est de **41.4 C°** tandis que, la température minimale du mois le plus froid est de **7.5 C°**) (**Figure 08**).

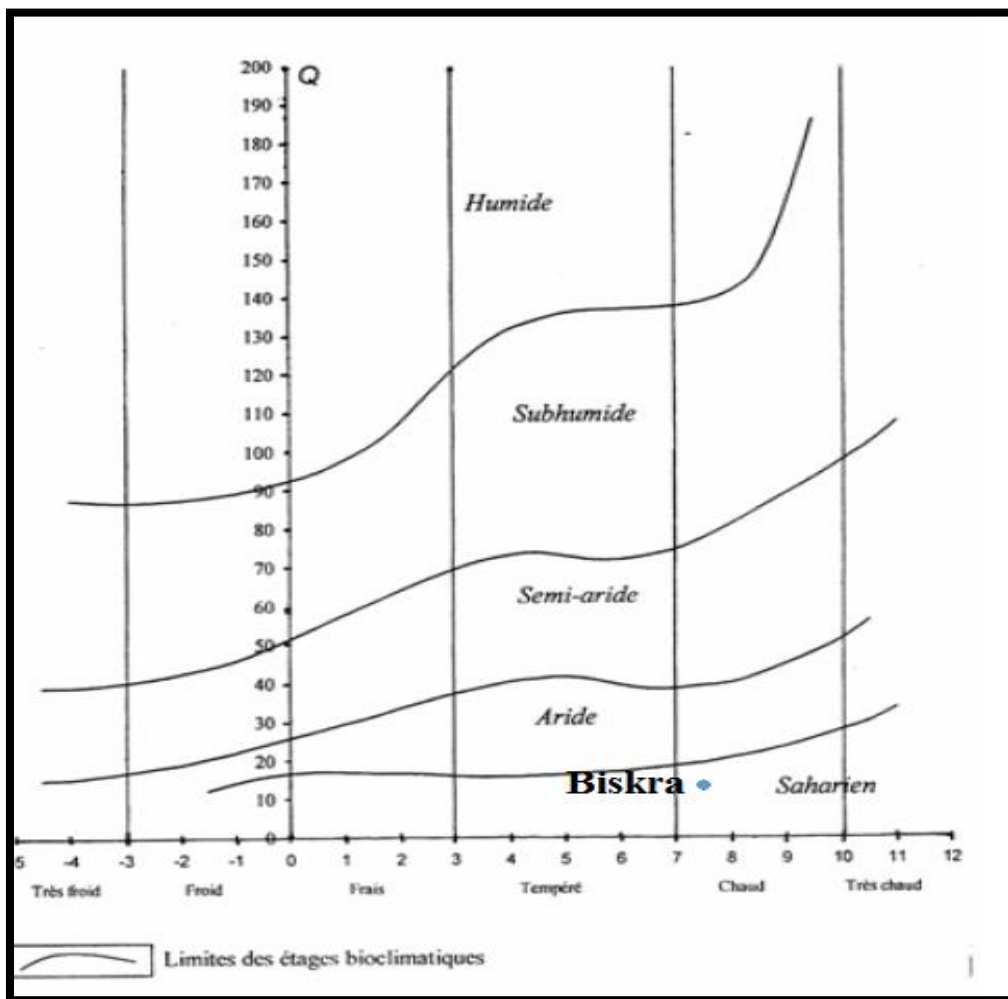


Figure 08: Localisation de la région de Biskra sur le climagramme d'Emberger.

Chapitre I.I:

*Effets des composants urbains et ruraux
du paysage sur la distribution et
l'abondance de trois espèces sympatriques
des colombidés dans la région du Biskra*

Chapitre II : Effets des composants urbains et ruraux du paysage sur la distribution et l'abondance de trois espèces sympatriques des colombidés dans la région du Biskra

1. Introduction

La composition du paysage a souvent été attribuée à un rôle - clé dans la distribution et l'abondance de vertébrés, comme les oiseaux (Le Brun *et al.*, 2016 ; Barros *et al.*, 2019 ; Gianpasquale et Merrigi , 2019), les mammifères (Bowman *et al.*, 2001 ; Panzacchi *et al.*, 2010 ; Abouelezz *et al.*, 2018) et les reptiles (Knutson *et al.*, 1999 ; Buskirk , 2005). Cela a également été souligné le long des gradients urbains-ruraux, comme ce fut le cas au Japon (Natuhara et Imai, 1996), en Argentine (Garaffa *et al.*, 2009) et aux États-Unis (Evans *et al.*, 2018). L'expansion des zones urbaines au détriment des habitats naturels est un processus en croissance continue dans le monde entier (Alig et Healy 1987 ; Garaffa *et al.*, 2009 ; Gibbs *et al.*, 2010). La conséquence primordiale d'une telle expansion est la fragmentation du paysage (Karp *et al.*, 2012 ; Sharma *et al.*, 2020), entraînant ainsi une perte de la biodiversité et du capital naturel (Aronson *et al.*, 2014 ; Sol *et al.*, 2014 ; Sharma *et al.*, 2020). Dans un contexte paysager, l'occupation des sols peut favoriser le développement d'espèces envahissantes ou indigènes. Selon Gaertner *et al.* (2017), un paysage dominé par des habitats urbains (habitats modifiés) est souvent un point d'entrée clé pour les espèces envahissantes, cependant un paysage dominé par les habitats naturels (habitats non modifiés) encourage principalement l'installation des espèces indigènes.

La sélection des habitats par les animaux reproducteurs est régie généralement par la disponibilité de la nourriture, l'occupation des sols et le niveau de sécurité (Mao *et al.*, 2019). La dominance de la couverture terrestre urbaine réduit la richesse en espèces et favorise les abondances (McKinney, 2002; Lepczyk *et al.*, 2008; Ortega-Alvarez et Mac Gregor-Fors, 2009). Cela est particulièrement vrai car la composition des habitats est parmi les facteurs régissant la propagation des espèces envahissantes (O'Reilly-Nugent *et al.*, 2016; Lustig *et al.*, 2017). Les niveaux d'hétérogénéité spatiale dans cette composition peuvent également favoriser l'installation de telles espèces (La Morgia *et al.*, 2011 ; Thies *et al.*, 2011 ; Lustig *et al.*, 2017 ; Viana *et al.*, 2017). Barnagaud *et al.* (2014) montrent que les espèces des oiseaux exotiques plus abondants que les espèces indigènes dans les forêts de conifères. Selon Bucher et Aramburu (2014) et Viana *et al.* (2017), le *Myiopsitta monachus* envahissante au niveau des plantations à d'origine des prairies dans l'Amérique du sud. Toutes ces études s'accordent pour confirmer le rôle déterminant de la composition du paysage sur la distribution et l'abondance des espèces envahissantes et indigènes. Gaertner *et al.*, (2017),

Chapitre II : Effets des composants urbains et ruraux du paysage sur la distribution et l'abondance de trois espèces sympatriques des colombidés dans la région du Biskra

ont souligné que la présence des espèces indigènes est principalement associée à des habitats naturels, tandis que les espèces envahissantes utilisent principalement des habitats modifiés.

L'impact des composants du paysage dans la région du Biskra sur les communautés d'espèces des tourterelles en expansion, indigènes et invasives demeure inconnu, pour cela et à travers ce travail nous avons souligné les objectifs suivants:

- Évaluer les variations de l'abondance des espèces de Colombidés en expansion, indigènes et invasives le long des gradients urbains-ruraux dans la région de Biskra, en Algérie.
- Analyser les relations entre l'abondance des trois espèces sympatriques de Colombidés et les caractéristiques du paysage le long des gradients urbains-ruraux dans la région d'étude pour mieux comprendre les facteurs qui influencent leur distribution spatiale.
- Identifier les facteurs du paysage urbain et rural qui ont un impact significatif sur les modèles d'abondance des trois espèces sympatriques de Colombidés dans la région de Biskra, en Algérie.

Pour répondre à ces objectifs, nous avons estimé l'abondance des trois espèces granivores sympatriques de Columbidés en relation avec les composants du paysage le long des gradients urbains-ruraux. Plus précisément, nous avons évalué l'abondance de l'espèce en expansion la tourterelle maillée (*Spilopelia senegalensis*; Linnaeus, 1766), l'espèce invasive la tourterelle turque (*Streptopelia decaocto* ; Frivaldszky, 1838), et l'espèce indigène la tourterelle des bois (*Streptopelia turtur*; Linnaeus, 1758). Ces choix ont été déterminés par : la présence significative des trois espèces ensemble dans la région d'étude, l'état de conservation défavorable de la tourterelle des bois (**Bird Life International** , 2021), la menace potentielle que représente la tourterelle turque envahissante pour la tourterelle des bois indigène.

Sur la base de la disponibilité des connaissances approfondies sur l'utilisation des habitats durant la reproduction des colombidés par de nombreux chercheurs comme (**Boukhriss et Selmi ,2009 ; Fujisaki et al., 2010 ; Hanane et Baâmal ,2011 ; Dias et al., 2013 ; Hanane 2015 , 2019**), nous avons émis les hypothèses suivantes :

- ✓ Il existe une différence significative dans l'abondance de la tourterelle turque par rapport à la tourterelle maillée et la tourterelle des bois en fonction des caractéristiques du paysage dans la région de Biskra, en Algérie.

Chapitre II : Effets des composants urbains et ruraux du paysage sur la distribution et l'abondance de trois espèces sympatriques des colombidés dans la région du Biskra

- ✓ L'abondance de la tourterelle turque, une espèce invasive, pourrait être plus élevée dans la ville de Biskra et sa périphérie, où le paysage est caractérisé par une forte couverture des zones bâties.
- ✓ La tourterelle maillée, une espèce en expansion, pourrait avoir une abondance élevée relativement loin de la ville de Biskra, dans un paysage caractérisé par une couverture intense des palmiers dattiers et des arbres fruitiers, ainsi qu'une couverture moyenne des zones bâties.
- ✓ La tourterelle des bois, une espèce indigène, pourrait avoir une forte abondance dans les paysages caractérisés par une couverture intense du palmier dattier, des plantations et des champs de céréales, et une très faible couverture des zones bâties.

2. Description du paysage de la région d'étude

La région de Biskra est une zone de transition du point de vue morphologique et bioclimatique (ANAT, 2003). D'une manière générale, la région de Biskra est composée de quatre éléments géomorphologiques divers : les montagnes, les plaines, les plateaux et les dépressions (Dubost et Larbi, 1998 ; Bougherara et Lacaze, 2009).

D'après Hannachi et Belkhairi (1994), la région de Biskra est drainée par une série d'Oueds, dont les plus importants sont : **Oued Djedi, Oued Biskra, Oued El-Arab, Oued El-Abiod**). Les ressources hydriques dans la région sont composées par 02 barrages (**Fontaine de la Gazelle et Fom El-Gherza**), et plus de **15668** forages et **3573** puits destinés à l'irrigation agricole (DSA, 2020). La région se caractérise ainsi par des oasis (Dubost et Larbi, 1998), en particulier et essentiellement des palmeraies connues sous le nom de Ziban, une des plus belles oasis du Sahara algérien.

Le paysage de la région d'étude se compose par des grandes classes basées sur la couverture spatiale :

- Les terres sahariennes ou nues (**14 811,42 km², 69%**).
- les terres urbaines (**3866,35 km², 17%**), elles sont composées par tous les immeubles résidentiels et gouvernementaux, les usines et les routes pavés et des pistes.
- Les terres forestières (**977,29 km², 05 %**).
- les terres cultivées (**1854,73 km², 09%**), elles sont occupées par les cultures maraîchères (**240,31 km²**), les champs des céréales (**283,10 km²**), les cultures fourragères (**98,50 km²**), la phœniciculture (**440,50 km²**), les oliviers (**46,17 km²**) et autres cultures (DSA, 2020).

Chapitre II : Effets des composants urbains et ruraux du paysage sur la distribution et l'abondance de trois espèces sympatriques des colombidés dans la région du Biskra

Toutes ces espèces cultivées sont associées à un cortège floristique d'espèces spontanées ou annuelles, biannuelles ou/et vivaces (Sana ,2003 ; Diab ,2015).

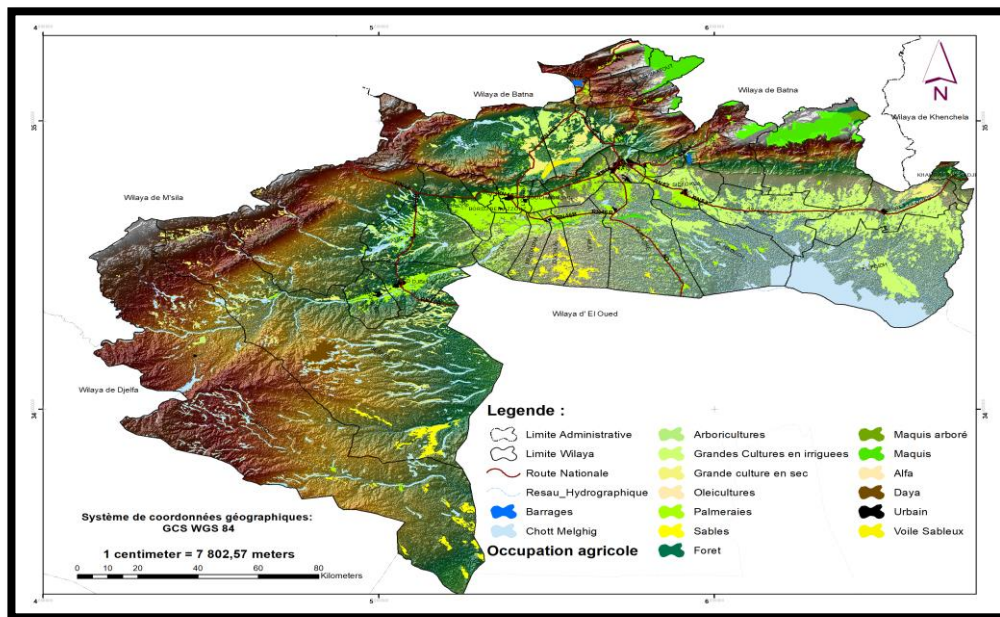


Figure 01 : Carte d'occupation du sol de la wilaya de Biskra (C.F.B, 2021).

3. Méthodologie

3.1. Collecte des données

Les relevés d'oiseaux ont été effectués en voiture en 2019 au cours du pic de l'activité de la reproduction des Colombidés en juin. Au total, six transects (d'une longueur de **12 Km** chacun) ont été sélectionnés de façon aléatoire à partir de 25 choix possible dans la région d'étude (Figure 02).

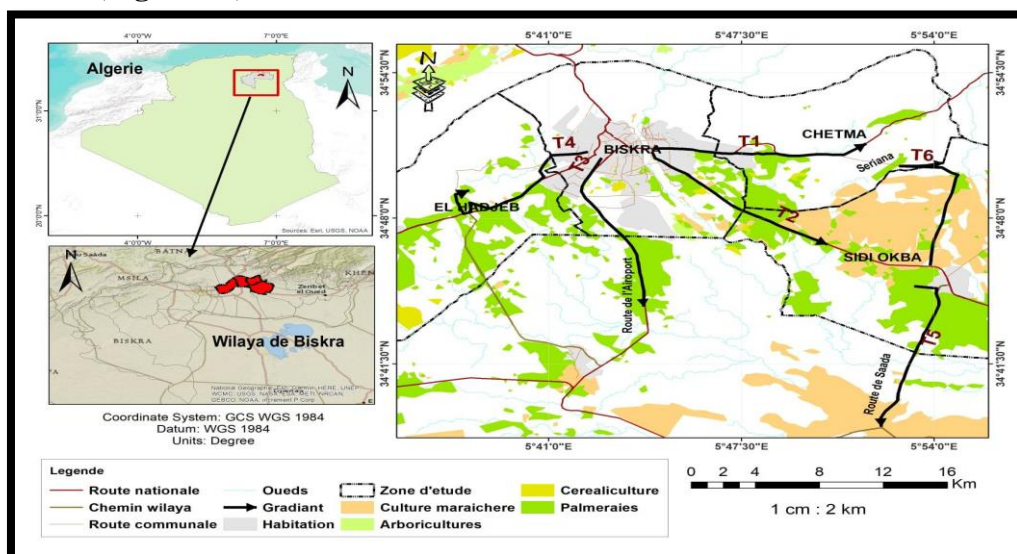
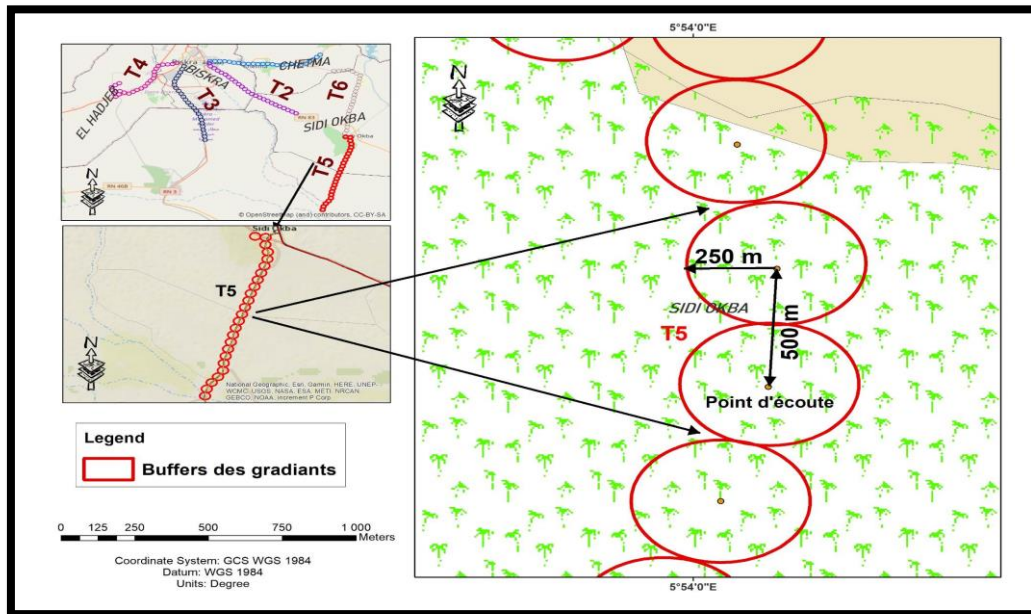


Figure 02 : Choix aléatoire des orientations de six transects urbains-ruraux dans la région de Biskra (Originale, 2023).

Chapitre II : Effets des composants urbains et ruraux du paysage sur la distribution et l'abondance de trois espèces sympatriques des colombidés dans la région du Biskra

On a réalisé **25 points** d'écoute par transect, dont la distance entre deux points est de **500 m** (Bibby *et al.*, 2000 ; Buckland ,2006 ; Wheeldon *et al.*, 2019), on a répété nos visites trois fois (la première du 5 juin au 7 juin, la deuxième a pris lieu du 12 au 14 juin et la dernière du 19 au 21 juin, respectivement), pour enregistrer toutes les Colombes entendues et vues durant **5 minutes** dans un cercle avec un rayon de **250 m**, donc on a obtenu **450 points** d'écoute visités par le observateur (N. Saad) (**Figure 01**).



Figures 03 Répartition spatiale des buffers le long des six transects urbains-ruraux dans la région de Biskra (**Originale, 2023**).

3.2. Traitements des données

Les transects que nous avons choisis contiennent des points en milieu urbain et d'autres en milieu rural pour évaluer l'effet des variables qui existent au niveau de chaque milieu sur la distribution et l'abondance des trois espèces sympatrique des Colombidés. Nous avons déterminé les composants du paysage le long du gradient urbain-rural à l'aide du logiciel **QGIS V3.4.2-Madeira** (Equipe de développement du SIG quantique 2019), un système d'information géographique open source logiciel (SIG). Le système de coordonnées appliqué est **WGS84/UTM Zone 31 N** pour minimiser la déformation des zones et maintenir les petites formes.

Afin de mieux comprendre l'influence des composantes urbaines et rurales du paysage sur la distribution et l'abondance des trois espèces dans notre région d'étude, il est nécessaire d'identifier les variables des composants du paysage qui peuvent influencer cette variation. À cet effet, nous avons sélectionné plusieurs variables pertinentes, telles que la couverture des

Chapitre II : Effets des composants urbains et ruraux du paysage sur la distribution et l'abondance de trois espèces sympatriques des colombidés dans la région du Biskra

zones urbaines, la longueur des pistes et des routes, la couverture des cultures céréalières et maraichères, le nombre de puits actifs, la couverture et la richesse des arbres fruitiers, ainsi que le nombre d'exploitations agricoles. Ces variables sont présentées dans le tableau 01.

Tableau 01 : Variables des composants du paysage le long du gradient urbain-rural à Biskra (Algérie).

Variabes	Abrév	Description	VIF	Moyenne	Ecart type	Etendue
Bâtiment	BT	% couverture de la zone bâtie	1,85	7,85	14,80	0-80.00
Piste	PS	Longueur des pistes (m)	1,12	324,51	375,86	0-2104.16
Routes	RT	Longueur des routes (km)	1,80	0,892	0,858	0-5.060
Céréales	CER	% Couverture des champs des céréales	1,06	7,44	15,26	0-66.10
Cultures maraichères	CM	%Couverture des cultures maraichères	1,03	0,40	1,40	0-9.05
Puits	PT	Nombres des puits actifs	1,14	0,48	0,80	0-4.00
Arbres fruitiers	AF	%couverture des palmiers, oliviers et autres arbres fruitiers	1,34	22,90	24,15	0-95.70
Richesse des arbres fruitiers	RAF	Nombre d'espèces d'arbres fruitiers	1,33	1,42	1,57	0-5.00
Exploitation agricoles	EA	Nombre des exploitations agricoles	4,64*	0,78	0,81	0-2.00

Chapitre II : Effets des composants urbains et ruraux du paysage sur la distribution et l'abondance de trois espèces sympatriques des colombidés dans la région du Biskra

- Le facteur d'inflation de la variance (**VIF**) pour chaque variable considérée est également ajouté.
- Les variables avec **VIF** > 3 n'ont pas été prises en compte pour la modélisation.

Le long des six transects, nous avons relevé les coordonnées géographiques de chaque point d'écoute par un **GPS**, où la distance entre chaque point et l'autre est de 500 mètres, ce qui nous permet de déterminer la répartition spatiale de la couverture terrestre urbaine et rurale (**Figure 03**). Nous avons utilisé **ESRI** Ensembles des données d'imagerie mondiale en ligne disponible dans **QGIS V3.4.2-Madeira** comme carte de base avec une résolution spatiale de 1 m pour les villes pour 150 buffers à un rayon de 250 m centré chacun par un point d'écoute (**Dias et al., 2013**) pour obtenir toute la couverture terrestre (urbain – rural) , nous avons numérisé les composantes sous forme de vecteurs et calculé des proportions de chaque type des couvertures.

Après avoir sélectionné les variables qui ont été identifiées comme ayant un impact important sur la distribution et l'abondance des trois espèces sympatriques des Colombidés (voir le tableau 01), nous avons ensuite examiné l'influence de chaque variable sur chaque espèce de colombidé. Plus précisément, la couverture urbaine a été identifiée comme une variable est importante pour la tourterelle turque (**Eraud et al., 2007 ; Fujisaki et al., 2010 ; Scheidt et Hurlbert ,2014**), tandis que la couverture des arbres fruitiers et des céréales avait un impact sur la distribution de la tourterelle des bois (**Dias et al., 2013 ; Kafi et al., 2015 ; Hanane, 2017**), et que la couverture des arbres fruitiers avait un effet sur la distribution de la tourterelle maillée (**Hanane et al., 2011**).

3.3. Analyse statistique

Pour tous nos modèles, la variable dépendante est l'effectif moyen d'espèces de Colombidés à un point d'écoute, alors on a trois variables dépendantes (trois espèces ont été étudié). Pour assurer la normalité, quatre variables indépendantes ont été transformées en logarithme (**la couverture des cultures maraîchères, des céréales, du bâtis, et la longueur des pistes**).

Toutes les variables prédictives ont été testées par l'analyse du facteur d'inflation de la variance (**VIF**) pour éviter la multicolinéarité (**Quinn et Keough ,2002**). Ensuite, nous avons progressivement supprimé la variable la valeur **VIF** le plus élevé jusqu'à ce que l'ensemble des variables aient un **VIF** inférieur à 3 (**Zuur et al., 2010**).

Les analyses statistiques ont été effectuées en plusieurs étapes : premièrement, pour connaître les modèles de distribution et l'abondance des trois espèces sympatriques des

Chapitre II : Effets des composants urbains et ruraux du paysage sur la distribution et l'abondance de trois espèces sympatriques des colombidés dans la région du Biskra

colombidés en fonction la couverture des bâtis, nous avons étudié les abondances par point de comptage pour chaque espèce de Colombidé (**variable catégorielle**), de la couverture des zones bâties (**variable continue**) et de leur interaction par le modèle linéaire mixte généralisé (GLMM) avec une distribution de Poisson et une fonction de lien logarithmique. Les noms des transects et des points ont été inclus en tant que facteurs aléatoires dans le modèle, pour tenir compte de la non-indépendance potentielle des observations multiples sur le même transect et le même point. Car l'interaction entre les espèces des tourterelles et la couverture des bâties était statistiquement très significatif, chaque espèce est modélisée séparément. Puis nous avons déterminé les variables des composants du paysage régissant sur le modèle de distribution d'abondance de tourterelle turque(invasive), de tourterelle maillée (en expansion) et de tourterelle des bois (indigène) par le modèle linéaire mixte généralisé (GLMM). Tous les modèles ont été ordonnés par critère d'information d'Akaike (AIC) croissant, lorsque l'autocorrélation spatiale est rencontrée pour la meilleure combinaison de modèles, nous avons utilisé des modèles linéaires généralisés spatiaux (glmmPQL). Toutes les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R-3.5.0 (R Development Core Team 2018).

4. Résultats

4.1. Effet de la couverture du bâti sur l'abondance des trois espèces le long des gradients urbains-ruraux dans la région du Biskra

Dans notre étude on a prédit l'hypothèse de présence d'une différence entre l'abondance de la tourterelle turque d'une part, et la tourterelle maillée et la tourterelle des bois d'autre part en fonction des caractéristiques de la zone de l'abondance on prenons en compte l'effet du bâti.

Tableau 02 : Effet de la couverture du bâti sur les abondances des espèces : indigène, en expansion et invasive des tourterelles le long des gradients urbains-ruraux dans la région du Biskra

Espèces des tourterelles	Variables	Modèle spatiale (glmm PQL)				
		β - coefficient	SE	t-value	P-value	$R^2_m - R^2_c$
<i>S. decaocto</i>	Log (BT+1)	0.400	0.038	10.400	0.0000	0.41-0.72
<i>S. senegalensis</i>	Log (BT+1)	-0.234	0.058	-3.993	<0.0001	0.09-0.85
<i>S. turtur</i>	Log (BT+1)	-0.498	0.105	-4.748	0.0000	0.12-0.98

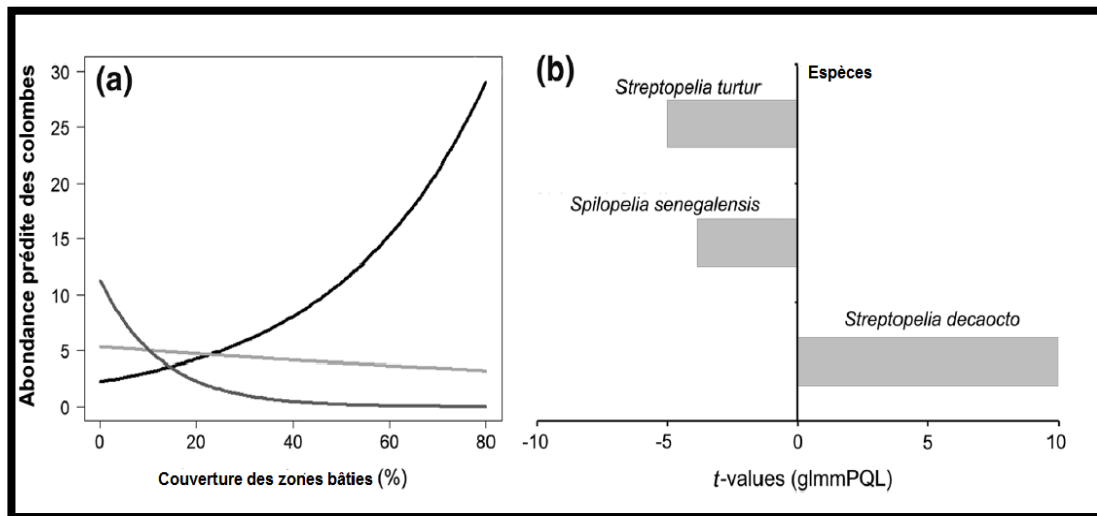


Figure 04 : Abondances des trois espèces des tourterelles en fonction de la couverture du bâti le long des gradients urbains-ruraux dans la région du Biskra.

Les résultats obtenus dans notre étude ont montré que l'abondance des trois espèces de tourterelles varie en fonction de la couverture du bâti le long des gradients urbains-ruraux dans la région de Biskra. En effet, l'abondance des tourterelles turques est positivement corrélée avec la couverture du bâti (**t-value = 10.400**). En revanche, les tourterelles des bois (**t-value = -4.748**) et les tourterelles maillées (**t-value = -3.993**) sont plus abondantes dans les zones avec une faible couverture du bâti (**Tableau 02, Figure 04**). Il est intéressant de noter que l'espèce *Streptopelia turtur* est la plus sensible à l'urbanisation, suivie par *Streptopelia senegalensis*, tandis que *Streptopelia decaocto* montre une forte préférence pour les zones urbaines (**Figure 04b**).

4.2. Meilleures combinaisons des modèles explicatifs de l'abondance des trois espèces sympatriques de colombidés le long des gradients urbains ruraux dans la région du Biskra

Le tableau suivant présente les meilleures combinaisons des modèles explicatifs de l'abondance des trois espèces sympatriques des colombidés le long des gradients urbains-ruraux dans la région de Biskra. Ces combinaisons ont été déterminées à partir d'une analyse statistique visant à identifier les variables du paysage les plus importantes dans l'explication de la distribution et de l'abondance des espèces. Les modèles sélectionnés ont été évalués sur la base de critères de qualité tels que l'AIC (**le critère d'information d'Akaike**) (**Tableau 03**).

Chapitre II : Effets des composants urbains et ruraux du paysage sur la distribution et l'abondance de trois espèces sympatriques des colombidés dans la région du Biskra

Tableau 03 : Modèles optimaux pour expliquer l'abondance des trois espèces sympatriques de colombidés en fonction des gradients urbains-ruraux dans la région de Biskra.

Espèces	K	Loglik	AICc	Δ_i	W_i	R^2		Moran's I (<i>P-values</i>)
						GLMMm	GLMMc	
<i>Streptopelia decaocto</i>								
CER+log(BT+1)+log(PS+1)+ PT+PT²	6	-598.206	1213.0	0.00	0.644	0.577	0.784	0.25 (0.000)
CER+log (BT+1) + PT+PT ²	5	-600.556	1215.6	2.59	0.177			
CER+log (BT+1) +log (PS+1)	4	-600.903	1216.3	3.26	0.126			
Modèle nul	1	-715.395	1436.9	223.88	0.000			
<i>Streptopelia senegalensis</i>								
Log (CER+1) +AF+RAF+RAF² +RT	6	-660.156	1336.9	0.00	0.745	0.341	0.871	0.13 (0.000)
AF+RAF+RAF ² +RT	5	-662.457	1339.4	2.47	0.217			
Log (BT+1) +log (CER+1)+AF+RAF+RAF ²	6	-663.780	1344.2	7.25	0.020			
Modèle nul	1	-811.856	1629.8	292.90	0.000			
<i>Streptopelia turtur</i>								
Log (BT+1) + Log (CER+1) +log(CM+1) +AF+RAF+ RT + RT²	8	-807.189	1635.3	0.00	0.996	0.689	0.990	0.40 (0.000)
Log (BT+1) +log (CER+1) + AF +RAF+ RT + RT ²	7	-814.146	1647.0	11.74	0.003			
Log (BT+1) +log (CER+1) + log (CM+1)+AF+RAF	6	-816.612	1649.8	14.52	0.000			
Modèle nul	1	-933.974	1874.0	238.75	0.000			

N.B : Les abréviations des variables sont expliquées dans le **tableau 01**.

Le tableau 03 présente les trois meilleures combinaisons de modèles explicatifs de l'abondance pour chaque espèce de colombidé le long des gradients urbains-ruraux dans la région du Biskra. Les modèles ont été classés en utilisant le critère d'information d'Akaike

Chapitre II : Effets des composants urbains et ruraux du paysage sur la distribution et l'abondance de trois espèces sympatriques des colombidés dans la région du Biskra

corrige pour les petits échantillons (**AICc**), et seuls les trois meilleurs modèles dans un intervalle de $\Delta\text{AICc} < 2$ sont présentés.

Le modèle le plus proche qui souligne la robustesse pour expliquer les abondances de *Streptopelia decaocto* c'est : la couverture des céréales, la couverture du bâti, la longueur des pistes et le nombre des puits actifs. Tandis que chez *Streptopelia senegalensis* c'est : la couverture des céréales, la couverture des arbres fruitiers, la richesse des arbres fruitiers, la longueur des routes. Alors que chez *Streptopelia turtur*, le modèle le plus proche ce qui reflète l'importance pour expliquer l'abondance c'est : la couverture du bâti, la couverture des céréales, la couverture des cultures maraichère, la couverture des arbres fruitiers, la diversité des arbres fruitiers et la longueur des routes (**Tableau 03**). Ces résultats mettent en évidence l'importance de la combinaison de différents facteurs dans l'explication des variations d'abondance des espèces de colombidés le long des gradients urbains-ruraux dans la région d'étude.

4.3. Comparaison des modèles GLMM (non spatiaux) et glmmPQL (spatiaux) pour expliquer les abondances des trois espèces de colombidés le long des gradients urbains - ruraux dans la région du Biskra

Dans le cadre de cette étude, nous avons comparé deux types de modèles pour mieux comprendre les facteurs influençant l'abondance des trois espèces de colombidés le long des gradients urbains-ruraux dans la région de Biskra en Algérie. Nous avons utilisé des modèles généralisés linéaires mixtes (**GLMM**) non spatiaux, et des modèles spatiaux (**glmmPQL**) spatiaux. Le tableau 04 résume les résultats de cette analyse comparative pour chaque espèce et pour chaque type de modèle. Cette approche comparative nous permettra de déterminer le modèle le plus approprié pour expliquer les variations d'abondance des espèces de colombidés dans notre région d'étude.

Tableau 04 : Analyse comparative des modèles GLMM et glmmPQL pour expliquer les abondances des trois espèces de colombidés selon les gradients urbains-ruraux dans la région de Biskra

Espèces	Variable	Modèle non spatial (GLMM)				Modèle spatial (glmm)(PQL)			
		β coeff	SE	t value	p	β coeff	SE	t value	p
<i>S . decaocto</i>	Intercept	0.733	0.221	3.312	0.001	0.771	0.228	3.383	0.001
	CER	- 0.030	0.005	-6.035	<0.001	- 0.029	0.008	-3.699	0.000
	Log	0.357	0.028	12.465	<0.001	0.366	0.038	9.596	0.000

Chapitre II : Effets des composants urbains et ruraux du paysage sur la distribution et l'abondance de trois espèces sympatriques des colombidés dans la région du Biskra

	(BT+1)								
	Log (PS+1)	0.028	0.013	2.154	0.031	0.021	0.019	1.00	0.287
	PT	0.271	0.119	2.274	0.023	0.287	0.182	1.576	0.118
	PT ²	-0.159	0.054	-2.940	0.003	-0.164	0.083	-1.979	0.050
<i>S .senegalensis</i>	Intercept	0.671	0.352	1.908	0.056	1.072	0.358	2.999	0.003
	Log (CR+1)	0.065	0.030	2.158	0.031	0.043	0.056	0.780	0.437
	AF	0.017	0.002	11.073	<0.001	0.011	0.002	4.565	0.000
	RAF	0.360	0.069	5.196	<0.001	0.353	0.124	2.851	0.005
	RAF ²	-0.055	0.015	-3.652	<0.001	-0.052	0.027	-1.937	0.055
	RT	-0.269	0.080	-3.349	<0.001	-0.454	0.123	-3.704	0.000
<i>S . turtur</i>	Intercept	0.026	0.595	-0.044	0.965	-0.250	0.761	-0.329	0.743
	Log (BT+1)	-0.396	0.061	-6.466	<0.001	-0.345	0.120	-2.883	0.005
	Log (CR+1)	0.131	0.021	6.183	<0.001	0.037	0.038	0.960	0.339
	Log (CM+1)	0.211	0.056	3.796	<0.001	0.278	0.094	2.965	0.004

N.B : P \ 0,05 en gras.

Les analyses GLMM ont mis en évidence les facteurs ayant une influence significative sur l'abondance des trois espèces de colombidés. Pour la tourterelle turque, l'abondance était quadratiquement influencée par le nombre de puits, positivement par la couverture du bâti et la distance par rapport à la piste la plus proche, et négativement par la couverture des céréales. En revanche, pour la tourterelle maillée, les analyses ont montré que l'abondance était quadratiquement influencée par la couverture des plantations fruitières, positivement par la diversité des arbres fruitiers et la couverture des cultures céréalières, et négativement par la distance par rapport à la route goudronnée la plus proche. De même, pour la tourterelle des bois, l'abondance est positivement influencée par la couverture des plantations fruitières, des cultures maraichères et des cultures céréalières, la richesse en arbres fruitiers, mais associée de manière quadratique à la distance par rapport à la route la plus proche, et corrélée négativement à la couverture des zones bâties (**Tableau 04**).

Chapitre II : Effets des composants urbains et ruraux du paysage sur la distribution et l'abondance de trois espèces sympatriques des colombidés dans la région du Biskra

Les résidus du meilleur modèle d'abondance des trois espèces étudiées présentent une auto-corrélation spatiale positive significative. Les modèles gmm PQL spatiaux pour la tourterelle turque ont permis de conserver les effets des couvertures de céréales et des zones bâties uniquement (**Figure 05 a,b; Tableau 04**). Pour les tourterelles maillées, les modèles gmm PQL spatiaux ont permis de conserver les effets de la proximité de la route, de la couverture et le diversité des arbres fruitiers (**Figure 05 c,d,e; Tableau 04**). En ce qui concerne la tourterelle des bois, toutes les variables mentionnées précédemment ont été conservées par les modèles spatiaux pour les résidus du meilleur modèle d'abondance, à l'exception de la couverture céréalière (**Figure 05 f, g, h, i, j ; Tableau 04**).

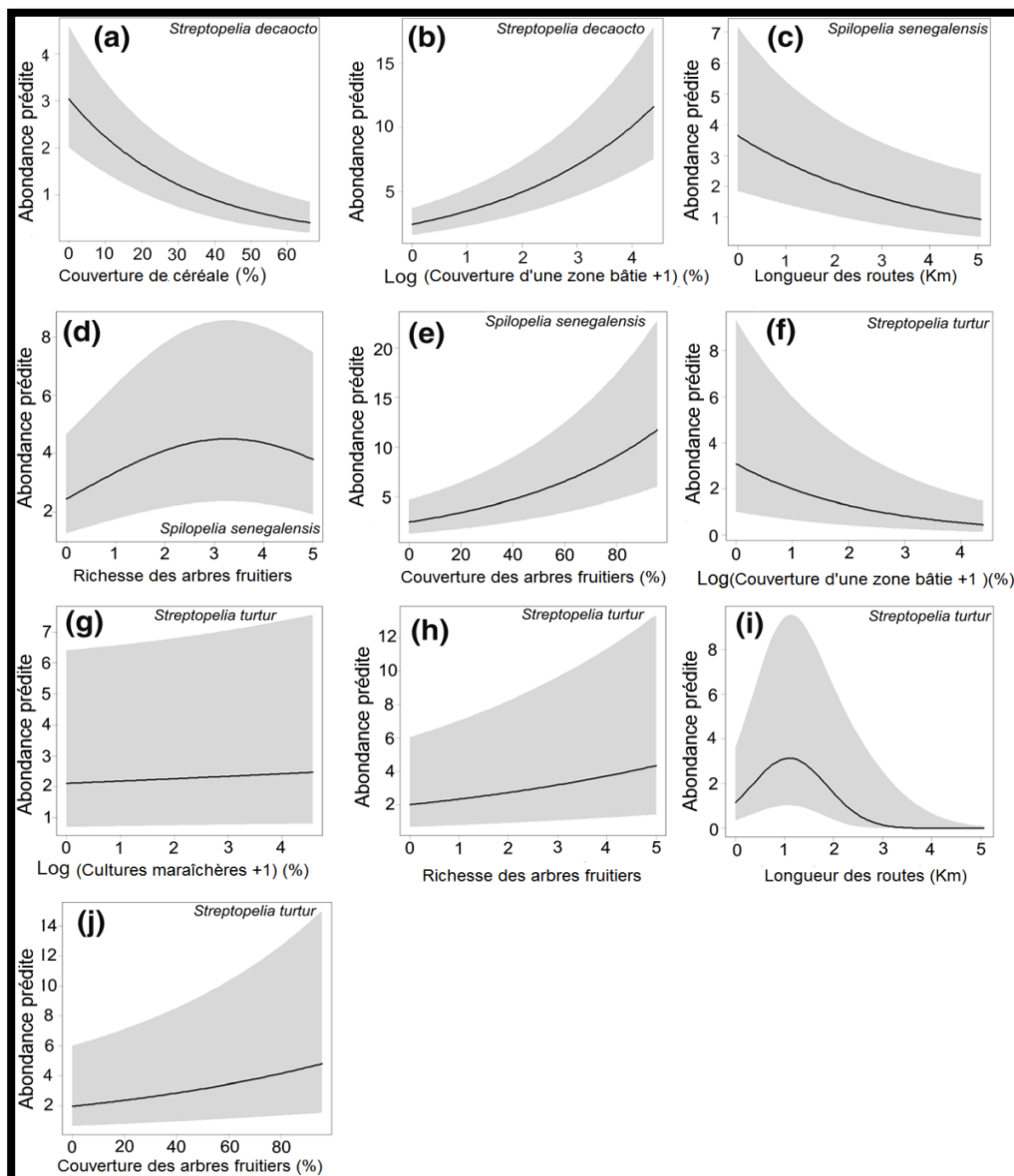


Figure 05 : Influence des composants du paysage sur l'abondance des trois espèces de colombidés sympatriques le long des gradients urbains-ruraux dans la région de Biskra.

Chapitre II : Effets des composants urbains et ruraux du paysage sur la distribution et l'abondance de trois espèces sympatriques des colombidés dans la région du Biskra

5. Discussion

Dans cette étude, nous avons cherché à évaluer l'effet des différents composants du paysage sur la distribution et l'abondance de trois espèces sympatriques de Columbides le long des gradients urbains-ruraux dans la région de Biskra. Nous avons émis quatre hypothèses, dont la première supposait une différence significative dans l'abondance de la tourterelle turque par rapport à la tourterelle maillée et la tourterelle des bois en fonction des caractéristiques du paysage dans la région de Biskra, en Algérie. Nos résultats ont montré que l'abondance de la tourterelle turque (invasive) était plus élevée dans les zones fortement urbanisées, tandis que les tourterelles maillées (en expansion) et les tourterelles des bois (indigènes) étaient plus abondantes lorsque les zones bâties étaient faiblement représentées dans le paysage. Des études antérieures ont montré une prédominance de la tourterelle des bois dans les zones rurales par rapport à la tourterelle turque qui est fortement urbanisée (Évans *et al.*, 2009, 2011 ; Bougaham et Moulai, 2013). En ce qui concerne l'examen du chevauchement alimentaire entre les espèces des Columbides potentiellement concurrentes, Dunn *et al.*, (2018) ont souligné un très faible chevauchement entre la tourterelles des bois et la tourterelles turque, cela montre que chaque espèce aime certains composantes de son paysage préféré.

Nos résultats ont montré que l'effectif de la tourterelle turque envahissante augmente avec une couverture plus élevée des bâtiments et une couverture plus faible des cultures telles que les céréales et les maraichages. Ces résultats sont conformes avec la deuxième hypothèse qui suggère que l'abondance de la tourterelle turque, une espèce invasive, pourrait être plus élevée dans la ville de Biskra et sa périphérie, où le paysage est caractérisé par une forte couverture des zones bâties. Ces résultats sont similaire avec des études réalisées précédemment en Afrique du Nord (Belabed *et al.*, 2013 ; Aouissi *et al.*, 2015 ; Bendjoudi *et al.*, 2015), en Europe (Coombs *et al.*, 1981 ; Eraud *et al.*, 2007), en Amérique du Nord (Fujisaki *et al.*, 2010 ; Scheidt et Hurlbert 2014), et dans d'autres régions (Camacho-cervantes et Schondube 2018 ; Luna *et al.*, 2018). La présence d'une forte auto corrélation spatiale où les agglomérations urbaines sont principalement localisées à l'intérieur ou en proximité de la ville de Biskra. De plus, l'abondance de la tourterelle turque est négativement corrélée avec la couverture des céréales, ce dernier résultat peut être lié à la grande disponibilité des ressources alimentaires (Bendjoudi *et al.*, 2015) dans la ville du Biskra. En revanche, l'abondance de la tourterelle turque n'est pas affectée par la présence d'arbres permanents (Hengeveld, 1988 ; Eraud *et al.*, 2007 ; Scheidt et Hurlbert, 2014).

Chapitre II : Effets des composants urbains et ruraux du paysage sur la distribution et l'abondance de trois espèces sympatriques des colombidés dans la région du Biskra

Dans cette recherche, nous avons constaté que la tourterelle maillée préfère les cultures permanentes avec une abondance de trois espèces d'arbres fruitiers, de sorte que l'abondance d'arbres de plus de trois arbres fruitiers n'est pas attirante pour cette espèce. Ce résultat nous amène à invalider notre troisième hypothèse concernant la tourterelle maillée, une espèce en expansion, pourrait avoir une abondance élevée relativement loin de la ville de Biskra, dans un paysage caractérisé par une couverture intense des palmiers dattiers et des arbres fruitiers, ainsi qu'une couverture moyenne des zones bâties. Nos résultats ont montré que l'abondance de la tourterelle maillée (en expansion) augmente avec la richesse des arbres fruitiers et diminue avec l'augmentation de la distance de la route goudronnée. Cette espèce de colombidé appelée aussi la tourterelle des palmes, préfère les palmeraies modernes caractérisées par des palmiers dattiers à hauteur moyenne environ 4 m avec une faible densité des arbres fruitiers, et un espacement important entre les arbres. La tourterelle maillée est plutôt évitée les palmeraies avec des grands palmiers dattiers et une forte densité d'arbres fruitiers en raison de la présence des prédateurs (Huhta et al., 2004 ; Seibold et al., 2013) et obscurcirait la vue de cette espèce dans ce micro habitat. La nidification de la tourterelle maillée sur les arbres fruitiers a été rapportée dans des oliveraies tunisiennes par Boukhriss et Selmi, (2009,2019) et marocaines par Hanane et al. (2011) et Hanane (2015 ; 2017), ainsi que dans des palmeraies et des oliveraies algériennes par Absi et al. (2015) et Brahmia et al. (2015). Les arbres permanents offrent des conditions idéales pour la nidification, comme l'ont confirmé plusieurs chercheurs en Afrique du Nord (Hanane et Baâmal, 2011; Torki, 2014 ; Kafi et al., 2015; Hanane, 2017 ; Mansouri et al., 2020) et en Europe (Nankinov, 1994; Peiro, 1990; Dias et al., 2013), Le choix d'un tel habitat par la tourterelle maillée est dicté par ses besoins alimentaires, également appelés frugivores (Usieta et al., 2013). Les tourterelles maillées préfèrent les cultures permanentes et un certain degré d'urbanisation semble mieux adapté à la situation d'occupation des sols dans la région du Biskra. L'utilisation de ces deux composants de paysages contribue sans aucun doute à la survie et à la reproduction des tourterelles maillées, et pour assurer cette pérennité il est nécessaire de maintenir des habitats de qualité (Duflot et al., 2017). L'influence de l'espace est également importante car les cultures permanentes sont généralement regroupées dans des zones bien localisées.

Nos résultats ont montré que l'effectif de la tourterelle des bois (indigènes) augmente dans un milieu caractérisé par de grands palmiers dattiers, un couvert de culture maraichère et céréalière et plus d'arbres fruitiers avec très peu d'urbanisation et une plus

Chapitre II : Effets des composants urbains et ruraux du paysage sur la distribution et l'abondance de trois espèces sympatriques des colombidés dans la région du Biskra

grande distance routière (plus de 1 km). Ces résultats confirment notre quatrième hypothèse sur la tourterelle des bois, une espèce indigène, pourrait avoir une forte abondance dans les paysages caractérisés par une couverture intense du palmier dattier, des plantations et des champs de céréales, et une très faible couverture des zones bâties. La tourterelle des bois évite totalement l'urbanisation et les perturbations humaines surtout durant la période de reproduction (**Boukhemza-Zemmouri et al., 2008 ; De Buruaga et al., 2012 ; Dias et al., 2013 ; Absi et al., 2015 ; Brahmia et al., 2015 ; Kafi et al., 2015 ; Hanane 2015, 2018, 2019 ; Mansouri et al., 2020**).

Dans notre région, les palmeraies sont les habitats arboricoles les plus disponibles, la dépendance de la tourterelle des bois indigène à cet habitat est donc fondamentale. De plus, c'est un habitat de reproduction favorable car il fournit les supports et les ressources alimentaires nécessaires dans la strate herbacée (**Hanane et Baâmal ,2011; Hanane, 2012 ; Dias et al., 2013 ; Torki ,2014 ; Absi et al.,2015**). La tourterelle des bois est une espèce spécialisée dans la sélection de l'habitat (**Yahiaoui et al., 2014**), dont la survie dans notre région dépend strictement de la présence des palmiers dattiers plus haute. La raison de l'abondance de la tourterelle des bois exclusifs dans les palmeraies traditionnelles est qu'elles se caractérisent par la présence de grands palmiers dattiers avec un grand nombre d'arbres fruitiers qui leur permet de nidifier en hauteur plus élevées.

Les conditions locales telles que les perturbations humaines, la disponibilité des ressources alimentaires et la pression des prédateurs dans les plantations sont aussi importantes (**Hanane et Baâmal ,2011**). De plus, les terres cultivées de maraîchage et de céréalicultures ont un impact plus important sur l'abondance des columbidés, et l'utilisation des graines des cultures comme source de nourriture pour les tourterelles des bois a été rapportée par plusieurs auteurs (**Browne et Aebischer, 2003 ; Hanane et Baâmal ,2011 ; Kafi et al., 2015 ; Hanane 2018, 2019**).

L'indépendance de certaines espèces de Columbidé vis-à-vis des cultures céréalières et des cultures maraîchères pourrait s'expliquer par la satisfaction alimentaire dans les palmeraies (ils nichent dans les palmeraies et se nourrissent des graines des cultures fourragères), tandis que la disponibilité des mauvaises herbes, des dattes et de l'eau explique l'attrait de Columbidés pour ce milieu agricole. De plus, du fait de la disponibilité quotidienne des céréales (essentiellement de l'orge) dans l'alimentation des chèvres, des moutons et des vaches, la présence des écuries dans chaque palmeraie contribuerait également à l'atteinte de la satisfaction alimentaire des espèces étudiées. Effets de l'agriculture intensive sur la

Chapitre II : Effets des composants urbains et ruraux du paysage sur la distribution et l'abondance de trois espèces sympatriques des colombidés dans la région du Biskra

communauté des oiseaux, **Khouri et Al-Shamlih (2006)** ont décrit cette espèce de Columbidé comme "agrophile" car elle bénéficie de l'expansion agricole.

Les trois espèces de Columbides peuvent être regroupées en trois catégories en fonction de la façon dont ces espèces réagissent au gradient urbain-rural, selon **Fischer et al., (2015)**, ces catégories sont (l'habitant de l'urbain) pour la tourterelle turque envahissante, (l'utilisateur de l'urbain) pour la tourterelle maillée en expansion, et (l'éviter urbain) pour la tourterelle des bois indigène.

6. Conclusion

Notre étude met en évidence l'importance de la composante du paysage sur la distribution et l'abondance de trois espèces de Columbides dans la région de Biskra, il est important de savoir quelle espèce est la plus sensible à un éventuel changement d'occupation des sols dans un futur proche ? Nos résultats ont montré que la tourterelle des bois indigène est la plus vulnérable. Nous avons constaté que les palmeraies, en particulier les palmiers dattiers, ainsi que les ressources alimentaires essentielles telles que les mauvaises herbes, les graines de graminées sauvages et les dattes, sont cruciales pour la conservation de la tourterelle des bois vulnérable dans une partie du bassin méditerranéen (la région de Biskra au sud-est algérien), alors que ces habitats agricoles sont essentiels pour réduire la vulnérabilité de la tourterelle des bois et favoriser la propagation de la tourterelle maillée. il est clair que l'urbanisation de Biskra a connu une croissance significative ces dernières années, avec une augmentation de la superficie urbaine de **3 348 hectares** en 2011 à **5 858 hectares** en 2018 (**U.R.B.A, 2018**), tandis que les superficies de cultures permanentes ont diminué de manière correspondante de **2 387 hectares** en 2011 à **1 087 hectares** en 2018 (**D.S.A, 2018**). Bien que la tourterelle turque envahissante puisse bénéficier de cette propagation, la tourterelle maillée en expansion est seulement partiellement adaptée à l'urbanisation, ce qui souligne l'impact potentiellement négatif de l'urbanisation sur la tourterelle des bois indigène si elle se poursuit au même rythme rapide. Bien que le Plan d'action international 2018-2028 (**Fisher et al., 2018**) pour la conservation de la tourterelle ne considère pas l'urbanisation comme une menace potentielle, il est important de mettre en place un système de suivi et d'évaluation pour surveiller l'impact de l'expansion urbaine sur les populations d'oiseaux nicheurs dans la région de Biskra. La conservation de la tourterelle des bois indigène vulnérable nécessite une approche intégrée qui implique la sensibilisation des citoyens et des agriculteurs sur l'importance de sa protection. Cette sensibilisation doit également s'accompagner d'une recherche d'un équilibre entre l'expansion urbaine et la couverture des

Chapitre II : Effets des composants urbains et ruraux du paysage sur la distribution et l'abondance de trois espèces sympatriques des colombidés dans la région du Biskra

cultures permanentes, afin de préserver l'abondance de cette espèce dans la région de Biskra. De plus, l'intensification des cultures permanentes, notamment de palmiers dattiers, dans les palmeraies, est une mesure souhaitable pour préserver la biodiversité de cette région. Les palmeraies constituent en effet le milieu arboré le plus abondant de la région, ainsi que le plus grand centre de production des dattiers en Algérie, qui sont tous adaptés à la nature du milieu aride de la région. En adoptant ces mesures, nous pouvons garantir la préservation de la tourterelle des bois, ainsi que la biodiversité de la région de Biskra.



Landscape composition governs the abundance patterns of native and invasive Columbidae species along an urban–rural gradient and contribute to their partitioning

Nasrine Saâd · Saâd Hanane · Mohamed Dhaya El Hak Khemis · Kamilia Farhi

Received: 17 November 2019 / Accepted: 19 February 2021 / Published online: 6 March 2021
© The Author(s), under exclusive licence to Springer Nature Switzerland AG part of Springer Nature 2021

Abstract Assessing the effects of landscape composition on invasive and native wildlife abundance patterns is necessary to reach effective biodiversity management planning, especially on the margins of cities. However, we still have a limited understanding on the relationships between the landscape components and bird abundance. Given this knowledge gap, an urban–rural gradient approach was performed (1) to evaluate relationships between abundances of three sympatric dove species, namely invasive Eurasian collared dove (*Streptopelia decaocto*), expanding laughing dove (*Spilopelia senegalensis*), and native European turtle dove (*Streptopelia turtur*), and landscape composition, and (2) to identify the elements of the landscape that are determining in explaining the abundance patterns for these three species. Our results showed (1) the presence of a substantial segregation in the abundances of the three species along urban–rural gradient depending on the cover of built-up areas, (2)

that the abundance of Eurasian collared dove increased with high cover (%) of built-up areas and low cover of cereals, (3) that laughing dove abundance increased with a high cover of permanent crops and low road lengths, but decreased when there are more than three fruit trees species, and (4) that of European turtle dove increased with a high cover of permanent crops, vegetable crops, and a high richness of fruit trees, but decreased with high built-up areas cover and when roads lengths exceed 1 km. Considering these responses to urban–rural gradient, these species can be classified into three distinct spatial categories: (1) “urban dweller” for the invasive Eurasian collared dove, (2) “urban utilizer” for expanding laughing dove, and (3) “urban avoider” for the native European turtle dove. The possible expansion of the urban areas at the detriment of permanent crops could be unfavourable for the native European turtle dove. Further monitoring, by a fixed time step, to detect environmental factors behind the changes in the composition of landscape and distribution of wildlife (both invasive and native) would be of great importance. The synergy among farmers, urban managers and researchers is recommended for the conservation of biodiversity in this region.

N. Saâd · K. Farhi
Laboratory of Ecosystems Diversity and Agricultural Production Systems Dynamics in Arid Zones, Mohamed Khider University, Biskra, Algeria

S. Hanane (✉)
Forest Research Center, Department of water and Forests,
Avenue Omar Ibn El Khattab, BP 763,
10050 Rabat-Agdal, Morocco
e-mail: sdhan333@gmail.com

M. D. El Hak Khemis
University of Badji Mokhtar, 23000 Annaba, Algeria

Keywords Urban–rural gradient · Urban and agricultural landscapes · Breeding dove community · Modeling · North Africa

Introduction

The landscape composition has often been attributed a key role in driving the distribution and abundance of vertebrates, such as birds (LeBrun et al. 2016; Barros et al. 2019; Gianpasquale and Merrigi 2019), mammals (Bowman et al. 2001; Panzacchi et al. 2010; Abouelezz et al. 2018), and reptiles (Knutson et al. 1999; Buskirk 2005). This has also been highlighted along urban–rural gradients, as was the case in Japan (Natuhara and Imai 1996), in Argentina (Garaffa et al. 2009) and in USA (Evans et al. 2018). The expansion of the urban areas at the expense of natural habitats is a continuously growing process worldwide (Alig and Healy 1987; Garaffa et al. 2009; Gibbs et al. 2010). A foremost consequence of such an expansion is landscape simplification and fragmentation (Karp et al. 2012; Sharma et al. 2020), thus leading to a loss of biodiversity and natural capital (Aronson et al. 2014; Sol et al. 2014; Sharma et al. 2020). According to the landscape context, proportion of land use can favor the development of invasive or native species. For instance, a landscape dominated by urban habitats (modified habitats) is often a key point of entry for invasive species (Gaertner et al. 2017), while that dominated by natural habitats (non-modified habitats) mostly encourages the establishment of native species.

In general, the selection of habitats by breeding animals is governed by the availability of food, land cover patterns and security level (Mao et al. 2019). A dominance of urban land cover would decrease the species richness and increase abundances compared to that dominated by the natural land cover (McKinney 2002; Lepczyk et al. 2008; Ortega-Álvarez and MacGregor-Fors 2009). This is all the more true that the composition and configuration of habitats are known to be key factors governing the spread rate of invasive species (O'Reilly-Nugent et al. 2016; Lustig et al. 2017). Levels of spatial heterogeneity in this composition can also contribute to promote the establishment of such species (La Morgia et al. 2011; Thies et al. 2011; Lustig et al. 2017; Viana et al. 2017). They also contribute in separating between native and exotic species. For instance, Barnagaud et al. (2014), when studying the distributional patterns of 10 native and 11 exotic species, have found that exotic species were most abundant in exotic conifer plantations, whereas native birds predominated in areas dominated by continuous native forest.

In another example, Stavert et al. (2017), by assessing the effect of agricultural intensification on abundance of insect pollinators have recorded a contrasting response; being positive for the most exotic species and mostly negative for native species. In South America, the invasive Monk Parakeet species (*Myiopsitta monachus*) has occupied especially areas where original grasslands have been converted for crops or tree planting (Bucher and Aramburú 2014; Viana et al. 2017). All these examples agree to confirm the determinant role of landscape composition on distribution and abundance of both invasive and native species. Overall, as has been stressed by Gaertner et al. (2017), the presence of native species is mostly associated to natural habitats, while invasive species use mainly modified habitats.

Given the paucity of knowledge on how landscape composition and context are related to communities of invasive, native, and range-expanding species, our aims were to: (1) estimate the abundances of invasive, range expanding, and native species; (2) evaluate relationships between species abundance and landscape composition along the urban–rural gradient; and, (3) identify the elements of the landscape that explain the abundance patterns for the three types of species. To address these aims we evaluated the abundance patterns of three sympatric granivorous Columbidae species in relation to landscape composition along the urban–rural gradient. Specifically, we quantified the abundance the invasive Eurasian collared dove (*Streptopelia decaocto*; Frivaldszky, 1838), the range expanding laughing dove (*Spilopelia senegalensis*; Linnaeus, 1766), and the native European turtle dove (*Streptopelia turtur*; Linnaeus, 1758). This choice was dictated by the (1) significant presence of the three species in the studied area, (2) unfavorable conservation status of the European turtle dove (BirdLife International 2017), and (3) possible threat that can pose the invasive Eurasian collared dove for the native European turtle dove. Based on the available knowledge on the use of habitats by breeding columbidae (e.g., Boukhriss and Selmi 2009; Fujisaki et al. 2010; Hanane and Baâmal 2011; Dias et al. 2013; Hanane 2015, 2019), we hypothesized the presence of (1) a segregation between Eurasian collared dove on the one hand, and laughing dove and European turtle dove on the other, in relation with the cover of built-up areas, (2) higher abundance of invasive Eurasian collared dove in and near the city of Biskra where the

landscape is composed by high cover of built-up areas, (3) higher abundance of range expanding laughing dove relatively far away from the Biskra city in the presence of landscapes with high cover of date palm plantations and with moderate cover of built-up areas, and (4) higher abundance of the native European turtle dove very far away from the Biskra city in the presence of landscapes composed by high cover of date palm plantations and cereals, and a very low cover of built-up areas.

Methods

Study area and species

Our study was conducted in Algeria, in the arid region of Biskra (34° 50.222' N; 5° 45.063' W). The area (21,509.8 km²) has a Saharan climate, with an annual average rainfall of 149.7 mm, most of which falls during the winter season (December–January) (ONM 2016; Farhi et al. 2019). Temperatures vary widely, being more moderate during winter and hot in summer (especially in July) with peaks that can often reach 44 °C (Farhi et al. 2019). Mean relative humidity is 35% with a minimum of 25.6% during July and a maximum of 59.1% during December (Farhi et al. 2019). Altitude ranges from 125 to 300 m above sea level.

The landscape of the study area consists of four large classes based on the spatial cover: (1) Saharan lands (14,712.22 km², 68.4%), (2) built-up areas (3866.35 km², 17.9%) (of the city of Biskra), (3) arable lands (488.68 km², 2.3%) consisting of vegetable crops, such as tomatoes (*Solanum lycopersicum*), pepper (*Capsicum annuum*), eggplant (*Solanum melongena*), and courgette (*Cucurbita pepo*) as well as cereals, such as wheat (*Triticum turgidum* and *T. aestivum*) and barley (*Hordeum vulgare*), and (4) permanent crops (473.05 km², 2.2%) dominated mainly by date palm plantations (*Phoenix dactylifera*), followed, in order of importance, by olive trees (*Olea europaea*), pomegranate trees (*Punica granatum*) and fig trees (*Ficus carica*). These fruit trees strata are also associated with a great variety of spontaneous plants. According to Diab (2015), the most common annual species are the lesser crystal ice plant (*Mesembryanthemum nodiflorum*), milk thistle (*Silybum*

marianum), field sowthistle (*Sonchus arvensis*), and smooth sowthistle (*Sonchus olearaceus*).

Overall, palm groves are mono-specific stands (7–10 m between trees). In some cases, intercrops, mainly composed of olive trees, pomegranate trees, and fig trees, are also present. In this arid agricultural area, both traditional (water crossing system on the ground made by the farmer) and modern (drip, sprinkler, and pivot) irrigation systems are used depending on: (1) water availability and (2) financial cost. The study area is crossed by four permanent rivers: Djedi, Biskra, El-Arab, and El-Abiod. Besides, the city of Biskra is surrounded by palm groves. The minimum and maximum distances between the city of Biskra and the nearest palm grove are 1.95 and 100 km, respectively. In most palm orchards, only one habitation (house) exists. In others, they are absent.

Among the studied Columbidae species, the Eurasian collared dove is the only originated from India, Sri Lanka, and Myanmar (Fujisaki et al. 2010). It is at the beginning of the nineteenth century that this species colonized Northwest Africa and Europe (Rocha and Hidalgo 2002; Eraud et al. 2007). Eurasian collared dove colonized North Africa through Morocco in 1986 (Franchimont 1987). The first records of the species were on April 25th, 1971 in Morocco (Bergier et al. 1999), between 1991–1995 in Tunisia (Isenmann and Moali 2000), and in 1994 in Algeria in the city of Annaba. In Africa, the laughing dove occurs throughout sub-Saharan Africa and is absent only from true desert (Hockey et al. 2005; Hanane 2015). The expansion towards Morocco and Tunisia was achieved based on birds leaving Algeria. The species has been recorded in Northern Algeria since 1978 (Isenmann and Moali 2000). Its first record was from 1976 both in Morocco (Bergier et al. 1999) and Tunisia (Isenmann and Moali 2000).

Survey design

Bird surveys were conducted by car in 2019 during the peak of the breeding activity in June (*paper in preparation*). A total of six transects (12 km long each) were randomly selected from a pool of 25 possible choices in the Biskra region. We conducted 25 point counts per transect, each spaced 500 m apart (Bibby et al. 2000; Buckland 2006; Wheeldon et al. 2019), for a total of 150 counts across the six transects (Fig. 1). We repeated our surveys three times (from 5

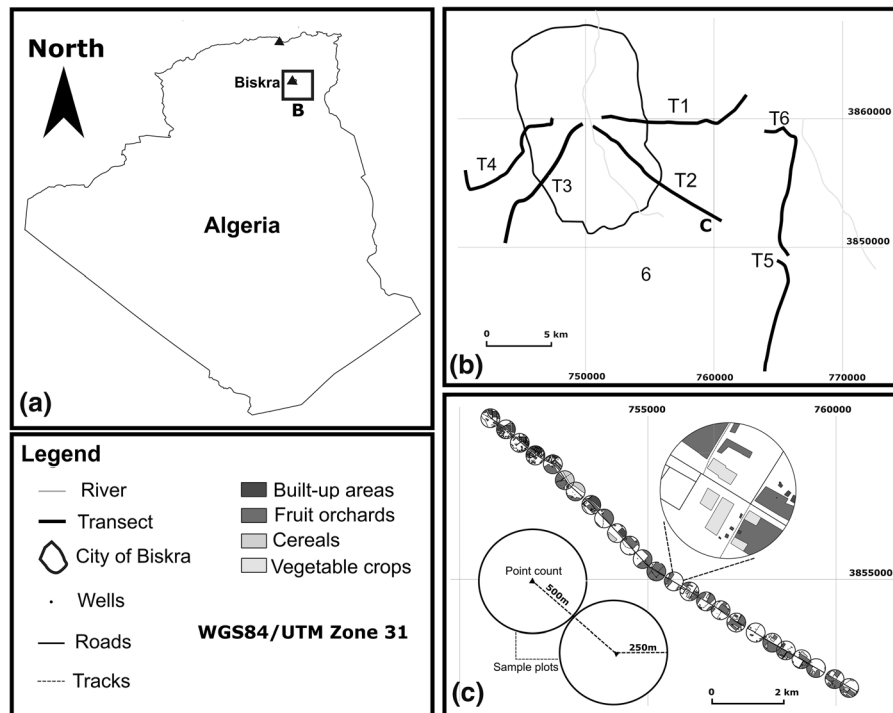


Fig. 1 Map showing **a** the geographic position of Biskra (Algeria), **b** the spatial distribution of the six transect, and **c** a model of buffers distribution along an urban–rural transect and how they have been used for land use cover

to 7 June, 12 to 14 June, and 19 to 21 June, respectively) such that over the breeding season we had collected a total of 450 point counts. During each visit, the same observer (N. Saâd) performed all bird counts, recording all doves heard and seen in a 5 min period over the 50-m radius (Degraaf et al. 1991; Melles et al. 2003). Point counts were sampled from 6:00 to 10:00 AM nearly always in good weather, ensuring that detection conditions were relatively homogeneous.

Landscape metrics and GIS procedure

The quantification of the landscape composition along the urban–rural gradient were performed using QGIS V3.4.2-Madeira (Quantum GIS Development Team 2019), an open-source Geographic Information System (GIS) software. The coordinate system applied is WGS84/UTM Zone 31 N to minimize the distortion of areas and to maintain the small shapes.

Along the six transects, georeferenced point counts (GPS receiver) were performed at each 500-m to quantify the spatial extent of land cover (urban and

agricultural, Table 1) in 150 buffers established on a 250-m radius (Dias et al. 2013; Borges et al. 2017) and centered on each counting point. We then used ESRI's Online World Imagery Datasets taken on August–October 2016 (Esri.com) and available in QGIS Madeira V3.4.2 as a Base map with a spatial resolution of 1 m for the world cities (<https://qgis.org>) for getting all spatial extent of land cover by digitizing land-use variables in the form of vectors and calculating the proportion covered by different land cover types and distances within all buffers. Six land-use variables, namely covers of built-up areas, cereals, vegetable crops and fruit trees, and lengths of roads and tracks, have therefore been considered because of their importance for the three studied dove species: the urban areas for Eurasian collared dove (Eraud et al. 2007; Fujisaki et al. 2010; Scheidt and Hurlbert 2014), the fruit trees and cereals for European turtle dove (Dias et al. 2013; Kafi et al. 2015; Hanane 2017), and fruit trees for laughing dove (Hanane et al. 2011a, b). The size of the buffers (i.e., 20 ha) is sufficient to detect a possible influence of landscape composition

Table 1 Landscape composition variables, description, and mean, standard deviation, and Range (Min.–Max.) values across the 150 buffers 0.19 km² landscapes established along the urban–rural gradient at Biskra (Algeria)

Variables	Acronym	Description	VIF	Mean	SD	Range
Building	BT	% cover of built-up area	1.85	7.85	14.80	0–80.00
Tracks	TK	Length of tracks (m)	1.12	324.51	375.86	0–2104.16
Roads	RD	Length of roads (km)	1.80	0.892	0.858	0–5.060
Cereals	CER	% cover of cereal fields	1.06	7.44	15.26	0–66.10
Vegetables crops	VEG	% cover of vegetable crop fields	1.03	0.40	1.40	0–9.05
Wells	WELL	Number of active wells	1.14	0.48	0.80	0–4.00
Fruit orchards	FOC	% cover of palm, olive and other fruit trees	1.34	22.90	24.15	0–95.70
Richness of fruit trees	FRS	Number of fruit tree species	1.33	1.42	1.57	0–5.00
Farms	FDS	Number of farm with orchards	4.46*	0.78	0.81	0–2.00

Variance Inflation Factor (VIF) for each considered variable is also added

VIF values without asterisk are those obtained with the final set of selected variables

*Variables with VIF > 3 were not considered for modeling

on the abundances of the three Columbidae species (Dias et al. 2013; Borges et al. 2017).

Statistical analyses

For all of our models, the dependent variable was the mean number of a dove species at a point count. We then have three dependent variables corresponding to each of the studied three species. To ensure normality, four independent variables were log-transformed (covers of vegetable crops, cereals, built-up areas, and length of tracks). To overcome multicollinearity, all predictive variables were tested with the Variance Inflation Factor (VIF) Analysis (Quinn and Keough 2002). Variables with a VIF > 3 were removed as recommended by Zuur et al. (2010). To do this, we gradually removed the variable with the highest VIF until the set of variables had a VIF lower than 3 (Table 1).

Statistical analyses were performed in three stages: first, to know the abundance patterns as a function of the cover of built-up areas (Blair 2001) in the three studied Columbidae species, we investigated abundances per point-count as a function of Columbidae species (as a categorical variable), the cover of built-up areas (continuous variable) and their interaction (as.factor (species) x cover of built-up areas) using a generalized linear mixed model (GLMM) with a Poisson distribution and log link function. Transect and point identity were included as random factors in

the model to account for potential non-independence of multiple observations at the same transect and the same point within a transect. Because the interaction between dove species and the cover of built-up areas was statistically highly significant ($\chi^2 = 319.23$, $df = 2$, $P < 0.001$), we modeling each species separately. Second, to determine which of the landscape variables (Table 1) govern the abundance pattern for invasive Eurasian collared doves, range expanding laughing doves, and native European turtle doves, we performed a generalized linear mixed model (*glmer*, R-package *lme4*, Bates et al. 2015) with Poisson distribution and a log-link function, including transect and point identity as random factors. At this stage, all the landscape covariates were considered linearly, log-transformed (to detect any plateau) or quadratically (to detect any optimum).

Models were then ordered by increasing Akaike Information Criterion (AIC), and the AIC weights were calculated (Burnham and Anderson 2002). The model with the lowest AIC was selected as the best fitting model. We corrected AIC for small sample size using AICc (Burnham and Anderson 2002). All models with $\Delta AICc$ lower than 2 were considered as equally good (Burnham and Anderson 2002), and model averaging was used to generate estimates of function slopes for the parameters of interest (Burnham and Anderson 2002). Model weights were used to define the relative importance of each explanatory variable across the full set of models evaluated by

summing the weight values of all models that included the explanatory variable of interest.

One of the assumptions of parametric statistics is that observations are independent of each other. This assumption is often violated with spatial data, so it is important to test for and, where present, subsequently address spatial autocorrelation in data prior to data analysis. We used Moran's I coefficients and correlograms to evaluate spatial patterns in the data (Diniz-Filho et al. 2005). We assessed the significance of the values for each lag with a Monte-Carlo test of 999 permutations. A correlogram was significant if at least one lag resulted in $P < 0.005$ (adjusted Bonferroni correction). When spatial autocorrelation is encountered for the best model combination, we used spatial generalized linear models, fitted via penalized quasi-likelihood (glmmPQL), with a Poisson error. glmmPQL (exponential spatial correlation structure) enables the building of spatial models with dependent data not normally distributed and is among the best techniques for these kinds of data (Dormann 2007).

Variance explained was calculated using the methods of Nakagawa and Schielzeth (2013). We calculated marginal R^2 (which describes the variance explained by fixed effects) and conditional R^2 (which describes variance explained by both the fixed and random factors).

All statistical analyses were performed in R-3.5.0 software (R Development Core Team 2018). We used the package "car" (Fox and Weisberg 2011) to calculate Variance Inflation Factor (VIF), package "lme4" to fit generalized linear mixed models (Bates et al. 2015), and package "MuMIn" to calculate AICc (Bartoń 2015). The packages "spdep" (Bivand 2017), "ncf" (Bjornstad and Cai 2020) were used to draw correlograms, and the package "MASS" was used to fit glmmPQL models (Venables and Ripley 2002). Furthermore, to plot the relationship between Columbidae abundances per point count and explanatory landscape variables included in the best models, the "visreg" package (Breheny and Burchett 2012) was used. Means are quoted \pm standard errors.

Results

Columbidae abundances and urbanization along urban–rural gradient

As predicted by our first hypothesis, substantial segregation in the abundances of the three species along urban–rural gradient depending on the cover of built-up areas was highlighted between laughing doves and European turtle doves on the one hand and Eurasian collared dove on the other (Table 2, Fig. 2a, b). In this arid region, European turtle dove is the most sensitive species to urbanization (Fig. 2b) followed by laughing dove (Fig. 2b). However, Eurasian collared dove shows a strong preference for urban areas (Fig. 2b).

Landscape composition and Columbidae abundances along urban–rural gradient

Invasive Streptopelia decaocto

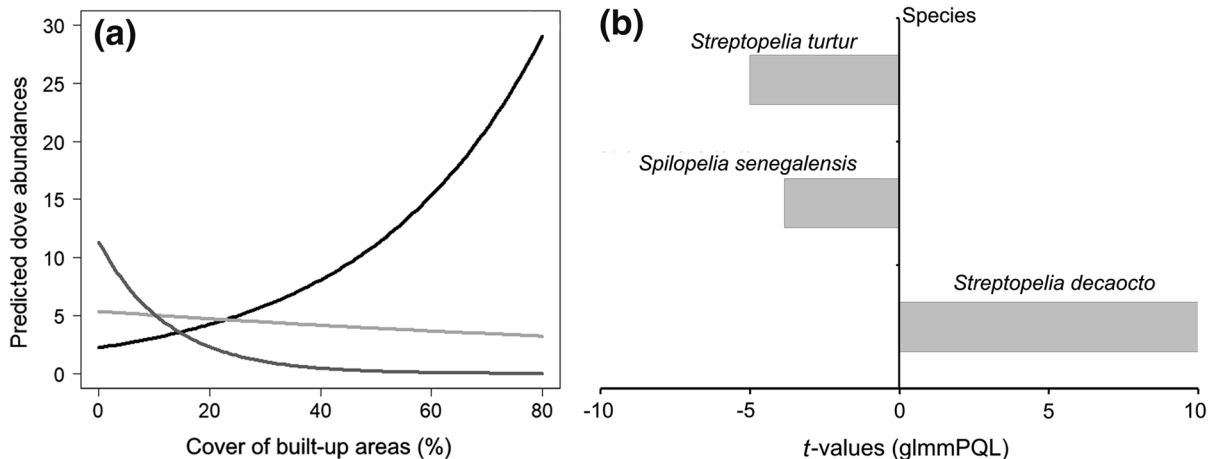
The GLMM analyses showed that Eurasian collared dove abundances were influenced quadratically by the number of wells, positively by the extent of built-up areas and distance to the nearest track, and negatively by the extent of cereals (Tables 3, 4). The closest model includes all these covariates except for the length of tracks (Table 3) underscoring their robustness in explaining the abundances of this dove species. The residuals of the best model of Eurasian collared dove abundance exhibited significant positive spatial autocorrelation (Table 3). When we considered spatial autocorrelation in the modeling through the glmmPQL models, only the effects of covers of cereals and built-up areas were maintained (Fig. 3a, b, Table 3). The importance of this latter component of the landscape was predicted by our second hypothesis, whereas that of cereal cover was not.

Expanding Spilopelia senegalensis

Laughing dove abundances were quadratically influenced by the extent of fruit orchards, positively by the richness of fruit trees and cereal cover, and negatively with distance to the nearest paved road (Tables 3 and 4). As for Eurasian collared dove, the closest model includes all the predictors of the best model except for cereal cover (Table 3), which reflects their relevance

Table 2 Effect of built-up areas covers on abundances of native and invasive Columbidae species along an urban–rural gradient in the Biskra region

Dove species	Variables	Spatial model (glmmPQL)				
		β -coefficient	SE	<i>t</i> -value	<i>P</i> -value	$R^2_m - R^2_c$
Eurasian collared dove	Log (BT + 1)	0.400	0.038	10.400	0.0000	0.41–0.72
Laughing dove	Log (BT + 1)	– 0.234	0.058	– 3.993	< 0.0001	0.09–0.85
European turtle dove	Log (BT + 1)	– 0.498	0.105	– 4.748	0.0000	0.12–0.98

**Fig. 2** **a** Predicted abundances of invasive Eurasian collared (in black line), laughing dove (in light grey), and native European turtle dove (in dark line) along urban–rural gradient in Biskra

(Algeria). **b** Histograms of the glmmPQL *t*-scores showing the responses of the three dove species to coverage of built-up areas along urban–rural gradient in the Biskra region (Algeria)

in explaining the abundances of laughing doves. Like that of the Eurasian collared dove, the residuals of the best model of laughing dove abundances exhibited significant positive spatial autocorrelation (Table 3). Spatial glmmPQL models showed, as predicted by our third hypothesis, that only the effects of proximity to the road, richness of fruit trees, and cover of fruit orchards were retained (Fig. 3c, d, e, Table 4).

Native *Streptopelia turtur*

European turtle dove abundance was positively influenced by the extent of fruit orchards, covers of vegetable areas and cereals, richness of fruit trees, associated quadratically with distance to the nearest road, and negatively correlated with the cover of built-up areas. As for the two previous species, the closest model includes all covariates in the best model except for cover of vegetable crops. This informs to their relevance in explaining the abundances of this

vulnerable dove species (Table 3). The residuals of the best model of European turtle dove abundance exhibited significant positive spatial autocorrelation (Table 3). Except for cereal cover, all the aforementioned variables were kept by the spatial models (Fig. 3f, g, h, i, j, Table 4). These results confirm our fourth hypothesis except for covers of cereals.

Discussion

Our results showed that the abundance of Eurasian collared doves is greater with a high cover of built-up areas and that those of laughing doves and European turtle doves are greater at a low cover of built-up areas. The assessment of the effect of landscape composition on Columbidae abundances showed that the numbers of invasive Eurasian collared dove increased with a high cover of built-up areas and a low cover of cereals. The abundance of expanding laughing dove increased

Table 3 Best model combinations explaining abundances of the three sympatric breeding columbidae in the Biskra region

Species	K	Loglik	AICc	Δi	W_i	R^2 GLMMm	R^2 GLMMc	Moran's I (<i>P</i> -values)
Eurasian Collared-dove								
CER + log (BT + 1) + log (TK + 1) + WELL + WELL ²	6	- 598.206	1213.0	0.00	0.644	0.577	0.784	0.25 (0.000)
CER + log (BT + 1) + WELL + WELL ²	5	- 600.556	1215.6	2.59	0.177			
CER + log (BT + 1) + log (TK + 1)	4	- 600.903	1216.3	3.26	0.126			
Null model	1	- 715.395	1436.9	223.88	0.000			
Laughing dove								
Log (CER + 1) + FOC + FRS + FRS ² + RD	6	- 660.156	1336.9	0.00	0.745	0.341	0.871	0.13 (0.000)
FOC + FRS + FRS ² + RD	5	- 662.457	1339.4	2.47	0.217			
Log (BT + 1) + log (CER + 1) + FOC + FRS + FRS ²	6	- 663.780	1344.2	7.25	0.020			
Null model	1	- 811.856	1629.8	292.90	0.000			
European Turtle dove								
Log (BT + 1) + log (CER + 1) + log (VEG + 1) + FOC + FRS + RD + RD ²	8	- 807.189	1635.3	0.00	0.996	0.689	0.990	0.40 (0.000)
Log (BT + 1) + log (CER + 1) + FOC + FRS + RD + RD ²	7	- 814.146	1647.0	11.74	0.003			
Log (BT + 1) + log (CER + 1) + log (VEG + 1) + FOC + FRS	6	- 816.612	1649.8	14.52	0.000			
Null model	1	- 933.974	1874.0	238.75	0.000			

Models are ranked according to Akaike's information criterion corrected for small sample size (AICc) and only three best models within an interval of $\Delta AICc < 2$ are shown. The difference in AICc from the best supported model ($\Delta AICc$), Akaike's weights (w_i), -2 log-likelihood values (logLik), marginal and conditional R^2 GLMM for the most parsimonious model for each dove species, and Moran's I (*P*-values) are also given. Variable acronyms are explained in Table 1

with the richness of fruit trees, reaching an optimum at around three fruit tree species and then decreased. It also increased with the cover of fruit orchards and decreased with a low length of roads. In native European turtle dove, the abundance increased with the cover of vegetable crops, the extent of fruit orchards, and the richness of fruit trees. Furthermore, its abundance increased with length of roads, reaching an optimum at around 1 km and then decreased, but decreased with the built-up area cover.

As predicted by our first hypothesis, substantial segregation in the abundances of the three species depending on built-up areas cover was highlighted in the Biskra region between laughing doves and European turtle doves on the one hand and Eurasian collared dove on the other. Previous studies have also demonstrated the predominant presence of the European turtle dove in rural areas compared to the highly urbanized Eurasian collared dove (Evans et al. 2009, 2011). In examining the dietary overlap between

potential competing Columbidae species, Dunn et al. (2018) have highlighted a very weak overlap between European turtle doves and Eurasian collared doves.

These results provide information on the types of land use that are suitable for the three studied Columbidae species. As expected in our second hypothesis, the study highlighted the preference of invasive collared doves for urban areas. This finding is in line with previous studies in North Africa (Belabed et al. 2013; Aouissi et al. 2015; Bendjoudi et al. 2015), Europe (Coombs et al. 1981; Eraud et al. 2007), North America (Fujisaki et al. 2010; Scheidt and Hurlbert 2014), and elsewhere (Camacho-cervantes and Schondube 2018; Luna et al. 2018). The presence of a strong spatial autocorrelation corroborates this result to the extent that human structures are mainly localized within or close to the city of Biskra. Moreover, Eurasian collared dove abundance was negatively associated with the cover of cereal. This finding can be related to the high availability of food resources

Table 4 Comparison of non-spatial (GLMM) and spatial (glmmPQL plus exponential correlation structure) models of abundances of the three sympatric breeding columbidae in the Biskra region

Species	Variables	Non-spatial model (GLMM)				Spatial model (glmmPQL)			
		β -coefficient	SE	z-value	P	β -coefficient	SE	t-value	P
Eurasian collared-dove	Intercept	0.733	0.221	3.312	0.001	0.771	0.228	3.383	0.001
	CER	- 0.030	0.005	- 6.035	< 0.001	- 0.029	0.008	- 3.699	0.000
	Log (BT + 1)	0.357	0.028	12.465	< 0.001	0.366	0.038	9.596	0.000
	Log (TK + 1)	0.028	0.013	2.154	0.031	0.021	0.019	1.070	0.287
	WELL	0.271	0.119	2.274	0.023	0.287	0.182	1.576	0.118
	WELL ²	- 0.159	0.054	- 2.940	0.003	- 0.164	0.083	- 1.979	0.050
Laughing dove	Intercept	0.671	0.352	1.908	0.056	1.072	0.358	2.999	0.003
	Log (CER + 1)	0.065	0.030	2.158	0.031	0.043	0.056	0.780	0.437
	FOC	0.017	0.002	11.073	< 0.001	0.011	0.002	4.565	0.000
	FRS	0.360	0.069	5.196	< 0.001	0.353	0.124	2.851	0.005
	FRS²	- 0.055	0.015	- 3.652	< 0.001	- 0.052	0.027	- 1.937	0.055
	RD	- 0.269	0.080	- 3.349	< 0.001	- 0.454	0.123	- 3.704	0.000
European turtle dove	Intercept	- 0.026	0.595	- 0.044	0.965	- 0.250	0.761	- 0.329	0.743
	Log (BT + 1)	- 0.396	0.061	- 6.466	< 0.001	- 0.345	0.120	- 2.883	0.005
	Log (CER + 1)	0.131	0.021	6.183	< 0.001	0.037	0.038	0.960	0.339
	Log (VEG + 1)	0.211	0.056	3.796	< 0.001	0.278	0.094	2.965	0.004
	FOC	0.011	0.002	5.596	< 0.001	0.010	0.004	2.573	0.011
	FRS	0.152	0.031	4.888	< 0.001	0.323	0.096	3.358	0.001
	RD	1.810	0.475	3.807	< 0.001	1.363	0.712	1.915	0.058
	RD²	- 0.884	0.277	- 3.189	0.001	- 0.824	0.378	- 2.181	0.031

$P < 0.05$ in bold. See methods for details. Variable acronyms are explained in Table 1

(Bendjoudi et al. 2015) in this city. The abundance of Eurasian collared doves is associated neither with the effect of permanent crops nor with that of arable lands (Hengeveld 1988; Eraud et al. 2007; Scheidt and Hurlbert 2014).

This study also shows the laughing dove's preference for permanent crops with a richness of three fruit tree species. The use of permanent crops during the breeding period by this Columbidae was reported in Tunisian (Boukhriss and Selmi 2009) and Moroccan (Hanane et al. 2011a, b; Hanane 2015, 2017) olive groves, and in Algerian palm and olive groves (Absi et al. 2015; Brahmia et al. 2015, respectively). The selection of such habitat by this species is driven by its dietary requirements, as it is also known to be frugivorous (Usieta et al. 2013).

The tree richness exceeding three fruit trees is not attractive for laughing dove. In Biskra, this dove

species, also called palm dove, mostly opts for modern date palm orchards with date palm trees of a medium height around 4.00 m, low richness of fruit trees, and important spacing between trees. Tall date palm trees and high richness and density of fruit trees are generally avoided by this expanding dove species. Such microhabitat would favor the presence of predators (Huhta et al. 2004, Seibold et al. 2013) and obscure the wide view of the surroundings of laughing doves.

Contrary to our third hypothesis, the laughing dove abundances were negatively correlated with the length of roads. Such behavior can be attributed to the use of fruit orchards for nesting at this period of the year. The absence of an effect of arable lands, i.e., cereals and vegetable crops, fully supports this explanation. In studying the impact of intensive agriculture of the bird community, Khoury and Al-Shamli (2006) described

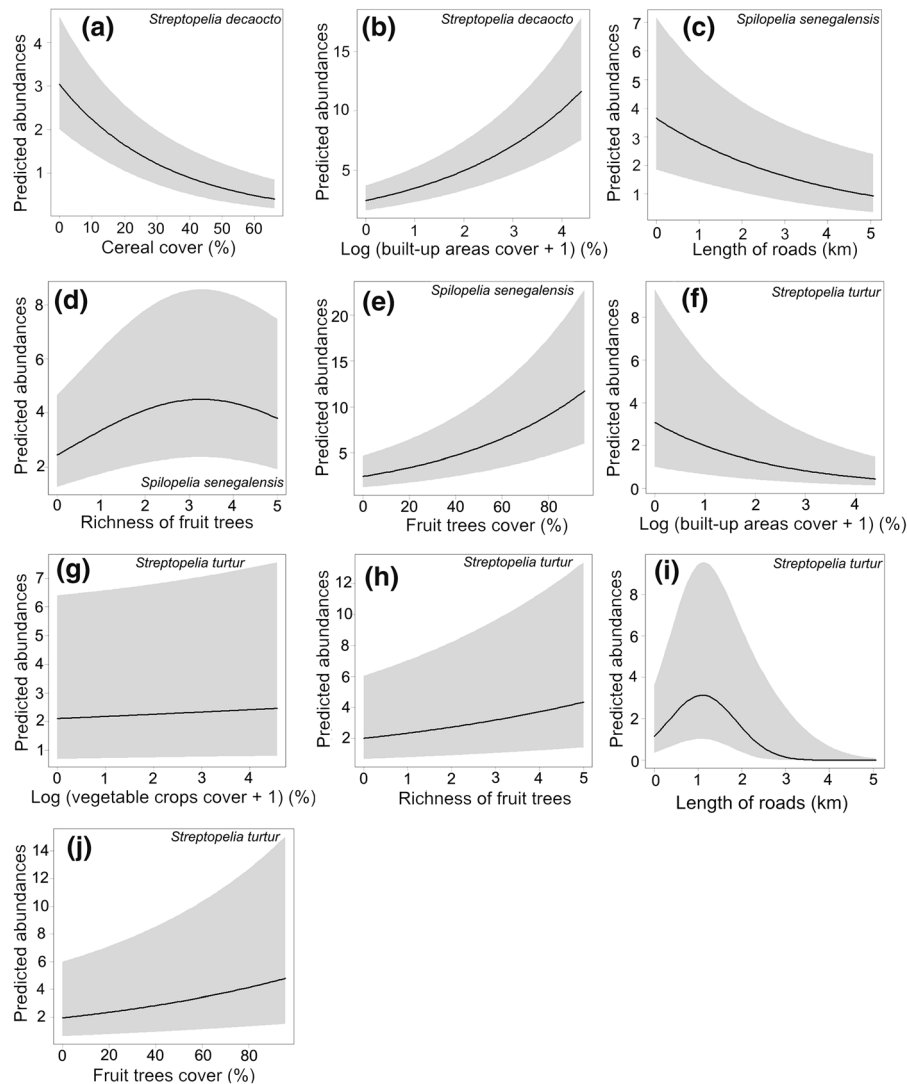


Fig. 3 Relationship between predicted abundances of: (1) invasive Eurasian collared dove according to: **a** cereal covers, **b** built-up area cover, (2) expanding laughing dove according to: **c** length of roads, **d** richness of fruit trees, **e** fruit tree cover, and

(3) native European turtle dove according to: **f** built-up area cover, **g** vegetable crops cover, **h** richness of fruit trees, **i** length of roads, and **j** fruit tree cover

this dove species as ‘agricophilic’ because it benefits (among other bird species) from agricultural expansion. The effect of space is also relevant since the permanent crops are generally grouped in well-localized areas.

In agreement with our fourth hypothesis, our results emphasize the preference of European turtle doves for permanent crops. These landscape elements are suitable nesting habitats for turtle doves both in North Africa (Hanane and Baâmal 2011; Kafi et al. 2015; Hanane 2017) and Europe (Nankinov 1994; Peiro

1990; Dias et al. 2013). The positive responses to the permanent crops could be due to the suitable nesting conditions in fruit orchards, as previously asserted by Hanane and Baâmal (2011) and Dias et al. (2013). Urbanization is associated with a lower abundance of European turtle doves. During the breeding period, this vulnerable species avoids human presence (De Buruaga et al. 2012; Dias et al. 2013; Hanane 2015, 2018, 2019). Human disturbances are indeed little or almost not tolerated by this Columbidae species (Hanane 2015). The quadratic effect of road on

European turtle dove abundance, with an optimum at around 1 km, would be related to their position compared to fruit orchards where almost all turtle doves nest. The increase of abundances at distances from roads less than one kilometer should not be interpreted as tolerance to the road network (Polak et al. 2013). Contrary to the laughing doves, the abundance of European turtle doves was positively associated with the richness of fruit trees. Such a pattern is related to the almost exclusive use of traditional date palm orchards characterized by the presence of tall date palm trees as well as high richness and density of fruit trees for nesting. In traditional date palm orchards, European turtle doves generally place their nests at high heights, which make them indifferent to the fruit trees cover.

Regarding their responses to the urban–rural gradient, the three studied Columbidae species can be classified into three distinct categories according to the terms of Fischer et al. (2015). These categories are "urban dweller" for the invasive Eurasian collared dove, "urban utilizer" for the expanding laughing dove, and "urban avoider" for the native European turtle dove.

In this region, the only arboreal habitat available is permanent crops, i.e., fruit orchards. The dependence of the native turtle dove on this component of the landscape is therefore vital. Indeed, in addition to the fact that they constitute privileged nesting habitats, they provide the necessary food resources available in the herbaceous understory (Hanane and Baâmal 2011; Hanane 2012; Dias et al. 2013). By its land use pattern, the native turtle dove is a habitat specialist species (Yahiaoui et al. 2014), its persistence in the study area remains closely dependent on permanent crops. The expanding laughing dove, with its preference for permanent crops and its indifference to the level of urbanization, seems more adapted to the Biskra's land use situation, at least compared to the European turtle dove. The use of these two landscape elements will undoubtedly contribute to its persistence and even proliferation. The persistence of European turtle and laughing dove in permanent crops involves necessarily maintaining high quality habitats (Dufлот et al. 2017). Local conditions, such as human disturbance, nest-tree quality, food resources, and predation pressure, prevailing within orchards, are just as important (Hanane and Baâmal 2011).

Arable lands, i.e., vegetable crops and cereals, do not turn out to be a significant component of the landscape explaining the counts of studied Columbidae species. This result is quite surprising as these species are predominantly granivorous (Barkan et al. 2017). The use of cultivated seeds as food resources has often been reported in European turtle doves (Browne and Aebischer 2003; Hanane and Baâmal 2011; Kafi et al. 2015; Hanane 2018, 2019) and laughing doves (N. Saâd *Personal Obs.*). The non-reliance on cereals and vegetable crops might be due to food satisfaction at the level of permanent crops (they nest on palm trees and forage under them). The availability of weeds, dates, and water within palm groves would explain the attractiveness of these Columbidae species to this agricultural landscape. Furthermore, the presence of a stable within each palm grove would also contribute to reaching the food satisfaction for the studied species. Indeed, the daily availability of cereals (mostly barley) at the time of feeding goats, sheep, and cows turns out to be beneficial for these Columbidae species.

The situation of the Columbidae abundances in accordance with the landscape composition raises this question: which among the three species would be the most sensitive to an eventual change in land use in the near future? Based on our results, the native European turtle dove is the most likely to be affected. Indeed, in the last decade, we recorded an important expansion of the city of Biskra, i.e., 3348 ha in 2011 *versus* 5,858 ha in 2018 (U.R.B.A. 2018) coupled with a decrease in the permanent crops cover, i.e., 2387 ha in 2011 *versus* 1087 ha in 2018 (D.S.A 2018). There is no doubt that the continuity of such an expansion of the city of Biskra and the decrease of permanent crops will have a negative impact on the abundance of the native European turtle dove. In contrast, the persistence of such a pace of expansion would be rather favorable for the invasive Eurasian collared dove to the extent that it uses the urban areas exclusively. By its indifference to the cover of built-up areas, the expanding laughing dove could, to a lesser extent, follow the same trend pattern of the Eurasian collared dove.

A limitation of our study is that counts were performed in one-year, i.e., 2019. Realizing the same experimental protocol over several years will allow knowing if the pattern in the distribution of dove

abundances is constant or variable as a function of time.

From a conservation point of view, raising awareness among urban planners and owners of fruit orchards as to the importance of conserving this vulnerable native species is the first step towards a sustainable solution to this issue. Maintaining, as far as possible, the current level of urbanization and cover of permanent crops will help perpetuate the European turtle dove in this region. As a second step, it would be advisable to establish, in parallel and in consultation with the main actors (urban managers and orchards owners), a conservation system of permanent crops in the view to preserve their biodiversity. The conservation of this component of the landscape is also motivated by the fact that it is (1) the unique arboreal area in the region of Biskra, (2) the largest kernel of date production in Algeria, and (3) well-adapted to arid conditions because of the dominance of palm trees.

Conclusions and prospects

Through this work, we were able to define the pertinent role of permanent crops for the native European turtle dove in part of the Mediterranean basin, i.e., Biskra in Algeria. By providing nesting supports (palm trees) and ensuring the necessary food resources (weeds, seeds of wild grasses, and dates), these agricultural environments are crucial for (1) maintaining the vulnerable turtle dove and (2) supporting expanding laughing dove. This study also highlights the detrimental effect that will constitute the expansion of urbanization on the native European turtle dove shortly if the current change of the landscape composition persists. The international action plan for the conservation of the European turtle dove, established for the period 2018–2028 (Fisher et al. 2018), does not consider the urbanization as a potential threat for this vulnerable game species. Yet this could be shortly a serious threat, not only for the Biskra's turtle dove population but also for other populations breeding in the Mediterranean basin.

Establishing a monitoring and evaluating system is also recommended. Indeed, for decision-making at all levels, more information is required. Our study has focused only on invasive, expanding, and native Columbidae species, attention should, therefore, be

given to other taxonomic groups including insects, reptiles, mammals, and other bird species to cover the complete scope of biodiversity. By establishing a reference state (this work), great attention should be paid to quantifying the landscape composition changes, by a fixed time step, every five years, for instance, to ensure comparisons, while collecting the data on the richness of invasive and native species. Also, we should thoroughly know how orchards local conditions affect the nest site selection, survival of nests, and predation pressure, and human disturbances prevailing within fruit orchards and their effects on the well-being of the different taxa. The results of these studies will help to take the appropriate conservation measures. The role of scientific research in providing evidence for management actions and conservation purposes is of paramount importance.

Acknowledgements We thank the owners of the farms for kindly allowing us to work on their properties. We are grateful to Kamal Saâd and Nacerddine Matallah for their help during the fieldwork. We also thank two anonymous reviewers and the Editor of Biological Invasions Journal for their comments and advise.

Funding This study was not funded by a donor.

Declarations

Availability of data and material The datasets generated during and/or analysed during the current study are not publicly available because they will be use for a PhD thesis. Data are however available from the authors upon reasonable request and with permission of the University of Biskra. The authors have not manipulated birds. Data are all field observations.

Conflict of interest The authors declare no conflicts of interest associated with this paper.

Code availability Because the code used is part of a PhD thesis (not yet defended), it is not possible for us to share it.

References

- Abouezz HG, Donovan TM, Mickey RM, Murdoch JD, Freeman M, Royar K (2018) Landscape composition mediates movement and habitat selection in bobcats (*Lynx rufus*): implications for conservation planning. *Landscape Ecol* 33:1301–1318
- Abisi K, Belhamra M, Farhi Y, Halis Y (2015) A comparison of the reproduction of collared doves *Streptopelia decaocto* and turtle doves *Streptopelia turtur* in the Ziban Oases (Biskra, Algeria). *J Entomol Zool Stud* 3(2):286–289

- Alig RJ, Healy RG (1987) Urban and built-up land area changes in the United States: An empirical investigation of determinants. *Land Economics* 63(3):215–226
- Aouissi HA, Belabed AI, Bouslama Z (2015) Doves' Mapping and Inventory into the Urban Sites of Annaba (Northeastern of Algeria). *Adv Environ Biol* 9(4):328–338
- Aronson MFJ, La Sorte FA, Nilon CH, Katti M, Goddard MA, Lepczyk CA, Warren PS, Williams NSG, Cilliers S, Clarkson B, Dobbs C, Dolan R, Hedblom M, Klotz S, Kooijmans JL, Kühn I, MacGregor-Fors I, McDonnell M, Mörtberg U, Pysek P, Siebert S, Suchinsky J, Werner P, Winter M (2014) A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. *Proc R Soc B* 281:20133330
- Barkan S, Yom-Tov Y, Barnea A (2017) Exploring the relationship between brain plasticity, migratory lifestyle, and social structure in birds. *Front Neurosci* 11:139
- Barnagaud JY, Barbaro L, Pappaix J, Deconchat M, Brockerhoff E (2014) Habitat filtering by landscape and local forest composition in native and exotic New Zealand birds. *Ecology* 95(1):78–87
- Barros FM, Martello F, Peres CA, Pizo MA, Ribeiro MC (2019) Matrix type and landscape attributes modulate avian taxonomic and functional spillover across habitat boundaries in the Brazilian Atlantic Forest. *Oikos* 128(11):1–13
- Bartoń K (2015) *MuMIn: multi-model inference*. R package version 1.9.13. <http://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>.
- Bates D, Maechler M, Bolker B, Walker S (2015) lme4: linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.1–7. Retrieved September 20, 2017, from <http://cran.r-project.org/package=lme4>
- Belabed AI, Aouissi HA, Zedir H, Djemadi I, Driss K, Houhamdi M, Eraud C, Bouslama Z (2013) Effet de l'urbanisation sur le phénotype de la Tourterelle turque (*Streptopelia decaocto*) dans le Nord-Est Algérien. *Bull Inst Sci* 35:155–164
- Bendjoudi D, Voisin JF, Doumandji S, Merabet A, Benyounes N, Chenchouni H (2015) Rapid increase in numbers and change of land-use in two expanding Columbidae species (*Columba palumbus* and *Streptopelia decaocto*) in Algeria. *Avian Res* 6:18
- Bergier P, Franchimont J, Thévenot M (1999) Implantation et expansion géographique de deux espèces de Columbides au Maroc : la Tourterelle turque *Streptopelia decaocto* et la Tourterelle maillée *Streptopelia senegalensis*. *Alauda* 67(1): 23–36
- Bjornstad ON, Cai J (2020) ncf: spatial covariance functions. R package.
- Bibby CJ, Burgess ND, Hill DA (2000) Bird census techniques, 2nd edn. Academic press, New York
- BirdLife International (2017) IUCN red list for birds. <http://www.birdlife.org/>. Accessed 22 Aug 2017.
- Bivand R (2017) spdep: spatial dependence: weighting schemes, statistics and models. R package.
- Blair RB (2001) Birds and butterflies along urban gradients in two ecoregions of the U.S. In: Lockwood JL, McKinney ML (eds) *Biotic Homogenization*. Kluwer, Norwell (MA), pp 33–56
- Boukhriss J, Selmi S (2009) Nidification et succès reproducteur de la Tourterelle maillée *Streptopelia senegalensis* dans une oasis du Sud Tunisien. *Alauda* 77(3):187–192
- Bowman J, Forbes GJ, Dilworth TG (2001) The spatial component of variation in small-mammal abundance measured at three scales. *Can J Zool* 79:137–144
- Brahmia H, Zeraoula A, Bensouilah T, Bouslama Z, Houhamdi M (2015) Breeding biology of sympatric Laughing *Streptopelia senegalensis* and Turtle *Streptopelia turtur* Dove: a comparative study in northeast Algeria. *Zool Ecol* 25:220–226
- Brehehy P, Burchett W (2012) Visualizing regression models using visreg
- Browne SJ, Aebischer NJ (2003) Habitat use, foraging ecology and diet of Turtle Doves *Streptopelia turtur* in Britain. *Ibis* 145:572–582
- Bucher EH, Aramburú RM (2014) Land-use changes and monk parakeet expansion in the Pampas grasslands of Argentina. *J Biogeogr* 41(6):1160–1170
- Buckland ST (2006) Point transect surveys for songbirds: robust methodologies. *Auk* 123:345–357
- Burnham KP, Anderson DR (2002) Model selection and multimodel inference: a practical information theoretic approach. Springer, New York
- Buskirk JV (2005) Local and landscape influence on amphibian occurrence and abundance. *Ecology* 86:1936–1947
- Camacho-Cervantes M, Schondube JE (2018) Habitat use by the invasive exotic Eurasian Collared-Dove (*Streptopelia decaocto*) and native dove species in the Chamela-Cuiximala region of West Mexico. *The Wilson J Ornithol* 130(4):902–907
- Coombs CFB, Isaacson AJ, Murton RK, Thearle RJP, Westwood NJ (1981) Collared Doves (*Streptopelia decaocto*) in urban habitats. *J Appl Ecol* 18:41–62
- D.S.A. (2018) Bilan agricole annuel-Biskra (compagne 2017/2018). Direction des services agricoles
- De Buruaga MF, Onrubia A, Fernandez-Garcia JM, Campos MA, Canales F, Unamuno JM (2012) Breeding habitat use and conservation status of the turtle dove *Streptopelia turtur* in Northern Spain. *Ardeola* 59:291–300
- DeGraaf RM (1991) Breeding bird assemblages in managed northern hardwood forests in New England. In: Rodiek JE, Bolen EG (eds) *Wildlife and Habitats in Managed Landscapes*. Island Press, Washington, DC, pp 154–171
- Diab N (2015) Etude de la biodiversité des arthropodes et des plantes spontanées dans l'agro-écosystème oasien. Thèse de Magistère. Univ Mohamed Khider, Biskra, Algérie
- Dias S, Moreira F, Beja P, Carvalho M, Gordinho L, Reino L, Oliveira V, Rego F (2013) Landscape effects on large scale abundance patterns of turtle doves *Streptopelia turtur* in Portugal. *Eur J Wildl Res* 59:51–541
- Diniz-Filho JAF, Bastos RP, Rangel TFLVB, Bini LM, Carvalho P, Silva RJ (2005) Macroecological correlates and spatial patterns of anurans description dates in Brazilian Cerrado. *Global Ecol Biogeogr* 14:469–477
- Dormann CF (2007) Effects of incorporating spatial autocorrelation into the analysis of species distribution data. *Global Ecol Biogeogr* 16:129–138
- Duflot R, Ernoult A, Aviron S, Fahrig L, Burel F (2017) Relative effects of landscape composition and configuration on

- multi-habitat gamma diversity in agricultural landscapes. *E Agric Ecosyst Environ* 241:62–69
- Dunn JC, Stockdale JE, Moorhouse-Gann RJ, McCubbin A, Hipperson H, Morris AJ, Grice P, Symondson WOC (2018) The decline of the Turtle Dove: Dietary associations with body condition and competition with other columbids analysed using high-throughput sequencing. *Mol Ecol* 27:3386–3407
- Eraud C, Boutin JM, Roux D, Faivre B (2007) Spatial dynamics of an invasive bird species assessed using robust design occupancy analysis: the case of the Eurasian collared dove (*Streptopelia decaocto*) in France. *J Biogeogr* 34:1077–1086
- Evans KL, Chamberlain DE, Hatchwell BJ, Gregory RD, Gaston KJ (2011) What makes an urban bird? *Global Change Biol* 17:1365–2486
- Evans KL, Newson SE, Gaston KJ (2009) Habitat influences on urban avian assemblages. *Ibis* 151:19–39
- Evans BS, Reitsma R, Hurlbert AH, Marra PP (2018) Environmental filtering of avian communities along a rural-to-urban gradient in Greater Washington, D.C. *Ecosphere* 9(11):e02402
- Farhi K, Hanane S, Mezzerdi F, Kahli A, El Hak Khemis MD (2019) Disentangling the drivers of Black-bellied Sandgrouse *Pterocles orientalis* nesting habitat use in a Mediterranean arid environment. *Bird Study* 66(4):452–460
- Fisher I, Ashpole J, Scallan D, Proud T, Carboneras C (compilers) (2018) International Single Species Action Plan for the conservation of the European Turtle-dove *Streptopelia turtur* (2018 to 2028). European Commission Technical Report
- Fischer JD, Schneider SC, Ahlers AA, Miller JR (2015) Categorizing wildlife responses to urbanization and conservation implications of terminology. *Conserv Biol* 29(4):1246–1248
- Fox J, Weisberg S (2011) An R companion to applied regression. Second edition. Sage, Thousand Oaks, California, USA. [online] URL: <http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>
- Franchimont J (1987) A propos de l'installation de la Tourterelle turque (*Streptopelia decaocto*) au Maghreb. *Aves* 24(3):150–151
- Fujisaki I, Pearlstine EV, Mazzotti FJ (2010) The rapid spread of invasive Eurasian Collared Doves *Streptopelia decaocto* in the continental USA follows human-altered habitats. *Ibis* 152:622–632
- Gaertner M, Wilson JR, Cadotte MW, MacIvor JS, Zenni RD, Richardson DM (2017) Non-native species in urban environments: patterns, processes, impacts and challenges. *Biol Invasions* 19(12):3461–3469
- Garaffa PI, Filloy J, Bellocq MI (2009) Bird community responses along urban–rural gradients: Does the size of the urbanized area matter? *Landscape Urban Plan* 90:33–41
- Gianpasquale C, Merrigi A (2019) The occurrence and density of three sympatric corvids in a Mediterranean agroecosystem explained by land use. *J Ornithol* 162:1–18
- Gibbs HK, Ruesch AS, Achard F, Clayton MK, Holmgren P, Ramankutty N, Foley JA (2010) Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. *Proc Natl Acad Sci* 107:16732–16737
- Hanane S, Bergier P, Thévenot M (2011a) La reproduction de la Tourterelle maillée *Streptopelia senegalensis* dans la plaine du Tadla (Maroc central): analyse comparée avec la Tourterelle des bois *Streptopelia turtur*. *Alauda* 79:17–28
- Hanane S (2012) Do age and type of plantings affect turtle dove *Streptopelia turtur* nest placement in olive agro-ecosystems? *Ethol Ecol Evol* 24:284–293
- Hanane S (2015) Nest-niche differentiation in two sympatric *Streptopelia* species from a North African agricultural area: the role of human presence. *Ecol Res* 30:573–580
- Hanane S (2017) The European Turtle-Dove *Streptopelia turtur* in Northwest Africa: A Review of Current Knowledge and Priorities for Future Research. *Ardeola* 64(2):273–287
- Hanane S (2018) Multi-scale Turtle dove nest habitat selection in a Mediterranean agroforestry landscape: implications for the conservation of a vulnerable species. *Eur J Wildl Res* 64:45
- Hanane S (2019) Discriminating between nesting and non-nesting habitat in a vulnerable bird species: implications for behavioural ecology. *Eur J Ecol* 5(1):15–22
- Hanane S, Baamal L (2011) Are Moroccan fruit orchards suitable breeding habitats for Turtle Doves *Streptopelia turtur*? *Bird Study* 58:57–67
- Hanane S, Bergier P, Thévenot M (2011b) La reproduction de la Tourterelle maillée *Streptopelia senegalensis* dans la plaine de Tadla (Maroc Central): analyse comparée avec la Tourterelle des bois *Streptopelia turtur*. *Alauda* 79(1):17–28
- Hengeveld R (1988) Mechanisms of biological invasions *J Biogeogr* 15:819–828
- Hockey PAR, Dean WRJ, Ryan PG (2005) Roberts' Birds of southern Africa, 7th edn. John Volcker Bird Book Fund, Cape Town, pp 1–1296
- Isenmann P, Moali A (2000) Les Oiseaux d'Algérie. [Birds of Algeria.]. Société d'Étude Ornithologiques de France, Paris, 336 pages
- Kafi F, Hanane S, Bensouilah T, Zeraoula A, Brahmia H, Houhamdi M (2015) Les facteurs déterminants le succès de reproduction de la Tourterelle des bois (*Streptopelia turtur*) dans un milieu agricole Nord-Africain. *Revue d'Écologie (Terre Vie)* 70:271–279
- Karp DS, Rominger AJ, Zook J, Ranganathan J, Ehrlich PR, Daily GC (2012) Intensive agriculture erodes β -diversity at large scales. *Ecol Lett* 15:963–970
- Khoury F, Al-Shamli M (2006) The impact of intensive agriculture on the bird community of a sand dune desert. *J Arid Environ* 64(3):448–459
- Knutson MG, Sauer JR, Olsen DA, Mossman MJ, Hemesath LM, Lannoo MJ (1999) Effects of landscape composition and wetland fragmentation on frog and toad abundance and species richness in Iowa and Wisconsin, USA. *Conserv Biol* 13:1437–1446
- La Morgia V, Malenotti E, Badino G, Bona F (2011) Where do we go from here? Dispersal simulations shed light on the role of landscape structure in determining animal redistribution after reintroduction. *Lands Ecol* 26(7):969–981
- LeBrun JJ, Thogmartin WE, Thompson FR III, DiJak WD, Millspaugh JJ (2016) Assessing the sensitivity of avian species abundance to land cover and climate. *Ecosphere* 7(6):e01359

- Lepczyk CA, Flather CH, Radeloff VC, Pidgeon AM, Hammer RB, Liu J (2008) Human impacts on regional avian diversity and abundance. *Conserv Biol* 22:405–446
- Luna A, Romero-Vidal P, Hiraldo F, Tella JL (2018) Cities favour the recent establishment and current spread of the Eurasian collared dove *Streptopelia decaocto* (Frivaldszky, 1838) in Dominican Republic. *Bio Rec* 7(1):95–99
- Lustig A, Stouffer DB, Doscher C, Worner SP (2017) Landscape metrics as a framework to measure the effect of landscape structure on the spread of invasive insect species. *Landscape Ecol* 32:2311–2325
- McKinney ML (2002) Urbanization, biodiversity, and conservation. *Bioscience* 52:883–890
- Mao Q, Liao C, Wu Z, Guan W, Yang W, Tang Y, Wu G (2019) Effects of Land Cover Pattern Along Urban-Rural Gradient on Bird Diversity in Wetlands. *Diversity* 11:86
- Melles S, Glenn S, Martin K (2003) Urban bird diversity and landscape complexity: species-environment associations along a multiscale habitat gradient. *Ecol Soc* 7:5
- Nakagawa S, Schielzeth H (2013) A general and simple method for obtaining R^2 from generalized linear mixed-effects models. *Methods Ecol Evol* 4:133–142
- Nankinov D (1994) The breeding biology of the Turtle dove (*Streptopelia turtur*) in Bulgaria. *Gibier Faune Sauvage, Game and Wildlife* 11:155–165
- Natuhara Y, Imai C (1996) Spatial structure of avifauna along urban-rural gradients. *Ecol Res* 11(1):1–9
- O.N.M. (2016) Données météorologiques des années 1980–2016 de Biskra. Ed. Office National de la Météorologie, p 15.
- O'Reilly-Nugent A, Palit R, Lopez-Aldana A, Medina-Romero M, Wandrag E, Duncan RP (2016) Landscape effects on the spread of invasive species. *Curr Landsc Ecol Rep* 1(3):107–114
- Ortega-Alvarez R, MacGregor-Fors I (2009) Living in the big city: Effects of urban land-use on bird community structure, diversity, and composition. *Landscape Urban Plan* 90:189–195
- Panzacchi M, Linnell JDC, Melis C, Odden M, Odden J, Gorini L, Andersen R (2010) Effect of land-use on small mammal abundance and diversity in a forest-farmland mosaic landscape in south-eastern Norway. *Forest Ecol Manag* 259:1536–1545
- Peiro V (1990) Aspectos de la reproducción de la Tortola común (*Streptopelia turtur*) en Madrid. *Mediterran Ser Biol* 12:89–96
- Quantum GIS Development Team (2019). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>
- Quinn GP, Keough MJ (2002) Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press, Cambridge
- R Development Core Team (2018) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <https://www.R-project.org>
- Rocha G, Hidalgo S (2002) La tórtola común *Streptopelia turtur*. Análisis de los factores que afectan a su status. Cáceres. Universidad de Extremadura, Servicio de Publicaciones
- Scheidt SN, Hurlbert AH (2014) Range Expansion and Population Dynamics of an Invasive Species: The Eurasian Collared-Dove (*Streptopelia decaocto*). *PLoS ONE* 9(10):e111510
- Sharma K, Acharya BK, Sharma G, Valente D, Pasimeni MR, Petrosillo I, Selvan T (2020) Land use effect on butterfly alpha and beta diversity in the Eastern Himalaya, India. *Ecol Ind* 110:105605
- Sol D, Ganzález-lagos C, Moreira D, Maspons J, Lapiedra O (2014) Urbanization tolerance and the loss of avian diversity. *Ecol Lett* 7(8):942–950
- Stavert JR, Pattemore DE, Gaskett AC, Beggs JR, Bartomeus I (2017) Exotic species enhance response diversity to land-use change but modify functional composition. *Proc R Soc B* 284:0788
- Thies C, Haenke S, Scherber C, Bengtsson J, Bommarco R, Clement LW, Ceryngier P, Dennis C, Emmerson M, Gagic V, Hawro V (2011) The relationship between agricultural intensification and biological control: experimental tests across Europe. *Ecol Appl* 21(6):2187–2196
- Usieta HO, Shiiwua AM, Ottosson U (2013) Farmland conservation in West Africa: How do hedgerow characteristics affect bird species richness? *Bird Study* 60:102–110
- Venables W, Ripley BD (2002) Modern applied statistics with S, 4th edn. Springer, New York
- Viana IR, Prevedello JA, Zocche JJ (2017) Effects of landscape composition on the occurrence of a widespread invasive bird species in the Brazilian Atlantic Forest. *Perspect Ecol Conserv* 15:36–41
- Wheeldon A, Mossman HL, Sullivan MJP, Mathenge J, de Kort SR (2019) Comparison of acoustic and traditional point count methods to assess bird diversity and composition in the Aberdare National Park, Kenya. *Afr J Ecol* 57:168–176
- Yahiaoui K, Arab K, Belhamra M, Browne SJ, Boutin JM, Moali A (2014) Habitat occupancy by European turtle dove (*Streptopelia turtur*) in the Isser Valley, Algeria *Revue d'Ecologie (Terre Vie)* 69(3–4):234–246
- Zuur AF, Ieno EN, Elphick CS (2010) A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods Ecol Evol* 1:3–14

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Terms and Conditions

Springer Nature journal content, brought to you courtesy of Springer Nature Customer Service Center GmbH (“Springer Nature”). Springer Nature supports a reasonable amount of sharing of research papers by authors, subscribers and authorised users (“Users”), for small-scale personal, non-commercial use provided that all copyright, trade and service marks and other proprietary notices are maintained. By accessing, sharing, receiving or otherwise using the Springer Nature journal content you agree to these terms of use (“Terms”). For these purposes, Springer Nature considers academic use (by researchers and students) to be non-commercial.

These Terms are supplementary and will apply in addition to any applicable website terms and conditions, a relevant site licence or a personal subscription. These Terms will prevail over any conflict or ambiguity with regards to the relevant terms, a site licence or a personal subscription (to the extent of the conflict or ambiguity only). For Creative Commons-licensed articles, the terms of the Creative Commons license used will apply.

We collect and use personal data to provide access to the Springer Nature journal content. We may also use these personal data internally within ResearchGate and Springer Nature and as agreed share it, in an anonymised way, for purposes of tracking, analysis and reporting. We will not otherwise disclose your personal data outside the ResearchGate or the Springer Nature group of companies unless we have your permission as detailed in the Privacy Policy.

While Users may use the Springer Nature journal content for small scale, personal non-commercial use, it is important to note that Users may not:

1. use such content for the purpose of providing other users with access on a regular or large scale basis or as a means to circumvent access control;
2. use such content where to do so would be considered a criminal or statutory offence in any jurisdiction, or gives rise to civil liability, or is otherwise unlawful;
3. falsely or misleadingly imply or suggest endorsement, approval, sponsorship, or association unless explicitly agreed to by Springer Nature in writing;
4. use bots or other automated methods to access the content or redirect messages
5. override any security feature or exclusionary protocol; or
6. share the content in order to create substitute for Springer Nature products or services or a systematic database of Springer Nature journal content.

In line with the restriction against commercial use, Springer Nature does not permit the creation of a product or service that creates revenue, royalties, rent or income from our content or its inclusion as part of a paid for service or for other commercial gain. Springer Nature journal content cannot be used for inter-library loans and librarians may not upload Springer Nature journal content on a large scale into their, or any other, institutional repository.

These terms of use are reviewed regularly and may be amended at any time. Springer Nature is not obligated to publish any information or content on this website and may remove it or features or functionality at our sole discretion, at any time with or without notice. Springer Nature may revoke this licence to you at any time and remove access to any copies of the Springer Nature journal content which have been saved.

To the fullest extent permitted by law, Springer Nature makes no warranties, representations or guarantees to Users, either express or implied with respect to the Springer nature journal content and all parties disclaim and waive any implied warranties or warranties imposed by law, including merchantability or fitness for any particular purpose.

Please note that these rights do not automatically extend to content, data or other material published by Springer Nature that may be licensed from third parties.

If you would like to use or distribute our Springer Nature journal content to a wider audience or on a regular basis or in any other manner not expressly permitted by these Terms, please contact Springer Nature at

onlineservice@springernature.com

Chapitre I.I.I.

*Succès de la reproduction de trois
espèces sympatriques de colombidés
en milieu phœnicicole dans la région
du Biskra*

Chapitre III : Succès de la reproduction de trois espèces sympatriques de colombidés en milieu phœnicicole dans la région du Biskra

1. Introduction

Les écosystèmes créés par l'homme sont d'une grande importance en tant que lieu d'accueil et de refuge pour diverses formes de vie (Céréghino *et al.*, 2008), y compris les oiseaux, en particulier dans les habitats des régions chaudes et arides (Roshier *et al.*, 2001 ; Morara Ogendi et Ondieki, 2020 ; Chenchouni, 2012). En outre, les oasis (les palmeraies) sont des agro-systèmes clés en raison de leurs caractéristiques écologiques, ce qui en fait les meilleurs habitats pour la reproduction d'un grand nombre d'espèces d'oiseaux Guezoul *et al.*, (2013). La famille des *Columbidae* regroupe 309 espèces, inclut les genres *Columba* et *Streptopelia* que l'on rencontre en Afrique du Nord (Boutin et Lutz, 2007). Les deux espèces de *Streptopelia* (*decaoctoet senegalensis*) sont sédentaires tandis que la *Streptopelia turtur* est migratrice (Farhi et Belhamra, 2012).

La période de la reproduction est la phase la plus critique du cycle de vie de la plupart des espèces d'oiseaux (Lofts et Murton, 1973 ; Assandri *et al.*, 2017). Le succès de la reproduction joue un rôle crucial dans la dynamique des populations d'oiseaux, la qualité de l'habitat pendant la phase de reproduction peut avoir des implications importantes pour la survie et la conservation Mansouri *et al.*, (2020). La survie des nids est une composante majeure du succès de la reproduction chez les oiseaux, avec des conséquences directes sur leurs populations (Cresswell, 2011). De nombreuses espèces d'arbres fruitiers sont utilisées par les oiseaux pour nicher, comme les pommiers (Wiącek et Polak, 2008 ; Bouvier *et al.*, 2011 ; Katayama, 2016), les oliviers (Peiro, 1990 ; Duarte et Vargas, 2001 ; Hanane et Baâmal, 2011 ; Brahmia *et al.*, 2015), les orangers ou les agrumes (Carrascal et Palomino, 2008 ; Kafi *et al.*, 2015, Hanane, 2016 a,b ; Taberner *et al.*, 2012 ; Giese, 2016 ; Mansouri *et al.*, 2020) et les palmiers dattiers (Absi, 2012 ; Torki, 2014). Ces plantations sont relativement adaptées à la reproduction en raison de la disponibilité de supports de nidification ainsi que de nourriture et d'eau (Myczko *et al.*, 2013). Les trois espèces sympatriques se reproduisent ensemble dans les mêmes plantations soit des vergers ou des palmeraies dans une grande partie de l'Afrique du Nord (Heim de Balsac et Mayaud 1962 ; Bergier et Thévenot 1999 ; Isenmann et Moali 2000 ; Hanane *et al.*, 2011 ; Belabed *et al.*, 2012 ; Farhi et Belhamra, 2012 ; Absi, 2012 ; Torki 2014 ; Brahmia *et al.*, 2015 ; Absi *et al.*, 2015). Des taux d'abandon des nids significatifs ont été observés dans les oliveraies et les orangeries et les palmeraies, principalement au stade pré-éclosion et post-éclosion chez les tourterelles turque, maillée et des bois (Hanane et Maghnouj, 2005 ; Boukhemza-

Chapitre III : Succès de la reproduction de trois espèces sympatriques de colombidés en milieu phœnicicole dans la région du Biskra

Zemmouri et al., 2008 ; Hanane et Baâmal, 2011 ; Hanane et al., 2011 ; Absi, 2012 ; Belabed et al., 2012 ; Torki 2014 ; Absi et al., 2015 ; Brahmia et al., 2015 ; Kafi et al., 2015 ; Hanane, 2017 ; Brahmia, 2017 ; Boukhriss et Selmi, 2018, 2019 ; Mansouri et al., 2022). Pour cette raison, Plusieurs études ont évalué les facteurs influençant la survie des nids de plusieurs espèces des oiseaux comme la prédation, les perturbations humaines, les conditions météorologiques, les activités intenses, les caractéristiques des habitats, les localisations des nids et les facteurs temporels, par exemple la date et l'âge du nid (Thompson, 2007 ; Barea, 2008 ; Smith et Wilson, 2010 ; Fuller et al., 2013 ; Townsend et al., 2013 ; Lowe et al., 2014 ; Borgmann et Conway, 2015 ; Sherry et al., 2015 ; Berkunsky et al., 2016 ; Burr et al., 2017 ; Guan et al., 2018 ; Stillman et al., 2019) chez les *Columbidae* dans différentes zones biogéographiques il existe des relations significatives entre les taux de survie des nids et la date de ponte, les conditions climatiques, les perturbations humaines par les activités agricoles intenses et la compétition avec autres espèces nicheuses et la prédation (Browne et Aebischer, 2004 ; Hanane et Maghnoij, 2005 ; Boukhamza et al., 2008 ; Zemmouri, 2008 ; Miller et al., 2010 ; Newmarket Stanley, 2011 ; Absi, 2012 ; Max Smith et al., 2012 ; Hanane, 2012 ; Hanane et Besnard, 2013 ; Torki, 2014 ; Absi et al., 2015 ; Brahmia et al., 2015 ; Brahmia, 2017).

En raison de l'importance prouvée de tous ces facteurs qui déterminent le succès de la reproduction des tourterelles dans les plantations et à cause de la rareté des études sur la situation de la reproduction des tourterelles (Turque, maillée et des bois) dans les oasis du Sud Est de l'Algérie et plus précisément la région du Biskra, nous sommes intéressés à déterminer les facteurs qui possèdent un effet significatif sur les taux de survie du nid de tourterelle dans les oasis.

Chapitre III : Succès de la reproduction de trois espèces sympatriques de colombidés en milieu phœnicicole dans la région du Biskra

2. Choix des stations

Notre étude a été réalisée dans la région de Biskra, nous avons choisi six stations au hasard à partir de la liste des palmeraies publiée par la direction des services agricoles dans le bilan final de la campagne agricole 2018 qui comprend 21 000 palmeraies. Les stations sont réparties sur 4 communes (Biskra, El hadjeb, Chetma et Sidi Okba). Les caractéristiques et la localisation de chaque station sont présentes dans le tableau (01) et la figure (01,02).

Tableau 01 : Caractéristiques des stations d'étude dans la région de Biskra

Stations	Commune	Localisation géographique	Lieu-dit	superficie	Nombre des palmiers	nombres des arbres fruitiers	Présence d'élevages
station 01	Biskra	34°50'36.11N 5°40'89.61''E	Biskra	15	1200	60	Ovin Caprin Volaille
Station 02	El hadjeb	34°47'50.694N 5°42'19.896''E	Beni Ibrahim	18	2000	70	Bovin Volaille
Station 03	Chetma	34°48'41.35N 5°48'15.79''E	Nfidat Elhdod	14	1100	40	Volaille
Station 04	Sidi Okba	34°46'52.08N 5°50'05.10''E	El Maleh	12	1800	50	Volaille
Station 05	Sidi Okba	34°45'10 N 5°53'37 E	Bakhbakha	18	500	40	Volaille
Station 06	Sidi Okba	34°43'27 N 5°53'51 E	Route Saada	16	4000	30	Bovin Volaille

Chapitre III : Succès de la reproduction de trois espèces sympatriques de colombidés en milieu phœnicole dans la région du Biskra

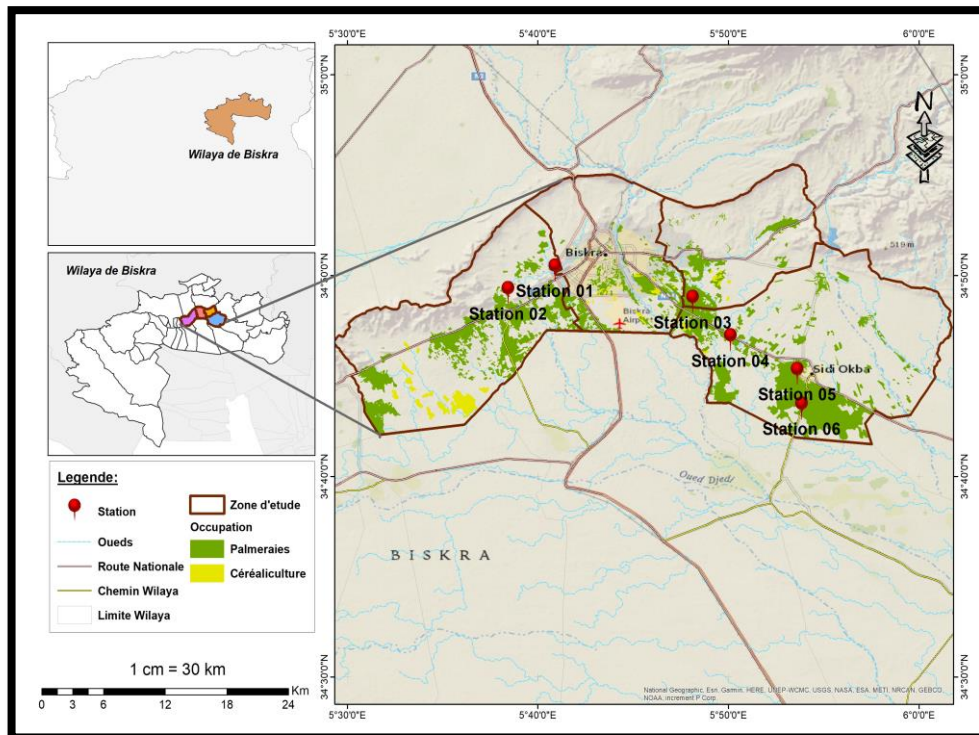


Figure 01 : Localisation géographique de stations dans la zone d'étude dans la région du Biskra (Originale, 2023).



Figure 02 : Présentation des six stations d'étude (Palmeraies) dans la région du Biskra (Originale, 2023).

Chapitre III : Succès de la reproduction de trois espèces sympatriques de colombidés en milieu phœnicicole dans la région du Biskra

3. Méthodologie

3.1. Collecte des données

Notre étude a été menée dans les palmeraies de la région de Biskra, pendant la saison de la reproduction 2019 (du début mars jusqu'à la fin août). D'après la liste des palmeraies établie par les services de la DSA-Biskra dans le bilan final de la campagne agricole 2018, six stations ont été sélectionnées de façon aléatoire à partir de 21 000 palmeraies qui existent dans notre région.

Dans chacune des six stations nous avons défini quatre parcelles d'échantillonnages, chaque parcelle est déterminée en choisissant aléatoirement les coordonnées d'un palmier comme point de départ. Ensuite, on a sélectionné six palmiers dans la même ligne et six autres palmiers dans la même colonne pour former un carré contenant 7 lignes * 7 colonnes des palmiers, donc on obtenu 49 palmiers par parcelle. De la même manière, on a créé 04 parcelles dans chaque station. Au total, nous avons obtenu un nombre total de 1176 palmiers dans les 24 parcelles d'échantillonnage, dans les six stations (**Figure 03**).

Afin de repérer les nids, nous avons effectué des sorties hebdomadaires dans toutes les parcelles d'échantillonnage dans les six stations, Une fois trouvé, nous enregistrons les coordonnées géographiques de chaque palmier portant un nid des trois espèces sympatriques de la tourterelle. Les nids ont été visités tous les cinq jours pour évaluer leur état et pour minimiser les perturbations causées par les observateurs, le contenu des nids était généralement vérifié lorsque les oiseaux adultes sont absents. Cette opération a été effectuée par deux grimpeurs qui ont été engagés pour travailler dans les six stations pendant la saison de reproduction.

Nous avons considéré une variable temporelle qui pourrait influencer le succès de la nidification, c'est-à-dire la date de ponte déterminée soit par la date à laquelle le premier œuf a été pondu, soit par anti-datation à partir de la date d'éclosion connue, en supposant que la période d'incubation pour les trois espèces dure généralement 14 jours (**Browne et al., 2005 ; Hanane et Baâmal, 2011 ; Hanane ,2016 ; Boukhriss et Selmi, 2019**). En plus, nous avons inclus l'âge du nid (jour 0 = jour de la ponte du premier œuf). Nous avons déterminé la date d'échec en adoptant les critères de **Gjerdrum et al. (2005) et Manolis et al. (2000)**, qui ont considérés le point médian entre la dernière date à laquelle le nid était actif et la date à laquelle la tentative de reproduction s'est terminée (succès ou perte). Un nid reste actif toute la période qu'un œuf ou un oisillon est présent, un nid est considéré comme réussi si au moins

Chapitre III : Succès de la reproduction de trois espèces sympatriques de colombidés en milieu phœnicicole dans la région du Biskra

un oisillon s'est envolé. Les nids ont été considérés comme ayant échoué si les œufs ou les oisillons étaient absents avant le moment estimé de l'envol (Hanane et Baâmal, 2011) et/ou s'il y avait des signes de prédation. On suppose que le nid est prédaté lorsqu'on trouve le matériel du nid endommagé (Morton *et al.*, 1993 ; Schaefer, 2004), des oisillons et/ou des adultes partiellement mangés, Plumes dispersées d'oiseaux adultes (Walankiewicz, 2002) ou fragments des coquilles d'œufs. La perte du nid est confirmée par la présence d'œufs non éclos et froids pendant la période d'incubation (Hanane et Baâmal, 2011).

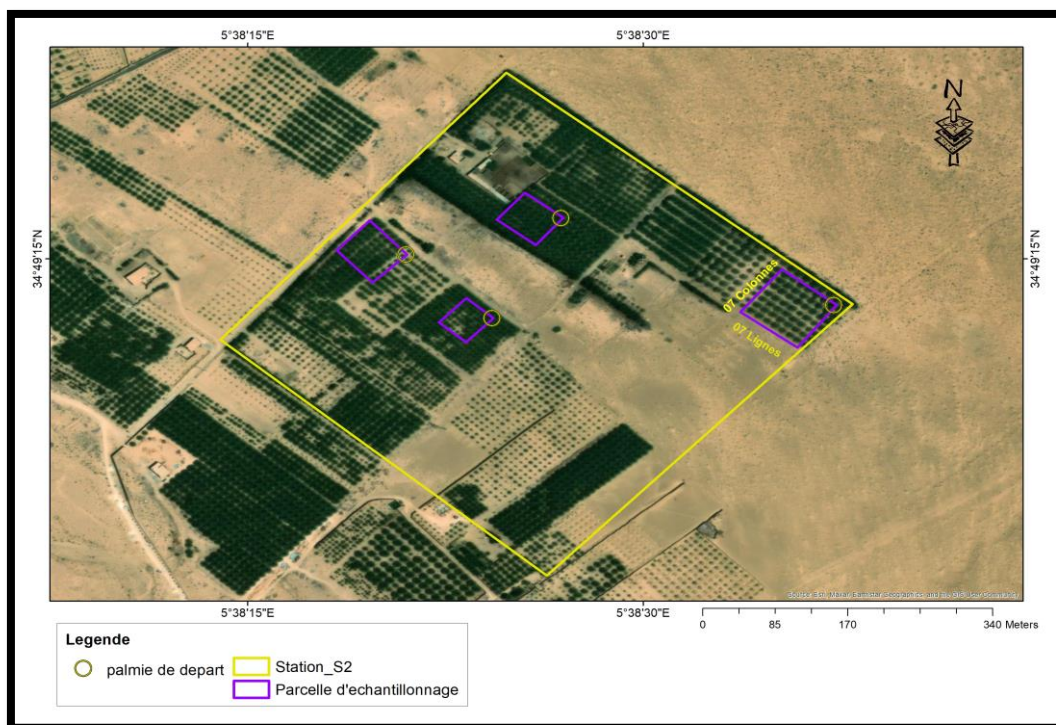


Figure 03 : Parcelles d'échantillonnage dans une station révélées par une image de Google Earth (Originale, 2023).

3.2. Détermination des variables influençant la survie quotidienne des nids de trois espèces de tourterelles sympatriques en milieu phœnicicole dans la région de Biskra

Nous avons recueilli toutes les données sur les caractéristiques des palmiers portant les nids, le micro-habitat des nids et la position des palmiers de nidification. Nous avons considéré que ces variables peuvent potentiellement influencer la survie journalière du nid. Toutes les variables sont mentionnées dans le tableau 02 .

**Chapitre III : Succès de la reproduction de trois espèces sympatriques de colombidés
en milieu phœnicicole dans la région du Biskra**

Tableau 02 : Variables qui influent la survie journalière du nid de trois espèces de tourterelle dans la palmeraie

Variables	Abréviation	Description	Sources
Age du nid (j)	AGN	Age du nid par jour	Travail de terrain
Hauteur du nid par rapport au sol (m)	HN	Mesure de la hauteur du nid par rapport au sol à l'aide d'un clinomètre	Travail de terrain
Diamètre à hauteur de la poitrine (m)	DHP	Diamètre du tronc de palmier	Travail de terrain
Couverture des arbres (%)	CA	Proportion des arbres fruitiers (%)	Travail de terrain
Couverture de la strate herbacée (%)	CHB	Proportion de la strate herbacée (%)	Travail de terrain
Couverture du sol nu (%)	PSN	Proportion du sol nu (%)	Travail de terrain
Bordure de la palmeraie (m)	DB	Distance entre le palmier à nid et la bordure la plus proche de la palmeraie (m)	QGIS V3.4.2 Maderia
Proximité d'eau artificielle (m)	DE	Distance entre le palmier à nid et le point d'eau stagnante le plus proche (m)	QGIS V3.4.2 Maderia
Habitation humaine à la proximité de la Palmeraie (m)	DH	Distance entre le palmier portant le nid et l'habitation humaine la plus proche (m)	QGIS V3.4.2 Maderia
Proximité d'une zone urbaine (m)	DUR	Distance entre le palmier portant le nid et le centre urbain le plus proche (m)	QGIS V3.4.2 Maderia
Proximité des céréales (m)	DC	Distance entre le palmier et le champ de céréale le plus proche (m)	QGIS V3.4.2

Chapitre III : Succès de la reproduction de trois espèces sympatriques de colombidés en milieu phœnicicole dans la région du Biskra

			Maderia
Précipitation (mm)	PR	Cumule de pluie journalière en 5 jours	O.N.M
Température	TP	Température quotidienne moyenne de 5 jours	O.N.M

Le tableau 02 présente les variables étudiées, les mesures ont été effectuées dans une parcelle circulaire de **10 mètres** de rayon (0,03 hectare) centré par le palmier portant un nid actif de tourterelle (**Danielsen et al., 2014 ; Kumordzi et al., 2015**). Les variables de la végétation ont été mesurées sur le terrain à l'aide d'un clinomètre, et le pourcentage des différentes couvertures a été estimé visuellement par le même observateur pour éviter toute fluctuation de l'appréciation (**Prodon et Lebreton ,1981 ; Alaya-Ltifi et Selmi,2014 ; Hanane et al., 2019**). Les variables liées à la présence humaine ont été évaluées à l'aide du logiciel **QGIS V3.4.2 Maderia**. Les données relatives à la quantité de pluie cumulée et à la température quotidienne pendant 5 jours ont été obtenues auprès de l'office national de la météorologie de la station régionale de l'aéroport de Biskra.

3.3. Analyse statistique des données

En raison de déterminer les effets des variables sur la survie quotidienne des nids. Nous avons utilisé un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM) du modèle logistique d'exposition (**Rotella et al. 2004, Shaffer 2004**) et avons inclus la station agricole comme facteur aléatoire pour tenir compte de la non-indépendance potentielle. On a testé toutes les variables par le teste de multicolinéarité pour calculer les facteurs d'inflation de la variation généralisée (GVIF), trois variables hautement multicolinéarité (la hauteur des palmiers dattiers, le nombre des palmiers dattiers et la hauteur moyenne de la strate herbacée), donc ont été retirées des analyses ultérieures car elles présentaient une valeur GVIF supérieure à 10. Les variables indépendantes restantes ont toutes été prises en compte dans l'analyse car elles ont valeur GVIF < 2.

L'approche de la théorie de l'information (**Burnham et Anderson, 2002**) a été utilisée pour évaluer le support des modèles en compétition qui décrit la survie quotidienne des nids sur la base des variables non corrélées. Toutes les variables ont été considérés comme linéaires, la transformation en log (pour détecter tout plateau) ou quadratiques (pour détecter tout optimum). Nous avons sélectionné les meilleurs modèles explicatives par le classement à l'aide du critère d'information d'Akaike (AIC) (**Burnham et Anderson ,2002**).

Chapitre III : Succès de la reproduction de trois espèces sympatriques de colombidés en milieu phœnicicole dans la région du Biskra

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel **R-3.0.2 (R Development Core Team 2013)**.

4. Résultats

4.1. Variation mensuelle du nombre de nids de trois espèces de tourterelles (la tourterelle turque, la tourterelle maillée et la tourterelle des bois)

En 2019, nous avons surveillé un total de **225** nids dans les six stations (Palmeraies) d'études : **68** nids de tourterelle maillée, **65** nids de tourterelle turque et **92** nids de tourterelle des bois. Pour la tourterelle maillée, 14 nids sur 68 (**20,6 %**) ont échoué, tandis que, pour la tourterelle turque et des bois, 34 nids sur 65 (**52,3 %**) et 30 nids sur 92 (**32,6 %**) ont échoué respectivement. La ponte chez les tourterelles turques et maillée sa débuté la troisième semaine du mois de février jusqu'à la troisième semaine du mois de juin, cependant chez la tourterelle des bois elle a débuté la troisième semaine du mois de Mai jusqu'à la fin de juin (**figure 04**).

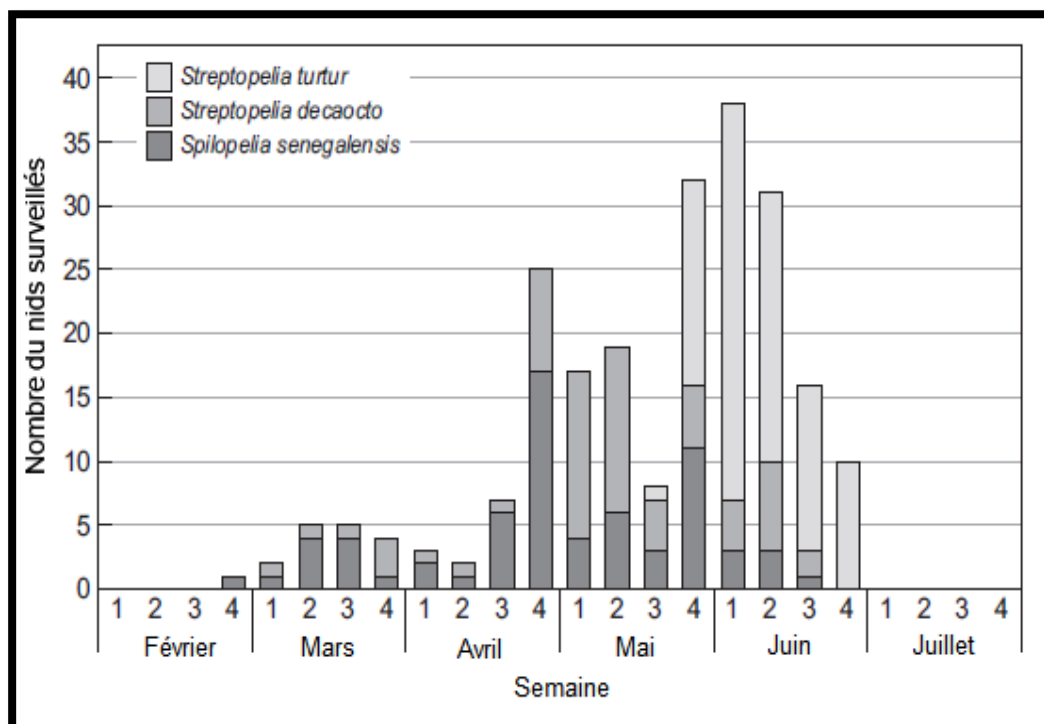


Figure 04 : Variation mensuelle du nombre de nids de trois espèces de tourterelles (turque, maillée et des bois) en milieu phœnicicole dans la région de Biskra.

Chapitre III : Succès de la reproduction de trois espèces sympatriques de colombidés en milieu phœnicicole dans la région du Biskra

D'après nos résultats la période de nidification la plus longue est enregistré chez les tourterelles maillées (**109 jours** : 28 février-16 juin) et les tourterelles turque (**103 jours** : 6 mars-16 juin) par rapport aux tourterelles des bois qui est de (**41 jours** : 21 mai-30 juin).

Le pic de ponte des tourterelles des bois a été le plus tardif (la première quinzaine du mois de juin, 57%, n = 92), précédé de celui des tourterelles turques (la première quinzaine du mois de mai, 40%, n = 65) et des tourterelles maillées (la deuxième quinzaine du mois d'avril, 34%, et dernière semaine du mois de Mai, 16%, n=68) (**Figure 04**).

Les estimations moyennes des probabilités de survie quotidienne étaient de **0,937 ± 0,004** pour la tourterelle turque, **0,970 ± 0,006** pour la tourterelle maillée et **0,960 ± 0,005** pour la tourterelle des bois. Sur la base de ces estimations, la probabilité de survie globale pour un cycle de nidification de 30 jours est, respectivement, de **0,14 ± 0,03**, **0,40 ± 0,02** et **0,29 ± 0,02**.

4.2. Identification des modèles explicatifs optimaux pour la survie quotidienne des trois espèces sympatriques de tourterelles en milieu phœnicicole dans la région de Biskra

Pour déterminer les facteurs qui influent sur la survie journalière des nids des trois espèces de tourterelles. Nous avons classé les modèles selon le critère d'information d'Akaike corrigé pour les petits échantillons (*AICc*), les meilleures combinaisons des modèles explicatifs sont présentées dans le tableau 03.

Tableau 03 : Meilleures combinaisons des modèles explicatifs de la survie journalière du nid des trois espèces sympatrique de tourterelle en milieu phœnicicole dans la région du Biskra

Espèces/Modèle	K	AICc	$\Delta AICc$	W_i	NSR
<i>Streptopelia decaocto</i>					
AGN	2	125.9	0.0	1.00	0.10
AGN+NP	3	132.6	6.7	0.00	0.08
NP+NP ²	3	136.2	10.3	0.00	0.08
DE+NP+NP ²	4	165.7	39.8	0.00	0.07
DE+NP+NP ² +PR	3	167.0	41.1	0.00	0.06
DE+DT+PR	3	172.1	46.2	0.00	0.07
DT+PR	2	172.3	46.4	0.00	0.05
PR	2	172.4	46.5	0.00	0.05

**Chapitre III : Succès de la reproduction de trois espèces sympatriques de colombidés
en milieu phœnicicole dans la région du Biskra**

Nulle	1	172.6	46.7	0.00	-
<i>Streptopelia senegalensis</i>					
AGN+log (DC)+HN	4	68.2	0.0	0.54	0.08
AGN+HN	3	71.8	2.6	0.25	0.08
Log (DC) +HN	4	72.3	3.1	0.16	0.07
HN	3	74.2	5.0	0.05	0.10
Log (DC) +PR	3	89.9	20.7	0.00	0.11
DE+ Log (DC) +PR	2	94.3	25.1	0.00	0.05
Log (DC) +PR	2	94.9	25.7	0.00	0.12
Log (DC)	2	95.1	25.9	0.00	0.07
Nulle	1	96.5	27.3	0.00	-
<i>Streptopelia turtur</i>					
AGN+AGN ² +AGN ³	4	65.6	0.0	0.99	0.11
AGN+AGN ² +DP	4	78.2	12.6	0.01	0.06
AGN+AGN ² +DT	4	80.6	15.0	0.00	0.05
AGN+DT	3	82.4	16.8	0.00	0.07
AGN+HN	3	83.3	17.7	0.00	0.13
AGN+DHP+DP+HN	5	95.9	30.3	0.00	0.11
AGN+DP	3	97.0	31.4	0.00	0.09
AGN	2	97.5	31.9	0.00	0.10
Nulle	1	167.8	102.30	0.00	-

Le tableau 03 révèle les combinaisons des modèles les plus performants pour expliquer la survie quotidienne des nids des trois espèces de tourterelles sympatriques en milieu phœnicicole dans la région de Biskra. Les résultats ont montré que l'âge du nid est un facteur important pour les tourterelles turques et des bois, tandis que pour les tourterelles maillées, l'âge du nid, la distance par rapport au champ de céréales et la hauteur du nid sont tous des facteurs significatifs. Nous avons également constaté que la probabilité de survie quotidienne des tourterelles turques et maillées augmentait de manière linéaire avec l'âge du nid, avec une probabilité plus élevée pendant la période d'incubation que pendant la période de nidification (*Streptopelia decaocto*: $P < 0.001$ – *Streptopelia senegalensis*: $P = 0.003$ – *Streptopelia turtur*: $P < 0.001$) (Figure 05 A-C).

Chapitre III : Succès de la reproduction de trois espèces sympatriques de colombidés en milieu phœnicicole dans la région du Biskra

Les semi-variogrammes, établis à partir des résidus des modèles GLMM supérieurs, ont indiqué des modèles spatiaux dans les données pour la tourterelle maillée (NSR = 0,08), la tourterelle turque (NSR = 0,10) et la tourterelle des bois (NSR = 0,11) (Tableau 03, Figure 05).

4.3. Modèles GLMM (non spatiaux) et glmmPQL (spatiaux) pour expliquer la survie des nids de tourterelles turques, maillées et des bois en milieu phœnicicole dans la région de Biskra.

La considération de l'autocorrélation spatiale dans la modélisation à travers les modèles **glmmPQL**, nous a permis de confirmer l'effet de l'âge du nid qui est resté significatif pour les trois espèces sympatriques de tourterelle dans notre région (Tableau 04).

Tableau 04 : Modèles **GLMM** et **glmmPQL** (non spatiaux et spatiaux) pour expliquer la survie des nids de tourterelles turques, maillées et des bois en milieu phœnicicole dans la région de Biskra

Espèces/Modèle	Modèle non spatial (GLMM)		Modèle spatial (glmmPQL)	
	Estimation± SE	P	Estimation ±SE	P
<i>Streptopelia decaocto</i>				
Intercepter	-0.364 ± 0.640	0.569	-0.591± 0.391	0.634
Age du nid	0.304± 0.069	<0.001	0.330 ± 0.047	<0.001
<i>Streptopelia senegalensis</i>				
Intercepter	1.243±1.341	0.356	1.968 ± 0.788	0.013
Age du nid	0.275 ± 0.076	<0.001	0.253±0.052	<0.001
Log (distance à la culture céréalière la plus proche)	0.382 ± 0.170	0.026	0.303 ± 0.128	0.019
Hauteur du nid	-0.175 ± 0.164	0.286	-0.287 ± 0.096	0.003
<i>Streptopelia turtur</i>				
Intercepter	-13.352 ± 4.493	0.004	-13.243± 1.840	<0.001
Age du nid	3.179 ± 0.974	0.001	3.154 ± 0.381	<0.001
Age du nid ²	-0.20 ± 0.060	0.001	-0.199 ± 0.023	<0.001
Age du nid ³	0.004 ± 0.001	<0.001	0.004 ± 0.0004	<0.001

Chapitre III : Succès de la reproduction de trois espèces sympatriques de colombidés en milieu phœnicicole dans la région du Biskra

Chez la tourterelle maillée les effets de la proximité des céréales et de la hauteur du nid (**Tableau 03**) ont été confirmés par les modèles **glmmPQL** (**Tableau 04**). Cependant la survie du nid de la tourterelle maillée était liée négativement à la hauteur du palmier et positivement à la distance aux céréales (**Figure 05 D, E**).

Les résultats montrent que la relation entre la probabilité de survie quotidienne du nid et l'âge du nid était cubique, mettant en évidence trois phases distinctes. La première phase correspond à une augmentation de la probabilité de survie quotidienne entre le 5^{ème} et le 11^{ème} jour, pendant la période d'incubation. La deuxième phase se caractérise par une nette diminution de la probabilité de survie quotidienne entre le 11^{ème} et le 18^{ème} jour, période de chevauchement entre la fin de l'incubation et le début de l'élevage. Enfin, la troisième phase correspond à une nouvelle augmentation de la probabilité de survie quotidienne entre le 20^{ème} et le 30^{ème} jour, période d'élevage (**Figure 04**). Ce modèle de comportement temporel indique que la tourterelle des bois indigène est particulièrement vulnérable au début de la période d'incubation et pendant l'éclosion et le stade précoce de la nidification, où elle doit rester au nid. Par ailleurs, l'étude a révélé que **36,7 %** des nids non réussis étaient principalement la proie des Genettes *Genetta genetta*.

Chapitre III : Succès de la reproduction de trois espèces sympatriques de colombidés en milieu phœnicicole dans la région du Biskra

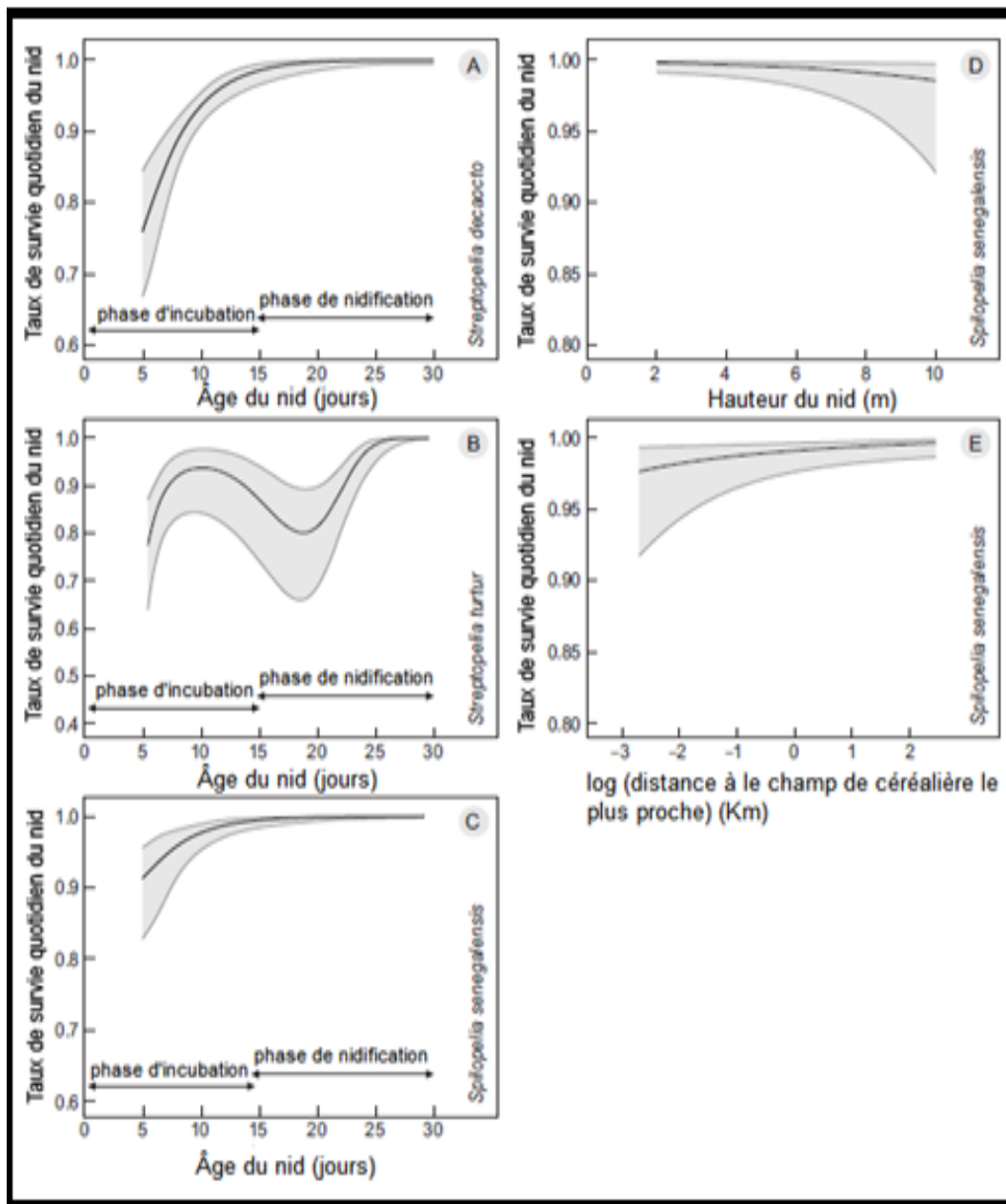


Figure 05 : Analyse des facteurs influençant la survie des nids de trois espèces de tourterelles sympatriques : turque (A), maillée (B) et des bois (C), en fonction de l'âge du nid, ainsi que l'influence de la hauteur du nid (D) et de la distance au champ céréalière le plus proche chez les tourterelles maillées.

Chapitre III : Succès de la reproduction de trois espèces sympatriques de colombidés en milieu phœnicicole dans la région du Biskra

5. Discussion

Dans cette étude, nous avons examiné les facteurs qui déterminent la survie des nids de trois espèces sympatriques des colombidés (la tourterelle turque, maillée et des bois) dans un habitat oasien au Sud Est de l'Algérie exactement dans les palmeraies de Biskra. Notre objectif était de fournir des informations permettant de comprendre le succès de la reproduction de ces espèces des colombidés en milieu phœnicicole dans la région de Biskra, un agroécosystème peu étudié. Nos résultats ont montré que l'âge du nid est un prédictif important du taux de survie car l'effet de l'âge du nid est resté significatif pour les trois espèces sympatriques de tourterelle. Le taux de survie journalier du nid est positivement lié à l'âge du nid chez la tourterelle turque et maillée, alors qu'une tendance cubique a été signalée chez la tourterelle des bois. En plus de l'âge du nid, le taux de survie journalier de la tourterelle maillée a également varié négativement avec la hauteur du nid et positivement avec la distance aux céréales. La probabilité de survie des nids les plus anciens est plus élevée ce qui a été montré chez nombreuses espèces d'oiseaux, comme le Paroaire huppé *Paroaria coronata* (Segura et Rebores, 2012), le Butor étoilé *Botaurus stellaris* (Polak, 2016), la Gélinotte de Severtzov *Tetrastes sewerzowi* (Zhao et al. 2020), ainsi que la tourterelle maillée *Streptopelia senegalensis* (Boukhriss et Selmi, 2019).

La survie des nids pour toutes les trois espèces sympatriques des colombidés en milieu phœnicicole dans la région de Biskra était plus faible durant la période d'incubation par rapport à la période de nidification. La vulnérabilité de ces espèces au début de leur cycle de nidification pourrait bien être liée à la présence des prédateurs des œufs dans les palmeraies du Biskra. En effet, les petits rongeurs, fréquemment observés sur les palmiers de nidification, sont parmi les prédateurs les plus communs dans cet agroécosystème. Des études précédentes ont rapporté l'attraction de ces mammifères pour les œufs plutôt que pour les oisillons (Bradley et Marzluff, 2003 ; Duron et al., 2017 ; Boukhriss et Selmi, 2018, 2019). Cette différence de taux de survie des nids entre la période d'incubation et celle de nidification, peut également être attribuée à l'intensité de défense de ces espèces à leurs nids, d'après Lima (2009) et Polak (2016), plus les parents investissent dans leurs couvées, plus leurs défenses des nids sont fortes. Ce résultat a été supporté par Boukhriss et Selmi (2018, 2019) dans les oasis du Sud-est de Tunisie.

Les activités parentales autour des nids, sont potentiellement importants dans la première phase d'incubation des Columbides peuvent causer une grande sensibilité liée aux

Chapitre III : Succès de la reproduction de trois espèces sympatriques de colombidés en milieu phœnicicole dans la région du Biskra

perturbations ce qui peut contribuer à la localisation des nids par les prédateurs à orientation visuelle (Martin et al., 2000 a ; Remeš,2005) et ainsi favoriser la probabilité de prédation des nids (Martin et al.,2000b ;Boukhriss et Selmi (2019).

La tourterelle des bois indigène est vulnérable à deux périodes distinctes de son cycle de nidification, au premier stade de l'incubation et au période d'éclosion, qui se situent respectivement entre le 5^{ème} et le 11^{ème} jour et entre le 11^{ème} et le 18^{ème} jour. Des études précédentes ont également montré que la survie des nids varie en fonction du temps et du développement du nid (Burhans et al., 2002 ;Van Der Burg et al., 2010). La période entre le 11^{ème} et le 18^{ème} jour, c'est-à-dire juste avant et après l'éclosion, est caractérisée par la présence des adultes aux nids. La diminution du taux de la survie quotidienne des nids observée durant cette période suggère que les prédateurs peuvent détecter la présence des d'adultes aux nids. Durant l'année de notre expérimentation, la période de reproduction de la tourterelle des bois dans les palmeraies de Biskra se situe entre le mois de Mai et le mois de Juin avec un pic dans la première moitié du mois de Juin. Ce pic tardif, comparé à celui de la tourterelle turque (première moitié de Mai) et de la tourterelle maillée (deuxième moitié d'Avril et dernière semaine de Mai), coïncide avec la période d'activité des prédateurs arboricoles communs, tels que le Cobra égyptien *Naja haje*, la Couleuvre vipérine *Natrixmaura*, la Couleuvre de Forsskal, *Schokari Psammophiss chokari* et la Genette commune *Genettagenetta*, dans cet agroécosystème aride. En plus, la haute température possède un effet positif sur l'activité des serpents (Sperry et al., 2008 ; 2012) et des genettes (Virgós et al., 2001).D'après Boukhemza-Zemmouri et al.,(2008), la principale cause de mortalité des nombreux poussins des tourterelles des bois fut la prédation au niveaux sites forestiers dans le Nord de l'Algérie, les prédateurs potentiels sont les chats, les rapaces nocturnes, les reptiles et plusieurs d'autres espèces.

Dans notre région d'étude, nous avons supposé que la diminution enregistrée du taux de survie des nids des tourterelles des bois entre le 11^{ème} et le 18^{ème} jour est principalement causée par la genette commune pour trois raisons en premier , plus de les moitiés des nids abandonnés étaient désordonnées et même détruites, ce qui suggère une prédation par un mammifère de grande ou moyenne taille (Morton et al., 1993 ; Schaefer, 2004).En deuxième, six adultes en incubation décapités ont été trouvés sur les branches supportant les nids, un tel comportement est spécifique aux Genette commune rapporté par La rivière et Calzada (2001). Finalement, la présence de longues crottes de Genette commune au pied du

Chapitre III : Succès de la reproduction de trois espèces sympatriques de colombidés en milieu phœnicicole dans la région du Biskra

palmier dattier. Des études précédente ont également montré que cette espèce de mammifère a également été identifiée comme prédateur de nids dans les oasis tunisiennes (Selmi,2004 ;Boukhriss et Selmi, 2018). La présence de nids vides, entre le 15^{ème} et le 20^{ème} jour alors que certains adultes sont en train de couvrir leurs oisillons, suggère une prédation des adultes par les serpents arboricoles. Mansouri et al., (2020) ont signalé que la prédation des œufs et des poussins de la tourterelle des bois a été observé dans tous les vergers des pommiers presque pendant toutes les périodes d'incubation et de nidification est atteint le maximum en juin, juillet et août à cause de la présence de la Couleuvre en fer à cheval sur les arbres.

La période où le taux de survie des nids des tourterelles des bois est élevé correspond à la période de disparition des nids actifs des tourterelles turques et maillées. Il est intéressant de noter que la période de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies de Biskra présente trois phase, la première phase d'augmentation de taux de survie du nid entre le 5^{ème} et le 11^{ème} jour (période d'incubation), puis la deuxième phase marquée par une nette diminution de taux du survie du nid entre le 11^{ème} et le 18^{ème} jour (période de chevauchement entre la fin de l'incubation et le début de l'élevage) et finalement la troisième phase d'augmentation de taux du survie du nid entre le 20^{ème} et le 30^{ème} jour (période d'élevage). Ce résultat possède trois explications possibles, la première, la défense vigoureuse des poussins par les parents lorsqu'ils approchent de l'âge de l'envol. La deuxième, l'existence de moins de prédateurs et la troisième, les attaques des petits prédateurs échouent généralement parce que les poussins ont évolué en taille et en force, comme le suggèrent Grant et al., (2005). Ceci est compatible avec des études précédentes qui confirment que les habitat qui existent au niveau des agro systèmes Nord-Africains sont des habitats favorables pour la reproduction des tourterelles des bois (Hanane et Baâmal, 2011 ;Absi et al., 2015 ;Kafi et al., 2015 ;Hanane , 2017) cependant la tourterelle turque est une espèce plutôt adaptée aux villes (Fugisaki et al., 2010 ;Herrando et al., 2012).

Le taux de la survie quotidienne des nids des tourterelles maillées était positivement corrélé avec la distance aux champs des céréales les plus proches, l'éloignement des céréales était bénéfique pour la survie des nids chez cette espèce granivore. Leur indépendance vis-à-vis des céréalières pourrait être une conséquence de la suffisance alimentaire, c'est-à-dire de la disponibilité des graines des mauvaises herbes, l'eau et les dattes, dans les palmeraies, en plus la présence des écuries dans les pluparts des palmeraies aurait également contribué à la

Chapitre III : Succès de la reproduction de trois espèces sympatriques de colombidés en milieu phœnicicole dans la région du Biskra

satisfaction des besoins alimentaires par la disponibilité principalement de l'orge au moment de l'alimentation des chèvres, des moutons et des vaches., Ces résultats ne correspondent pas aux résultats obtenus par **Dunn et al., (2017)** et **Kafi et al., (2015)**. La tourterelle turque et des bois n'ont pas été affectés par la distance aux champs des céréales les plus proches, ce qui supporte la proposition d'une suffisance alimentaire dans les palmeraies. La hauteur du nid de tourterelle maillée était également un indicateur significatif de la survie quotidienne au nid pour cette espèce, les nids plus hauts étant plus susceptibles d'être abandonnés, alors que la construction des nids à faibles hauteur permet d'éviter la prédation aériennes (dans notre cas, le Faucon crécerelle *Falco tinnunculus*), et un moyen de protéger le nid contre des mauvaises conditions météorologiques (**Sadoti ,2008 ; Hanane ,2012**), mais malheureusement ce choix peut exposer leurs nids à des prédateurs terrestres (**Khoury et al., 2009**).

6. Conclusion

La survie des nids des trois espèces sympatriques de colombidés en milieu phœnicicole dans la région de Biskra est influencée significativement par l'âge du nid. La survie journalière du nid de ces espèces est plus élevée pendant la période de nidification que pendant la période d'incubation. La vulnérabilité des espèces au début de la saison de reproduction est principalement liée à la prédation d'œufs et de poussins par les couleuvres, les genettes, les chats sauvages, les rongeurs, les faucons crécerelles, les chouettes et autres. Contrairement aux facteurs alimentaires, qui ne semblent pas jouer un rôle significatif, car tous les besoins trophiques des adultes et des poussins sont disponibles dans les palmeraies durant toute la saison de reproduction. La tourterelle maillée a une stratégie de nidification plus efficace en milieu phœnicicole, ce qui se traduit par une survie des nids plus élevée par rapport autres espèces. Cela peut être attribué à des adaptations spécifiques aux conditions dominantes dans l'environnement de nidification.

Nest age as predictor of nest survival in three sympatric dove species breeding in a Mediterranean arid agroecosystem

Nasrine Saâd¹, Saâd Hanane^{2,*}, Kamilia Farhi¹ & Mohamed Dhaya El Hak Khemis³

Saâd N., Hanane S., Farhi K. & Khemis M.D.E.H. 2020. Nest age as predictor of nest survival in three sympatric dove species breeding in a Mediterranean arid agroecosystem. *Ardea* 108: 171–182. doi:10.5253/arde.v108i2.a5

Identifying the factors that influence nest survival insympatric species is important for the proper and effective management of their breeding populations. We used logistic-exposure models to estimate the daily survival rate and evaluate habitat traits, such as characteristics of trees supporting nests, position of nest in a tree, nesting micro- and macrohabitat, nest timing and weather, that may affect nest survival in Date Palm plantations in Biskra, Algeria. We monitored 68 Laughing Doves *Spilopelia senegalensis*, 65 Eurasian Collared Doves *Streptopelia decaocto* and 92 European Turtle Doves *Streptopelia turtur* nests during the 2019 breeding season. Our results showed that daily survival rate was positively associated with nest age for Laughing Dove and Eurasian Collared Dove, whereas a cubic trend was found for European Turtle Dove. Furthermore, daily survival rate of Laughing Doves was associated negatively with nest height and positively with distance to cereal crops. The beginning of the incubation phase is a critical period for nest survival in the three sympatric Columbidae species. However, in the European Turtle Dove, a second period of vulnerability was recorded between the end of the incubation phase and the beginning of the nesting phase, i.e. between day 11 and 18 of the 30-day nesting cycle. Overall, the highest daily survival rates were recorded for Laughing Doves (0.970 ± 0.006 SE) and European Turtle Doves (0.960 ± 0.005), whereas the lowest (0.937 ± 0.004) was found for Eurasian Collared Doves. Laughing doves and, to a lesser degree, European Turtle Doves are better adapted to conditions prevailing in North African Date Palm plantations. Nevertheless, to enhance dove reproduction, management focusing on ensuring the availability of food, water and suitable nesting trees should be undertaken.

Key words: Columbidae, nest survival rate, agroecosystems, Date Palm plantations, North Africa

¹Laboratory of Ecosystems Diversity and Agricultural Production Systems Dynamics in Arid Zones, Mohamed Khider University, Biskra, Algeria;

²Forest Research Center, Avenue Omar Ibn El Khattab, BP 763, 10050 Rabat-Agdal, Morocco;

³University of Badji Mokhtar, Annaba, 23000, Algeria;

*corresponding author (sdhan333@gmail.com)



The breeding period is the most critical phase in the life cycle of most bird species (Lofts & Murton 1973, Assandri *et al.* 2017). The degree of persistence of local populations depends on the rates of nest survival from year to year. Persisting biotic factors that negatively influence reproduction can lead to a permanent abandonment of nesting sites. The major factors known to affect nest survival rates in birds are predation (Barea 2008, Burr *et al.* 2017, Boukhriss & Selmi 2018, 2019), human disturbance (Hanane & Besnard 2013, Lowe

et al. 2014) and weather (Townsend *et al.* 2013, Sherry *et al.* 2015). Indeed, intense recreational (Gill 2007) or grazing (Pavel 2004, Hanane 2014) activity can cause substantial nest failure. Other factors, such as habitat features (Borgmann & Conway 2015, Fuller *et al.* 2017), placement and attributes of nest location (Guan *et al.* 2018), distance to forest edge (Khamcha *et al.* 2018) and temporal factors, e.g. date and nest age, could also affect predation risk (Thompson 2007, Smith & Wilson 2010, Berkunsky *et al.* 2016, Boukhriss

& Selmi 2018, Stillman *et al.* 2019). However, the relative importance of these factors on nest success deserves further attention.

Although breeding columbids are widespread throughout North Africa, very few studies have examined the factors that affect their nest survival rates (Hanane & Besnard 2013, Boukhriss & Selmi 2019). Permanent crops, such as Olive *Olea europaea*, Orange *Citrus* spp., Date Palm *Phoenix dactylifera*, and Pomegranate *Punica granatum* trees, improve the Gross Domestic Product of many countries worldwide. From an environmental point of view, these semi-natural habitats also contribute to maintaining wildlife populations by providing refugia in fragmented agricultural landscapes (Wiącek & Polak 2008, Guezoul *et al.* 2013). Many species of fruit trees are used by birds for nesting, such as Apple trees *Malus domestica* (Wiącek & Polak 2008, Bouvier *et al.* 2011, Katayama 2016), Olive trees (Peiro 1990, Duarte & Vargas 2001, Hanane & Baâmal 2011, Brahmia *et al.* 2015), Orange/Citrus trees (Carrascal & Palomino 2008, Kafi *et al.* 2015, Hanane 2016, Taberner *et al.* 2012, Giese 2016) and Date Palm trees (Absi *et al.* 2015). These plantations are relatively suitable for breeding due to the availability of nesting supports as well as food (Myczko *et al.* 2013) and water. However, the disturbance caused by human farming activities, such as maintenance of trees, fruit harvest and pesticide and herbicide applications, can be detrimental as is the case in North African fruit orchards (Hanane & Maghnoij 2005, Hanane & Baâmal 2011, Brahmia *et al.* 2015, Hanane 2017). Significant nest desertion rates have been observed in Olive and Orange groves mostly at the egg-stage in Turtle Doves (Hanane & Maghnoij 2005, Hanane & Baâmal 2011, Brahmia *et al.* 2015, Hanane 2017) and Laughing Doves (Hanane *et al.* 2011, Brahmia *et al.* 2015).

Date Palm plantations are important horticultural crops in North Africa. These artificial environments are well adapted to arid conditions and constitute an effective barrier against sand encroachment (Mihi *et al.* 2017). These arboreal stands, located at the northern limit of the desert, are host to many breeding and migratory birds refueling energy. The number of Date Palm trees in Morocco and Tunisia is estimated to be respectively 4.4 million (Sedra 2003) and 3.9 million (Kassah 2002). However, in Algeria, this number exceeds four million in the Biskra region alone (D.S.A. 2019). This region is known to be the largest centre of Date production in Algeria. In this agricultural system, the vegetation generally consists of two main layers: palm trees and herbaceous plants. Rarely, a third layer

of fruit trees is added. This layer is extremely beneficial as it allows the establishment of many non-desert-adapted bird species, as is the case in Tunisian oases (Selmi 2000, Boukhriss *et al.* 2009). Overall, although Date Palm plantations are the most dominant arboreal habitats at this latitude, little research has been devoted to the study of birds in these artificial desert environments (Selmi *et al.* 2002, Selmi & Boulinier 2004, Farhi & Belhamra 2012).

The Columbidae (pigeons and doves) is a family of birds that regularly uses fruit orchards for breeding (Knight 1984, Boukhriss & Selmi 2009, Hanane & Baâmal 2011, Hanane 2016, Absi *et al.* 2015, Brahmia *et al.* 2015). Two native species of Columbidae occur in North Africa: Common Woodpigeon *Columba palumbus* and European Turtle Dove *Streptopelia turtur*, whereas the two other species are non-native: Eurasian Collared Dove *Streptopelia decaocto* and Laughing Dove *Spilopelia senegalensis*. The migratory Turtle Dove is listed as 'vulnerable' whereas the other three species are 'least concern' (BirdLife International 2019). Except for the Common Woodpigeon, all Columbidae species breed in Biskra's palm groves.

To date, few studies have considered the effects of laying date and nest age in survival models in Columbidae (Hanane & Besnard 2013, Giese 2016, Boukhriss & Selmi 2019). Nest age is, for instance, essential to accurately model nest survival rates (Polak 2016), determine the risk of predation (Roos 2002) and improve our understanding of the evolution of avian life histories (Grant *et al.* 2005, Zhao *et al.* 2020). Several studies aiming to evaluate the factors influencing nest survival in different biogeographic areas have proven the robustness of including nest age (e.g. Polak 2016, Boukhriss & Selmi 2018, 2019, Stillman *et al.* 2019, Zhao *et al.* 2020). Others studies on Columbidae have recorded significant relationships between nest survival patterns and (1) laying date in the Mourning Dove *Zenaida macroura* (Max Smith *et al.* 2012) and Common Woodpigeon (Hanane & Besnard 2013), (2) nest height in the Tambourine Dove *Turtur tympanistria* (Newmark & Stanley 2011) and European Turtle Dove (Hanane 2012), (3) tree density/cover in the Common Woodpigeon (Hanane & Besnard 2013) and Laughing Dove (Boukhriss & Selmi 2019), (4) tree diameter at breast height in the Mourning Dove (Muñoz *et al.* 2008), (5) land cover in the White-tipped Dove *Leptotila verreauxi* (Giese 2016) and European Turtle Dove (Kafi *et al.* 2015) and (6) climate in the Mourning Dove (Miller *et al.* 2001). Because of their proven relevance, all these factors have been considered to model nest survival of the three studied dove species.

The primary objective of this research was to determine factors influencing daily nest survival of European Turtle Dove, Eurasian Collared Dove and Laughing Dove in Algerian Date Palm plantations. Specifically, we were interested in evaluating the relative influence of factors related to nest tree position, characteristics of trees supporting nests, nesting micro- and macro-habitat, nest timing and weather. Given that egg desertion is the primary cause of European Turtle Dove and Laughing Dove nest failure in the incubation period in North African Olive and Orange orchards (Hanane & Maghnoûj 2005, Hanane & Baâmal 2011, Hanane *et al.* 2011, Brahmia *et al.* 2015, Hanane 2017) and that nest age influences the Laughing Dove nest survival in Tunisian oases (Boukhriss & Selmi 2019), we hypothesized that nest age would be more determining than habitat characteristics (e.g. tree position, tree characteristics and nesting micro- and macro-habitat) and weather (e.g. precipitation and temperature) for these Columbidae species.

METHODS

Study area

Our study was conducted in the arid region of Biskra (34°48'00"N, 5°44'00"W), Algeria. The region has an area of 21,509.8 km² and has a Saharan climate, with an annual average rainfall of 149.7 mm, most of which falls during the winter season (December–January; ONM 2016, Farhi *et al.* 2020). Temperatures vary widely, being more moderate during the winter (6°C) and hot in summer (especially in July), with peaks that often reach 44°C (Farhi *et al.* 2020). The mean relative humidity is 35% with minimum and maximum values of respectively 25.6% during July of 59.1% during December (Farhi *et al.* 2020). Altitude ranges from 125 to 300 m above sea level.

In Biskra, the permanent crops cover an area of 473.1 km² (2.2%) and are mainly dominated by palm trees (436.2 km², 92.2%) whose stands are mono-specific (7–10 m between trees). In some cases, inter-crops, namely Olive trees, Pomegranate trees and Fig trees *Ficus carica* are also present. Cereals (273.3 km², 1.1%), composed of wheat *Triticum turgidum* and *T. aestivum* and Barley *Hordeum vulgare*, are well distributed in this region with a slight concentration in the vicinity of Date Palm groves. The minimum distance between the city of Biskra and the nearest palm grove is 1.95 km, whereas the maximum distance is 100 km. In most palm orchards, there is at most a single house. According to Diab (2015), the most common annual

plant species present in Date Palms plantations are the Lesser Crystal Ice Plant *Mesembryanthemum nodiflorum*, Milk Thistle *Silybium marianum*, Field Sowthistle *Sonchus arvensis* and Smooth Sowthistle *Sonchus olearaceus*.

Data collection

Fieldwork was carried out at Biskra's Date Palm plantations during the 2019 breeding season (beginning of March to the end of August). Six farm stations were randomly chosen by drawing numbers from the list of Date Palm farms at Biskra ($n = 21,000$; D.S.A. 2019). In four sample plots, each corresponding to an area of seven by seven, palm trees were selected by randomly picking x- and y-coordinates. The study area, therefore, comprised of six farms with four study plots each with 49 palm trees per plot, resulting in a total of 1176 surveyed trees.



A Date Palm plantation in the Biskra region, Algeria (photo N. Saâd, 29 July 2020).



European Turtle Dove in a Date Palm tree (photo N. Saâd, 29 July 2020, Biskra, Algeria).

We systematically searched for nests of the three species by moving back and forth along the seven palm tree rows while looking for behavioral cues, such as flushing from nests and carrying food or nest-building materials. Once found, nests were visited every five days to assess their state. To minimize observer induced disturbance, nest contents were generally checked when adult birds were absent. When one of the adults was present, nests were checked early in the morning as at that time birds often leave the nest to forage. This operation was performed by two climbers who were hired to work in the six stations for the breeding season.

We considered a temporal variable that might influence nesting success, i.e. laying date (day 1 = 1 March for all species), determined either by the date when the first egg was laid or by back-dating from the known hatch date, assuming that the incubation period for the three species generally lasts 14 days (Browne *et al.* 2005, Hanane & Baâmal 2011, Hanane 2016, Boukhriss & Selmi 2019). Furthermore, we included nest age (day 0 = day the first egg of the clutch was laid), estimated according to the clutch-initiation date. In five cases the laying date was not precisely known, because nests were found during the incubation or rearing stage, we estimated hatch date and chick age based on known feather colour and morphological characteristics of chicks (Hanane unpubl. data). We determined date of failure by adopting the criteria of Gjerdrum *et al.* (2005) and Manolis *et al.* (2000), who consider the midpoint between the last date the nest was active and the date when the breeding attempt finished (success

or loss). A nest was considered successful if at least one chick fledged. We confirmed this based on (1) direct observation of fledged nestlings, (2) observation of nestlings just before fledging, i.e. at least 12–13 days old, and (3) the presence of an empty nest with white droppings on its periphery around the time of fledging (Hanane & Baâmal 2011). Nests were considered as failed if eggs or nestlings were absent before the estimated time of fledging (Hanane & Baâmal 2011) and/or when there were signs of predation. Predation was assumed when finding damaged nest material (Morton *et al.* 1993, Schaefer 2004), partially eaten nestlings and/or adults, scattered feathers of adult birds (Walankiewicz 2002) or eggshell fragments. Nest desertion was confirmed by the presence of unhatched and cold eggs during the incubation period (Hanane & Baâmal 2011).

After the fate of a nest was determined, we collected data on the characteristics of trees supporting nests, nest microhabitat, nest tree position, which were measured in situ or using maps in a Geographic Information System (Table 1). Climate data were collected from Biskra's climate station (Table 1).

Data analysis

We used the logistic-exposure model (Rotella *et al.* 2004, Shaffer 2004) to determine the effects of covariates on daily nest survival. Logistic-exposure models are similar to logistic regression models in that the daily survival probability for any nest on a given day is modeled as a logistic function of the values of the explanatory variables for the nest on that day. We

Table 1. Variables used in analysing the daily nest survival of Eurasian Collared Dove, Laughing dove and European Turtle Dove in the Date Palm plantations at Biskra, Algeria. Cover was visually estimated in a 10-m radius circle.

Variable	Acronym	Description	Source
Nest age (d)	NAG	Age of nest	Fieldwork
Nest height from ground (m)	NH	Measured using a clinometer	Fieldwork
Diameter at breast height (m)	DBH	Diameter of tree trunk at 1.3 m	Fieldwork
Tree cover (%)	TC	Proportion of fruit trees	Fieldwork
Herbaceous layer cover (%)	HBC	Proportion of herbaceous layer	Fieldwork
Bare ground cover (%)	TTC	Proportion of bare ground	Fieldwork
Orchard edge (m)	DE	Distance from nest-tree to the nearest Date Palm edge (m)	QGIS v. 3.4.2
Water proximity (m)	DW	Distance from nest-tree to the nearest standing water point (m)	QGIS v. 3.4.2
Human habitation in close proximity to orchard (m)	DH	Distance from nest-tree to the nearest human habitation (m)	QGIS v. 3.4.2
Proximity to urban area (m)	DUR	Distance from nest-tree to the nearest urban core (m)	QGIS v. 3.4.2
Proximity to cereals (m)	DC	Distance from nest-tree to the nearest cereal crop (m)	QGIS v. 3.4.2
Precipitation (mm)	PR	Daily rainfall summed by 5-days	Biskra climate station
Temperature (°C)	TP	Daily temperature averaged by 5-days	Biskra climate station

treated each interval between visits to a nest as one observation in the analysis. The response variable was binary, i.e. whether the nest did or did not survive the interval. For climate data, i.e. temperature and precipitation, we considered the mean of daily temperatures and the summed precipitations for each 5-days interval.

We implemented a generalized linear mixed model (GLMM) of the logistic exposure model and included farm station as a random factor to account for potential non independence. Because we took into account 15 covariates, we used a multicollinearity test to calculate generalized variation inflation factors (GVIF). Three variables, namely tree height, number of trees and mean height of herbaceous layer, were removed from subsequent analyses because they had a GVIF-value higher than 10. The remaining independent variables were all considered in the analysis because they have GVIF-values < 2 . The information-theoretic approach (Burnham & Anderson 2002) was used to assess the support of competing models that describe daily nest survival based on the uncorrelated covariates. All the covariates were considered linearly, log-transformed (in order to detect any plateau) or quadratic (in order to detect any optimum). Models were then ordered using increasing Akaike Information Criterion (AIC) and the AIC weights were calculated (Burnham & Anderson 2002). The model with the lowest AIC was selected as the best-fitting model. We used AIC with a correction for small sample size (AICc) and considered all models with $\Delta AICc$ lower than 2 as equally good (Burnham & Anderson 2002).

We accounted for spatial structure in our data using an indicator semivariogram (Goovaerts 1998) based on the residual of the best model in terms of AICc-value. The variogram model parameters are the sill, the range and the nugget. The sill is the semivariance on the y-axis, where the variogram reaches its asymptote, that is approximately equal to the global variance of data. The range is the distance on the x-axis where the semivariogram reaches its asymptote and beyond which all points are spatially uncorrelated. The nugget stands for the semivariance on the y-axis at the ordinate of the variogram which is due to the measurement error and the fine spatial-scale fluctuations in the property of interest (Burgess & Webster 1980, Ooi *et al.* 2014). Nugget to total sill ratio (NSR), expressed as the percentage of total semivariance, was used to define the spatial dependency: $NSR < 0.25$ indicates strong spatial dependence, $0.25 < NSR < 0.75$ indicates moderate spatial dependence and $NSR > 0.75$ indicates weak spatial dependence (Cambardella *et al.* 1994). When spatial autocorrelation is encountered for each set of

variables, we used spatial generalized linear mixed models fitted via penalized quasi-likelihood (glmmPQL).

All statistical analyses were performed in R v. 3.5.0 (R Development Core Team 2018). We used the package ‘car’ (Fox & Weisberg 2011) to calculate Variance Inflation Factor (VIF), package ‘lme4’ to fit the generalized linear mixed models (Bates *et al.* 2014) and package ‘MuMIn’ to calculate AICc values (Bartoń 2015). The packages ‘sp’ (Pebesma & Bivand 2005), ‘lattice’ (Sarkar 2008) and ‘gstat’ (Pebesma 2006) were used to draw semivariograms. The package ‘MASS’ was used to fit glmmPQL models (Venables & Ripley 2002) and the package ‘visreg’ (Breheny & Burchett 2012) to plot the relationship between the daily nest survival probability and explicative variables selected in the best models. Means are shown \pm SE.

RESULTS

In 2019, we monitored a total of 225 nests: 68 Laughing Dove nests, 65 Eurasian Collared Dove nests and 92 European Turtle Dove nests. For Laughing Dove, 14 out of 68 (20.6%) nests failed, while for Eurasian Collared Dove and European Turtle Dove 34 out of 65 (52.3%) and 30 out of 92 (32.6%) nests failed, respectively. The nesting period was longer for Laughing Doves (109 days: 28 February–16 June) and Eurasian Collared Doves (103 days: 6 March–16 June) than for European Turtle Doves (41 days: 21 May–30 June; Figure S1). The peak of egg-laying activity in the European Turtle Dove was the latest (first half of June, 57%, $n = 92$), preceded by that of the Eurasian Collared Dove (first half of May, 40%, $n = 65$) and the Laughing Dove (second half of April, 34%, and last week of May, 16%, $n = 68$; Figure S1).

The mean estimates of daily survival probabilities were 0.937 ± 0.004 for Eurasian Collared Dove, 0.970 ± 0.006 for Laughing Dove and 0.960 ± 0.005 for European Turtle Dove. Based on these estimates, the overall survival probability for a 30-day nesting cycle was, respectively, 0.14 ± 0.03 , 0.40 ± 0.02 and 0.29 ± 0.02 .

The top-ranking models assessing factors that may influence daily nest survival (Table 2) showed that the nest age model received the most support for the Eurasian Collared Dove, Laughing Dove and European Turtle Dove (Table 2). A detailed examination of the parameter estimates of the best models linking daily nest survival probabilities and nest age showed that daily nest survival probabilities of both Laughing Dove and Eurasian Collared Dove increased linearly with the

Table 2. Best eight models explaining nest survival of Eurasian Collared Dove, Laughing Dove and European Turtle Dove in Date Palm plantations at Biskra, Algeria. Models are ranked according to their AICc and only models within an $\Delta\text{AICc} < 2$ are shown. The difference in AICc from the best supported model (ΔAICc), Akaike's weights (W_i), and Nugget-to-Sill Ratio (NSR) are also given.

Species/Model	K	AICc	ΔAICc	W_i	NSR
Eurasian Collared Dove					
NAG	2	125.9	0.0	1.00	0.10
NAG + NT	3	132.6	6.7	0.00	0.08
NT + NT ²	3	136.2	10.3	0.00	0.08
DW + NT + NT ²	4	165.7	39.8	0.00	0.07
DW + NT + NT ² + PR	3	167.0	41.1	0.00	0.06
DW + DT + PR	3	172.1	46.2	0.00	0.07
DT + PR	2	172.3	46.4	0.00	0.05
PR	2	172.4	46.5	0.00	0.05
Null	1	172.6	46.7	0.00	–
Laughing Dove					
NAG + log (DC) + TH	4	69.2	0.0	0.54	0.08
NAG + TH	3	71.8	2.6	0.25	0.08
Log (DC) + TH	4	72.3	3.1	0.16	0.07
TH	3	74.2	5.0	0.05	0.10
Log (DC) + PR	3	89.9	20.7	0.00	0.11
DW + log (DC) + PR	2	94.3	25.1	0.00	0.05
Log (DC) + PR	2	94.9	25.7	0.00	0.12
Log (DC)	2	95.1	25.9	0.00	0.07
Null	1	96.5	27.3	0.00	–
European Turtle Dove					
NAG + NAG ² + NAG ³	4	65.6	0.0	0.99	0.11
NAG + NAG ² + DP	4	78.2	12.6	0.01	0.06
NAG + NAG ² + DT	4	80.6	15.0	0.00	0.05
NAG + DT	3	82.4	16.8	0.00	0.07
NAG + TH	3	83.3	17.7	0.00	0.13
NAG + DBH + DP + TH	5	95.9	30.3	0.00	0.11
NAG + DP	3	97.0	31.4	0.00	0.09
NAG	2	97.5	31.9	0.00	0.10
Null	1	167.8	102.30	0.00	–

progression of nest age, being higher during the incubation stage than during the nestling stage (Eurasian Collared Dove: $\chi^2_1 = 65.11$, $P < 0.001$; Laughing Dove: $\chi^2_1 = 8.96$, $P = 0.003$; European Turtle Dove: $\chi^2_1 = 50.71$, $P < 0.001$; (Figure 1A–C). The rate of increase in daily nest survival was much slower in Laughing Dove ($\beta_{\text{nest age}} = 0.25$) compared to Eurasian Collared Dove ($\beta_{\text{nest age}} = 0.33$; Table 3, Figure 1). For the native Turtle Dove, unlike the invasive Eurasian Collared Dove and the Laughing Dove, which has an expanding population, the relationship between daily nest survival probability and nest age was cubic, highlighting three

distinct phases: the first phase of increase between the 5th and 11th day (incubation period), the second marked by a net decrease between the 11th and 18th day (the straddling period between the end of incubation and the beginning of rearing) and the third phase of increase between the 20th and the 30th day (rearing period). This temporal pattern suggests that the native Turtle Dove is especially vulnerable at the beginning of the incubation period and also during hatching and the early nestling stage when it must be at the nest. In this species, 36.7% of unsuccessful nests ($n = 11$) were primarily predated by Common Genets *Genetta genetta*.

The semivariograms, established from the residuals of the top GLMM models, indicated spatial patterns in the data for the Laughing Dove (NSR = 0.08), Eurasian Collared Dove (NSR = 0.10) and European Turtle Dove (NSR = 0.11). When we considered spatial autocorrelation in the modeling through glmmPQL models, the effect of the nest age remained significant for all three species (Table 3). Moreover, the top model based on AICc for the Laughing Dove included distance to cereals as well as nest age (Table 2). When considering spatial autocorrelation in the modeling through glmmPQL models, the effects of proximity to cereals and nest height were confirmed (Table 3). In the Laughing Dove, nest survival was related negatively to nest height and positively to distance to cereals (Figure 1D, E).

DISCUSSION

This study assessed the daily nest survival rate of the sympatrically breeding Eurasian Collared Dove, European Turtle Dove and Laughing Dove in Date Palm plantations; a little-studied agroecosystem. We found that the daily nest survival rates of these species breeding in the south Algerian Date Palm plantations were different over the course of nesting. In the Eurasian Collared Dove and Laughing Dove, the daily nest survival rate was positively related to nest age, whereas a cubic trend was found in European Turtle Dove. In addition to nest age, the daily survival rate of Laughing Dove also varied negatively with nest height and positively with distance to cereals. Nest survival for all species was lower during the incubation period than during the nestling period. The pattern of older nests having higher survival probability was also shown in many other bird species, such as the Red-crested Cardinal *Paroaria coronata* (Segura & Reboresda 2012), Eurasian Bittern *Botaurus stellaris* (Polak 2016), Chinese Grouse *Tetrao tessowiczowii* (Zhao *et al.* 2020), as well as the Laughing Dove (Boukhriss & Selmi 2019).

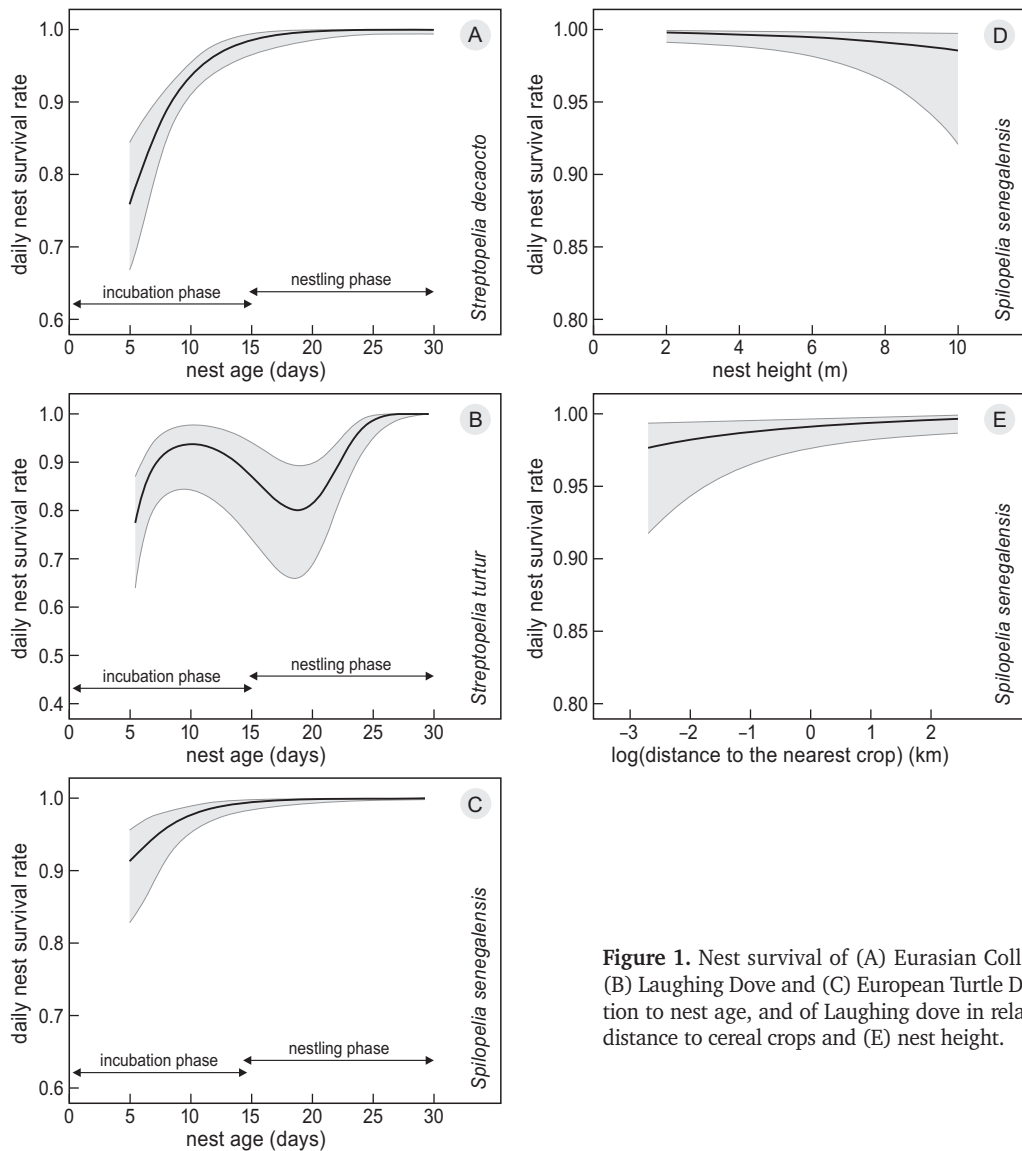


Figure 1. Nest survival of (A) Eurasian Collared Dove, (B) Laughing Dove and (C) European Turtle Dove in relation to nest age, and of Laughing dove in relation to (D) distance to cereal crops and (E) nest height.

The vulnerability of the three Columbidae species at the very early stage of their nesting cycle may well be related to the presence of egg predators in Palm Date plantations at Biskra. Indeed, small rodents, which are frequently observed in nest trees, are among the most common predators in this dryland agroecosystem. Previous studies reported the attraction of these mammals to eggs rather than to nestlings (Bradley & Marzluff 2003, Duron *et al.* 2017, Boukhriss & Selmi 2018). The difference in nest survival between the incubation and nestling period, may also be attributed to the intensity by which these species defend their nests. According to Lima (2009) and Polak (2016), the more parents invest in their brood, the stronger their nest defense is. This finding was also supported by

Boukhriss & Selmi (2018, 2019) when assessing factors affecting the nest survival of passerine and Laughing Dove nests in southern Tunisian oases. Parental activity around nests, which is potentially important in the first phase of incubation of the Columbidae species due to high disturbance sensitivity, could also contribute to the localization of nests by the visually orientated predators (Martin *et al.* 2000a, Remeš 2005) and thus promote nest predation. This last finding is in agreement with that of Martin *et al.* (2000b), who reported that high activity of pairs in the incubation stage alone often leads to a higher probability of nest predation.

Unlike the invasive Eurasian Collared Dove and the Laughing Dove, which has an expanding population, the native European Turtle Dove is vulnerable in two

Table 3. Parameters with SE of non-spatial (GLMM) and spatial (glmmPQL) models of nest survival of Eurasian Collared Doves, Laughing Doves and European Turtle Doves in Date Palm plantations at Biskra, Algeria.

Species/model	Non-spatial model (GLMM)		Spatial model (glmmPQL)	
	Estimate \pm SE	<i>P</i>	Estimate \pm SE	<i>P</i>
Eurasian Collared Dove				
Intercept	-0.364 \pm 0.640	0.569	-0.591 \pm 0.391	0.634
Nest age	0.304 \pm 0.069	<0.001	0.330 \pm 0.047	<0.001
Laughing Dove				
Intercept	1.243 \pm 1.341	0.356	1.968 \pm 0.788	0.013
Nest age	0.275 \pm 0.076	<0.001	0.253 \pm 0.052	<0.001
log (distance to the nearest cereal crop)	0.382 \pm 0.170	0.026	0.303 \pm 0.128	0.019
Nest height	-0.175 \pm 0.164	0.286	-0.287 \pm 0.096	0.003
European Turtle Dove				
Intercept	-13.352 \pm 4.493	0.004	-13.243 \pm 1.840	<0.001
Nest age	3.179 \pm 0.974	0.001	3.154 \pm 0.381	<0.001
Nest age ²	-0.201 \pm 0.060	0.001	-0.199 \pm 0.023	<0.001
Nest age ³	0.004 \pm 0.001	<0.001	0.004 \pm 0.0004	<0.001

distinct periods of its nesting cycle, namely at the first stage of incubation and hatching periods, which are between the 5th and 11th day and between the 11th and 18th day, respectively. Previous studies have also found that nest survival tends to vary temporally depending on the development of the nest (Burhans *et al.* 2002, Van Der Burg *et al.* 2010). The period between the 11th and 18th day, i.e. just before and after hatching, is characterized by the presence of the adults at the nests. The decrease of daily nest survival noticed in this period suggests that predators may detect the presence of adults at nests. In Biskra, the breeding period of the European Turtle Dove is in May–June with the maximum in the first half of June. This late peak, compared to that of the Eurasian Collared Dove (first half of May) and of Laughing Dove (second half of April and last week of May), coincides with the period of activity of common arboreal predators, such as Egyptian Cobra *Naja haje*, Viperine Snake *Natrix maura*, Schokari Sand Racer *Psammophis schokari* and Common Genet, in this agroecosystem. Temperature is known to have a positive effect on the activity of both snakes (Sperry *et al.* 2008, 2012) and genets (Virgós *et al.* 2001) and temperature is highest during the breeding season of the three species. In the study area, we suspect that the decrease recorded in European Turtle Dove nest survival between the 11th and 18th day is mainly caused by the Common Genet for three reasons: (1) more than half of the lost nests were disordered and even destroyed, suggesting predation by a large or medium-sized mammal (Morton *et al.* 1993, Schaefer 2004), (2) six decapitated incubating adults were found on the

branches supporting nests, such behaviour is specific to Genets as reported by Larivière & Calzada (2001) and (3) the presence of Genets' long droppings at the bottom of the Date Palm tree (Hanane *et al.* 2012). This mammal species was also identified as nest predator in Tunisian oases (Selmi 2004, Boukhriss & Selmi 2018). Furthermore, the presence of empty nests, between the 15th and 20th day when some adults should have been incubating, suggests predation of adults by arboreal snakes. The absence of a decrease phase in the nest survival of both Eurasian Collared Dove and Laughing Dove is mainly due to the near disappearance of breeding activity in these two species, whereas it is at its maximum in the European Turtle Dove.

Interestingly, the decay phase spanning the 11th and 18th days was followed by a phase of increase between the 20th and 30th days. As they age, Turtle Dove chicks, especially beyond the age of five days, have a higher daily nest survival. This result has three potential explanations: (1) the vigorous defense of chicks by parents as they approach fledging age, (2) fewer predators, including Genets, capable of taking larger chicks, and (3) attacks by small predators generally fail because chicks have increased in size and strength, as suggested by Grant *et al.* (2005).

Although its nesting cycle displays two critical phases, the European Turtle Dove has a higher DSR than the Eurasian Collared Dove. This is consistent with previous studies which state that North African fruit orchards are suitable breeding habitats for European Turtle Doves (Hanane & Baâmal 2011, Absi *et al.* 2015, Kafi *et al.* 2015, Hanane 2016, 2017) and that the

Eurasian Collared Dove is a rather urban-adapted species (Fugisaki *et al.* 2010, Herrando *et al.* 2012).

Daily nest survival for the Laughing Dove was positively correlated with distance to cereals. Contrary to the results of previous studies by Dunn *et al.* (2017) and Kafi *et al.* (2015), remoteness from cereals was beneficial for nest survival in this granivorous species. Their independence from cereal crops might be a consequence of food sufficiency, i.e. availability of weeds, water and dates, at the Date Palm plantations, because they nest on palm trees and forage under them. The presence of a stable at each study station would also have contributed to satisfying food needs. Indeed, the daily availability of cereals, mostly Barley at the time of feeding Goats, Sheep and Cows, turns out to be very useful for this expanding species. Eurasian Collared Doves and European Turtle Dove were not affected by the distance to the nearest cereals, which supports the idea of food sufficiency in Date Palm plantations.

Nest height was also a significant predictor of daily nest survival, with higher nests being more likely to be lost. In Laughing Doves, building nests at low heights may avoid predation by aerial predators (in our case the Common Kestrel *Falco tinnunculus*), as has been previously reported by Hanane (2012) and be a way to protect the nest from inclement weather (Sadoti 2008). This choice could nonetheless prove risky, particularly regarding ground-dwelling predators (Khoury *et al.* 2009).

Overall, the Laughing Dove showed the weakest effect of nest age, which means that it has lower losses compared to the other studied species. These results would also reflect a variable degree of adaptation to prevailing conditions in Date Palm plantations. This species seems to have a good strategy that enables it to minimize the impact of both the aerial and terrestrial predators on its nests.

To summarise, our study highlights the importance of nest age as a predictor of nest survival for the three studied dove species breeding in Biskra Date Palm plantations. A similar result was reported by Boukhriss *et al.* (2009) and Boukhriss & Selmi (2019) in Tunisian oases for Laughing Doves. Based on the results of our study, we can affirm that, compared to Eurasian Collared Doves, Laughing Doves and European Turtle Doves are relatively better adapted to prevailing conditions at Biskra's Date Palm plantations. Our findings highlight the need for more detailed investigations comparing the nest survival of agricultural and urban breeding populations to provide more relevant information on how species would respond to prevailing conditions.

ACKNOWLEDGEMENTS

We acknowledge the farm owners for their permission and cooperation during field work. Thanks to Kamal Saâd, Nacerddine Matallah and Matallah Matallah for their logistic contribution and encouragement. We are very thankful to palm tree climbers, in particular Mourad and Ilyass, for their help. We also thank two anonymous reviewers and the associate editor for their comments and advice.

REFERENCES

- Abisi K., Belhamra M., Farhi Y. & Halis Y. 2015. A comparison of the reproduction of Collared Doves *Streptopelia decaocto* and Turtle Doves *Streptopelia turtur* in the Ziban Oases (Biskra, Algeria). *J. Entomol. Zool. Stud.* 3: 286–289.
- Assandri G., Giacomazzo M., Brambilla M., Griggio M. & Pedrini P. 2017. Nest density, nest-site selection, and breeding success of birds in vineyards: management implications for conservation in a highly intensive farming system. *Biol. Conserv.* 205: 23–33.
- Barea L.P. 2008. Nest-site selection by the Painted Honeyeater (*Grantiella picta*), a mistletoe specialist. *Emu* 108: 213–220.
- Bartoń K. 2015. MuMIn: Multi-Model Inference.
- Bates D., Maechler M., Bolker B. & Walker S. 2014. lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4.
- Berkunsky I., Segura L.N., Aramburú R.M., Ruggera R.A., Svagelj W.S. & Rebores J.C. 2016. Nest survival and predation in Blue-fronted Parrots *Amazona aestiva*: effects of nesting behaviour and cavity characteristics. *Ardea* 104: 143–151.
- BirdLife International. 2019. *Streptopelia turtur*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T22690419A154373407. dx.doi.org/10.2305/iucn.uk.2019-3.rlts.t22690419a154373407
- Borgmann K.L. & Conway C.J. 2015. The nest-concealment hypothesis: New insights from a comparative analysis. *Wilson J. Ornithol.* 127: 646–660.
- Boukhriss J. & Selmi S. 2009. Nidification et succès reproducteur de la Tourterelle maillée *Streptopelia senegalensis* dans une oasis du Sud Tunisien. *Alauda* 77: 187–192.
- Boukhriss J. & Selmi S. 2018. Effects of temporal factors, nesting microhabitat and nest position on the survival of passerine nests in a Tunisian oasis habitat. *Ostrich* 89: 321–328.
- Boukhriss J. & Selmi S. 2019. Drivers of nest survival rate in a southern Tunisian population of Laughing Doves (*Spilopelia senegalensis*). *Avian Res.* 10: 44.
- Boukhriss J., Selmi S. & Nouira S. 2009. Bird nest predation in a southern Tunisian oasis habitat: No evidence of “edge effect”. *Acta Oecol.* 35: 174–181.
- Bouvier J., Ricci B., Agerberg J. & Lavigne C. 2011. Apple orchard pest control strategies affect bird communities in southeastern France. *Environ. Toxicol. Chem.* 30: 212–219.
- Bradley J.E. & Marzluff J.M. 2003. Rodents as nest predators: influences on predatory behavior and consequences to nesting birds. *Condor* 120: 1180–1187.
- Brahmia H., Zeraoula A., Bensouilah T., Bouslama Z. & Houhamdi M. 2015. Breeding biology of sympatric Laughing *Streptopelia senegalensis* and Turtle *Streptopelia turtur* Dove: a comparative study in northeast Algeria. *Zool. Ecol.* 25: 220–226.

- Breheeny P. & Burchett W. 2013. Visreg: Visualization of Regression Models.
- Browne S.J., Aebischer N.J. & Crick H.Q.P. 2005. Breeding ecology of Turtle Doves *Streptopelia turtur* in Britain during the period 1941–2000: an analysis of BTO nest record cards. *Bird Study* 52: 1–9.
- Burgess T.M. & Webster R. 1980. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. I. The semi-variogram and punctual kriging. *J. Soil Sci.* 31: 315–331.
- Burhans D.E., Dearborn D., Thompson III F.R. & Faaborg J. 2002. Factors affecting predation at songbird nests in old fields. *J. Wildl. Manage.* 66: 240–249.
- Burnham K.P. & Anderson D.R. 2002. Model selection and inference: A practical information theoretic approach. 2nd Ed., Springer-Verlag, New York.
- Burr P.C., Robinson A.C., Larsen R.T., Newman R.A. & Ellis-Felege S.N. 2017. Sharp-Tailed Grouse nest survival and nest predator habitat use in North Dakota's Bakken oil field. *PLoS ONE* 12: e0170177.
- Cambardella C.A., Moorman T.V., Novak J.M., Parkin T.B., Karlen D.L., Turco R.F. & Konopka A.E. 1994. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 1501–1511.
- Carrascal L.M. & Palomino D. 2008. Las aves comunes reproductoras en España. Población en 2004–2006. SEO/BirdLife, Madrid.
- D.S.A. 2019. Bilan agricole annuel-Biskra (compagne 2018/2019). Direction des services agricoles.
- Diab N. 2015. Etude de la biodiversité des arthropodes et des plantes spontanées dans l'agro-écosystème oasien. Thèse de Magistère. Univ Mohamed Khider, Biskra, Algérie.
- Duarte J. & Vargas J.M. 2001. Survey methods for red-legged partridges (*Alectoris rufa*) in olive groves in southern Spain. *Game Wildl. Sci.* 18: 141–156.
- Dunn J.C., Grice P. & Morris A.J. 2017. Post-fledging habitat selection in a rapidly declining farmland bird, the European turtle dove *Streptopelia turtur*. *Bird Conserv. Int.* 27: 45–57.
- Duron Q., Bourguet E., De Meringo H., Million A. & Vidal E. 2017. Invasive rats strengthen predation pressure on bird eggs in a South Pacific island rainforest. *Curr. Zool.* 63: 583–590.
- Farhi K., Hanane S., Mezerdi F., Kahli A. & Khemis M.D.H. 2020. Disentangling the drivers of Black-bellied sandgrouse nesting habitat use in a Mediterranean arid environment. *Bird Study*: in press.
- Fox J. & Weisberg S. 2011. An R companion to applied regression. 2nd ed. Sage, Thousand Oaks, California, USA. <http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/books/companion>
- Fujisaki I., Pearlstine E.V. & Mazzotti F.J. 2010. The rapid spread of invasive Eurasian Collared Doves *Streptopelia decaocto* in the continental USA follows human-altered habitats. *Ibis* 152: 622–632.
- Fuller A.K., Spohr S. M., Harrison D.J. & Servello F.A. 2017. Nest survival of wild turkeys *Meleagris gallopavo silvestris* in a mixed-use landscape: influences at nest-site and patch scales. *Wildl. Biol.* 19: 138–146.
- Giese J.C. 2016. Factors influencing nest survival of whitetipped doves in the Lower Rio Grande Valley, Texas. M.S. thesis, Tarleton State University, Stephenville, Texas.
- Gill J.A. 2007. Approaches to measuring the effects of human disturbance on birds. *Ibis* 149: 9–14.
- Gjerdrum C., Elphick C.S. & Rubega M. 2005. Nest site selection and nesting success in Saltmarsh breeding sparrows: the importance of nest habitat, timing, and study site differences. *Condor* 107: 849–862.
- Goovaerts P. 1998. Geostatistical tools for characterizing the spatial variability of microbiological and physico-chemical soil properties. *Biol. Fertil. Soils* 27: 315–334.
- Grant P.R., Grant B.R., Petren K. & Keller L.F. 2005. Extinction behind our backs: the possible fate of one of the Darwin's finch species on Isla Floreana, Galápagos. *Biol. Conserv.* 122: 499–503.
- Guan H., Wen Y., Wang P., Lv L., Xu J. & Li J. 2018. Seasonal increase of nest height of the silver-throated tit (*Aegithalos glaucogularis*): can it reduce predation risk? *Avian Res.* 9: 42.
- Guezoul O., Chenchouni H., Sekour M., Ababsa L., Souttou K. & Doumandji S. 2013. An avifaunal survey of mesic man-made ecosystems "Oases" in algerian hot-hyperarid lands. *Saudi J. Niol. Sci.* 20: 37–43.
- Hanane S. 2012. Do age and type of plantings affect turtle dove *Streptopelia turtur* nest placement in olive agro-ecosystems? *Ethol. Ecol. Evol.* 24: 284–293.
- Hanane S. 2014. Plasticity in nest placement of the Turtle Dove (*Streptopelia turtur*): experimental evidence from Moroccan agro-ecosystems. *Avian Biol. Res.* 7: 65–73.
- Hanane S. 2016. Effects of location, orchard type, laying period and nest position on the reproductive performance of Turtle Doves (*Streptopelia turtur*) on intensively cultivated farmland. *Avian Res.* 7: 4.
- Hanane S. 2017. The European Turtle-Dove *Streptopelia turtur* in Northwest Africa: A review of current knowledge and priorities for future research. *Ardeola* 64: 273–287.
- Hanane S. & Baâmal L. 2011. Are Moroccan fruit orchards suitable breeding habitats for Turtle Doves *Streptopelia turtur*? *Bird Study* 58: 57–67.
- Hanane S. & Besnard A. 2013. Nest survival of Woodpigeons (*Columba palumbus*) in North African forests. *Bird Study* 60: 202–210.
- Hanane S. & Maghnoij M. 2005. Biologie de reproduction de la Tourterelle des bois *Streptopelia turtur* dans le périmètre-irrigué du Haouz (Marrakech-Maroc). *Alauda* 73: 183–194.
- Hanane S., Bergier P. & Thévenot M. 2011. La reproduction de la Tourterelle maillée *Streptopelia senegalensis* dans la plaine de Tadla (Maroc Central) : Analyse comparée avec la Tourterelle des bois *Streptopelia turtur*. *Alauda* 79: 17–28.
- Herrando S., Weiserbs A., Quesada J., Ferrer X. & Paquet J.Y. 2012. Development of urban bird indicators using data from monitoring schemes in two large European cities. *Anim. Biodiv. Conserv.* 35: 141–150.
- Kafi F., Hanane S., Bensouilah T., Zeraoula A., Brahmia H. & Houhamdi M. 2015. Les facteurs déterminants le succès de reproduction de la Tourterelle des bois (*Streptopelia turtur*) dans un milieu agricole Nord-Africain. *Rev. d'Écol. (Terre Vie)* 70: 271–279.
- Kassah A. 2002. Irrigation et développement agricole dans le Sud Tunisien. In: Méditerranée, tome 99, 3-4-2002. Le Sahara, cette "autre Méditerranée". Fernand Braudel, pp. 21–26.
- Katayama N. 2016. Bird diversity and abundance in organic and conventional apple orchards in northern Japan. *Sci. Rep.* 6: 34210.

- Khamcha D., Corlett R.T., Powell L.A., Savini T., Lynam A. J. & Gale G.A. 2018. Road induced edge effects on a forest bird community in tropical Asia. *Avian Res.* 9: 20.
- Khoury F., Janaydeh M. & Al-Hmoud A.R. 2009. Nest placement and nesting success in two finch species colonizing a recently established plantation in an arid region. *J Ornithol.* 150: 29–37.
- Knight R.L., Smith D.G., Gaudet D.M. & Erickson A.W. 1984. Nesting ecology of mourning doves in fruit orchards in north-central Washington. *Northwest Science* 58: 230–236.
- Larivière S. & Calzada J. 2001. *Genetta genetta*. *Mammalian Species.* 680: 1–6.
- Lima S.L. 2009. Predators and the breeding bird: behavioral and reproductive flexibility under the risk of predation. *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.* 84: 485–513.
- Lofts B. & Murton R.K. 1973. Reproduction in birds. In: Farner D.S., King J.R., Parkes K.C. (eds) *Avian biology*. Academic Press, London, pp. 1–107.
- Lowe A., Rogers A.C. & Durrant K.L. 2014. Effect of human disturbance on long-term habitat use and breeding success of the European Nightjar, *Caprimulgus europaeus*. *Avian Conserv. Ecol.* 9: 6.
- Manolis J.C., Anderson D.E. & Cuthbert F.J. 2000. Uncertain nest fates in songbird studies and variation in Mayfield estimation. *Auk* 117: 615–626.
- Martin J.L., Thibault J.C. & Bretagnolle V. 2000a. Black rats, island characteristics and colonial nesting birds in the Mediterranean: current consequences of an ancient introduction. *Conserv. Biol.* 14: 1452–1466.
- Martin T.E., Scott J. & Menge C. 2000b. Nest predation increases with parental activity: separating nest site and parental activity effects. *Proc. R. Soc. Lond. B* 267: 2287–2293.
- Max Smith D., Finch D.M. & Hawksworth D.L. 2012. Nesting characteristics of Mourning Doves in Central New Mexico: response to riparian forest change. *J. Wildl. Manage.* 76: 382–390.
- Mihi A., Tarai N. & Chenchouni H. 2017. Can palm date plantations and oasisification be used as a proxy to fight sustainably against desertification and sand encroachment in hot drylands? *Ecol. Indic.* 105: 365–375.
- Miller, M.R., Stemler C.L., Yee J.L. & Blankenship D.S. 2010. Season, weather, and habitat effects on mourning dove nest density. *Northwest. Nat.* 91: 183–197.
- Morton M.L., Sockman K.L. & Peterson L.E. 1993. Nest predation in the mountain white-crowned sparrow. *Condor* 95: 72–82.
- Muñoz A.M., McCleery R.A., Lopez R.R. & Silvy N.J. 2008. Nesting ecology of mourning doves in an urban landscape. *Urban Ecosyst.* 11: 257–267.
- Myczko Ł., Rosin Z.M., Skorka P., Wylegała P., Tobolka M., Fliszkiewicz M. & Tryjanowski P. 2013. Effects of management intensity and orchard features on bird communities in winter. *Ecol. Res.* 28: 503–512.
- Newmark W.D. & Stanley T.R. 2011. Habitat fragmentation reduces nest survival in an Afrotropicalbird community in a biodiversity hotspot. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 28: 11488–11493.
- Ooi J.L.S., Van Niel K.P., Kendrick G.A. & Holmes K.W. 2014. Spatial structure of seagrass suggests that size-dependent plant traits have a strong influence on the distribution and maintenance of tropical multispecies meadows. *PLoS One* 9: e86782.
- Pavel V. 2004. The impact of grazing animals on nesting success of grassland passerines in farmland and natural habitats: a field experiment. *Folia Zool.* 53: 171–178.
- Pebesma E.J. 2006 The gstat package. www.gstat.org
- Pebesma E.J. & Bivand R.S. 2005. Classes and methods for spatial data in R. *R News* 5: 9–13. <https://cran-r-project.org/doc/news>
- Peiro V. 1990. Aspectos de la reproducción de la Tortola comun (*Streptopelia turtur*) en Madrid. *Mediterran. Ser. Biol.* 12: 89–96.
- Polak M. 2016. Nest survival patterns in Eurasian Bittern: effect of nest age, time and habitat variables. *PeerJ* 4: e2047
- R Development Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. www.r-project.org
- Remeš V. 2005. Birds and rodents destroy different nests: a study of blackcap *Sylvia atricapilla* using the removal of nest concealment. *Ibis* 147: 213–216.
- Roos S. 2002. Functional response, seasonal decline and landscape differences in nest predation risk. *Oecologia* 133: 608–615.
- Rotella J.J., Dinsmore S. J. & Shaffer T.L. 2004. Modeling nest-survival data: a comparison of recently developed methods that can be implemented in MARK and SAS. *Anim. Biodiv. Conserv.* 27: 187–205.
- Sadoti G. 2008. Nest site selection by common black hawks in southwestern New Mexico. *J. Field Ornithol.* 79: 11–19.
- Sarkar D. 2008. *Lattice: multivariate data visualization with R*. New York: Springer.
- Schaefer T. 2004. Video monitoring of shrub-nests reveals nest predators. *Bird Study* 51: 170–177.
- Sedra H. 2003. Le bayoud du palmier dattier en Afrique du nord, FAO, RNE/SNEA-Tunis. Edition FAO sur la protection des plantes. Imprimerie Signes, Tunis, Tunisie.
- Segura L.N. & Reboreda J.C. 2012. Nest survival rates of Red-crested Cardinals increase with nest age in south-temperate forests of Argentina. *J. Field Ornithol.* 83: 343–350.
- Selmi S. 2000. Données nouvelles sur les avifaunes des oasis du sud Tunisien. *Alauda* 68: 201–212.
- Selmi S. 2004. Reproduction and breeding success of Common Blackbird *Turdus merula* in southern Tunisian oases. *Alauda* 72: 23–31.
- Selmi S. & Boulinier T. 2004. Distribution-abundance relationship for passerines breeding in Tunisian oases: test of the sampling hypothesis. *Oecologia* 139: 440–445.
- Selmi S., Boulinier T. & Barbault R. 2002. Richness and composition of oasis bird communities: spatial issues and species-area relationships. *Auk* 119: 533–539.
- Shaffer T.L. 2004. A unified approach to analyzing nest success. *Auk* 121: 526–540.
- Sherry T.W., Wilson S., Hunter S. & Holmes R.T. 2015. Impacts of nest predators and weather on reproductive success and population limitation in a long-distance migratory songbird. *J. Avian Biol.* 46: 559–569.
- Smith P.A. & Wilson S. 2010. Intraseasonal patterns in shorebird nest survival are related to nest age and defense behavior. *Oecologia* 163: 613–624.
- Sperry J.H., Peak R.G., Cimprich D.A. & Weatherhead P.A. 2008. Snake activity affects seasonal variation in nest predation risk for birds. *J. Avian Biol.* 39: 379–383.

- Sperry J.H., Barron D.G. & Weatherhead P.J. 2012. Snake behavior and seasonal variation in nest survival of Northern Cardinals *Cardinalis cardinalis*. *J. Avian Biol.* 43: 496–502.
- Stillman A.N., Siegel R.B., Wilkerson R.L., Johnson M., Howell A. & Tingley M.W. 2019. Nest site selection and nest survival of Black-backed Woodpeckers after wildfire. *Condor* 121: 1–13.
- Taberner A., Tamarit R. & Gil-Delgado J.A. 2012. Position of Blackbird (*Turdus merula*) nests in orange trees. *Avian Biol. Res.* 5: 193–197.
- Thompson F.R. 2007. Factors affecting nest predation on forest songbirds in North America. *Ibis* 149: 98–109.
- Townsend A.K., Sillett T.S., Lany N.K., Kaiser S.A., Rodenhouse N.L., Webster M.S. & Holmes R.T. 2013. Warm springs, early lay dates, and double brooding in a North American migratory songbird, the black-throated blue warbler. *PLoS One* 8: 1–9.
- Van Der Burg M.P., Powell L.A. & Tyre A.J. 2010. Finding the smoothest path to success: Model complexity and the consideration of nonlinear patterns in nest-survival data. *Condor* 112: 421–431.
- Venables W.N. & Ripley B.D. 2002. *Modern applied statistics with S*. 4th ed. Springer.
- Virgós E., Romero T. & Mangas J.G. 2001. Factors determining “gaps” in the distribution of a small carnivore, the common genet (*Genetta genetta*), in central Spain. *Can. J. Zool.* 79: 1544–1551.
- Walankiewicz W. 2002. Nest predation as a limiting factor to the breeding population size of the Collared Flycatcher *Ficedula albicollis* in the Białowieża National Park (NE Poland). *Acta Ornithol.* 37: 91–106.
- Wiącek J. & Polak M. 2008. Bird community breeding in apple orchards of Central Poland in relation to some habitat and management features. *Pol. J. Environ. Stud.* 17: 951–956.
- 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. *Curr. Zool.* 66: 29–37.

SAMENVATTING

Het ontrafelen van de factoren die van invloed zijn op de overleving van nesten van soorten waarvan de broedgebieden overlappen, is belangrijk voor een goed en effectief beheer van de broedpopulaties van die soorten. Wij onderzochten in het broedseizoen van 2019 in dadelpalmplantages in Biskra, Algerije, de dagelijkse overlevingskans van 68 nesten van de Palmtortel *Spilopelia senegalensis*, 65 nesten van de Turkse Tortel *Streptopelia decaocto* en 92 nesten van de Zomertortel *Streptopelia turtur*, alsmede de invloed van factoren als boomkenmerken, positie van nest in boom, micro- en macrohabitat van nest, tijd van broeden en het weer op de overlevingskans. Wij gebruikten hierbij “logistic-exposure” modellen. Bij de Palmtortel en Turkse Tortel was de dagelijkse overlevingskans van de nesten positief gerelateerd aan de ouderdom van het nest. Bij de Zomertortel werd het verband het best beschreven met een derdemachtspolynoom. Bij de Palmtortel was de overlevingskans bovendien negatief gerelateerd aan de nesthoogte en positief aan de afstand tot graangewassen. Het begin van de broedfase is een kritieke periode voor de nestoverleving voor alle drie duivensoorten. Bij de Zomertortel werd er rond het uitkomen van de eieren (dag 11–18 van de nestcyclus van 30 dagen) een tweede kwetsbare periode gevonden. De hoogste dagelijkse overlevingskansen werden gevonden bij de Palmtortel ($0,970 \pm 0,006$ SE) en Zomertortel ($0,960 \pm 0,005$), de laagste ($0,937 \pm 0,004$) bij de Turkse Tortel. Palmduiven en Zomertortels (de laatste in mindere mate) zijn beter aangepast aan de omstandigheden in de Noord-Afrikaanse dadelpalmplantages dan de Turkse Tortel. Om de reproductie van de duiven te verbeteren, zijn inspanningen nodig om de beschikbaarheid van voldoende voedsel, water en geschikte nestbomen te waarborgen.

Corresponding editor: Sjouke Kingma

Received 5 March 2020; accepted 19 July 2020

SUPPLEMENTARY MATERIAL

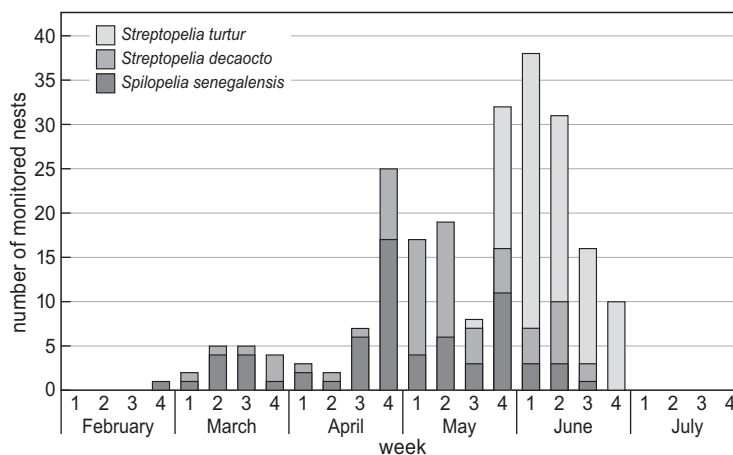


Figure S1. Number of Eurasian Collared Dove, Laughing Dove and European Turtle Dove nests as a function of time in Date Palm plantations at Biskra, Algeria.

Chapitre IV

*Sélection des habitats de nidification
de la tourterelle des bois dans
les palmeraies de Biskra*

Chapitre IV: Sélection des habitats de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies de Biskra

1. Introduction

La biodiversité est une notion d'une exceptionnelle ampleur, elle englobe la variété de la vie à toutes les échelles (du local au global, du court au long terme) à tous les niveaux d'intégrations (génétique, spécifique, éco-systémique), sous tous les angles (du structurel au fonctionnel, de l'artificiel au naturel) (MacArthur et Wilson ,1967; Barbault,2005). La biodiversité a attiré l'attention du monde entier car sa conservation permet de maintenir plusieurs services éco-systémiques (MEA, 2005; Harrington et al., 2010). La préservation de la diversité biologique dans les terres arides, qui ont des caractéristiques écologiques sévères, implique une action humaine délibérée pour conserver la diversité des espèces, des populations et des écosystèmes (Darkoh,2003). Les écosystèmes artificiels sont d'une grande importance pour l'accueil et le refuge de diverses formes de vie (Céréghino et al., 2008), y compris les oiseaux, en particulier dans les habitats des régions chaudes et arides (Roshier et al., 2001 ; Chenchouni, 2012 ; Morara Ogendi, 2020).

Les oasis sont des agro systèmes clé, en raison de leurs caractéristiques écologiques pour le suivi et l'évaluation de la diversité faunistique dans les terres chaudes et arides (Selmi, 2000 ;Guezoul et al.,2013). La palmeraie algérienne est essentiellement localisée dans les zones du sud-est du pays, la culture du palmier dattier constitue sans aucun doute une spéculation importante sur le plan socio-économique dans l'agriculture saharienne. Elle représente la principale ressource de vie des populations de ces régions et le pivot du système oasien, d'autre part elle représente un rôle écologique très important (Feliachi, 2005) La région des Ziban est l'un des principaux pôles de la production dattière en Algérie (Belguedj, 2002), Avec plus de 44050 ha de la superficie et plus de 4 360 000 palmiers productifs, dont la production annuelle est égale à 4 770 000 qx (DSA, 2020).

Plusieurs espèces d'oiseaux dans les palmeraies construisent leurs nids toujours sur les arbres ou les palmiers dattier (Selmi et al.,2002).La tourterelle des bois *Streptopelia turtur arenicola* L.,est un oiseau migrateur, qui se reproduit dans les oasis du Sud Algérien (Heim De Balsac et Mayaud ,1962 ; Ledant et al., 1981 ; Isenmann et Moali, 2000 ; Absi,2008 ; Boukhemza-Zemmouri et al.,2008 ; Mehani,2009 ; Tabib,2009 ;Adamou et al.,2010 ; Guezoul, 2011 ;Farhi et belhamra,2012; Torki ,2014). La sélection des sites de nidification par les oiseaux résulte d'une série de choix comportementaux (Silvergieter et Lank,2011).Chez les tourterelles, les sites de nidification peuvent répondre aux besoins fondamentaux des adultes reproducteurs, un choix approprié peut augmenter le succès de la

Chapitre IV: Sélection des habitats de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies de Biskra

reproduction et la durabilité de la population (**Hanane et al.,2012**).La tourterelle des bois préfèrent les palmeraies des Ziban, car elles offrent des sites de nidification favorables et des ressources alimentaires importantes (**Absi ,2012 ; Torki,2014 ;Absi et al.,2015**). Malgré l'importance des caractéristiques des habitats de nidification pour la réussite de la reproduction ; il n'existe aucune recherche visant l'étude des facteurs influant la sélection de l'habitat de nidification dans les palmeraies. Dans cette optique, nous avons opté dans ce chapitre à identifier et cerner les facteurs influençant la sélection de l'habitat de nidification de tourterelle des bois dans notre région d'étude. Afin d'atteindre cet objectif, nous avons dressé deux hypothèses :

- L'hypothèse 01 : Nous proposons que les choix d'habitat de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies de la région de Biskra, soient influencés par plusieurs facteurs, notamment les caractéristiques des palmiers et d'autres caractéristiques environnementales.
- L'hypothèse 2 : Nous supposons que la présence humaine ainsi que les champs cultivés de céréales à proximité des palmeraies sont des facteurs importants contribuant à la probabilité d'occurrence des nids dans les palmeraies de notre région.

Chapitre IV: Sélection des habitats de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies de Biskra

2. Méthodologie

2.1. Collecte des données

Notre étude a été menée dans les palmeraies de Biskra, durant la saison de reproduction 2019 (du début mars jusqu'à la fin août). Pour cela, nous avons échantillonné 24 parcelles de manière aléatoire, réparties sur les six stations. Nous avons ensuite mené des recherches systématiques hebdomadaires pour localiser les nids de la tourterelle des bois dans chaque parcelle. Lorsque nous avons repéré un nid, nous avons recueilli toutes les informations pertinentes le concernant, (voir chapitre III).

Selon la méthodologie décrite par **Bakaloudis et al.,(2001)**, **Hanane et al.,(2012)** et **Hanane (2018)**, on a choisi d'une façon aléatoire un nombre des palmiers sans nid égal au nombre des palmiers avec nid de tourterelle des bois ($n= 92$ palmiers avec nid / $n=92$ palmiers sans nid) (**Figure 01**).

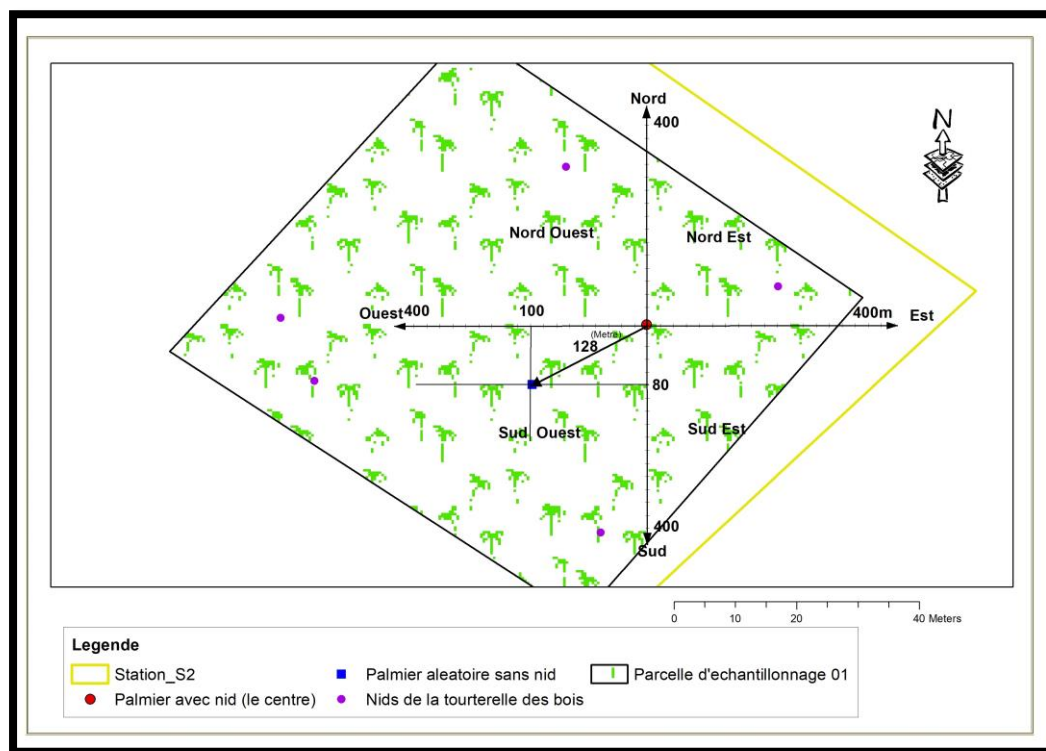


Figure 01: Schéma explicatif illustrant la méthode de sélection aléatoire du palmier sans nid (Originale, 2023).

Chapitre IV: Sélection des habitats de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies de Biskra

2 .2. Sélection des variables

Nous avons sélectionné 12 variables liées aux caractéristiques des palmiers, au micro habitat et à la présence humaine, puisque nous avons considéré que ces variables peuvent potentiellement influencer le choix de l'habitat de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies du Biskra, nous avons mentionné tous ces variables dans le tableau 01 :

Tableau 01 : Variables qui peuvent influencer la sélection de l'habitat de nidification de la tourterelle des bois

Variables	Acronyme	Description	Source
Caractéristiques des Palmiers			
Hauteur de palmier par rapport au sol (m)	HP	Mesuré à l'aide d'un clinomètre	Travail de terrain
Diamètre à la hauteur de poitrine	DHP	Diamètre du tronc de palmier	Travail de terrain
Caractéristiques du micro-habitat			
Nombre des palmiers *	NP	Nombre total des palmiers dattiers	Travail de terrain
Couverture du palmier* (%)	CP	Proportion des Palmiers dattiers	Travail de terrain
Couverture de la strate herbacée*(%)	CHB	Proportion de la strate herbacée	Travail de terrain
Couverture du sol nu*(%)	PSN	Proportion du sol nu	Travail de terrain
Hauteur de la strate herbacée*(cm)	HHB	Hauteur moyenne de la strate herbacée calculée à partir de trois points aléatoires	Travail de terrain
Présence humaine			
Bordure de la palmeraie	DB	Distance entre le palmier avec nid et la bordure la plus proche de la palmeraie (m)	QGIS V3.4.2 Maderia

Chapitre IV: Sélection des habitats de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies de Biskra

Proximité d'eau artificielle (m)	DE	Distance entre le palmier avec nid et le point d'eau stagnante le plus proche (m)	QGIS V3.4.2 Maderia
Habitation humaine à la proximité de la Palmeraie (m)	DH	Distance entre le palmier avec nid et l'habitation humaine la plus proche (m)	QGIS V3.4.2 Maderia
Proximité d'une zone urbaine (m)	DUR	Distance entre le palmier avec nid et le centre urbain le plus proche (m)	QGIS V3.4.2 Maderia
Proximité des céréales (m)	DC	Distance entre le palmier et le champ de céréale le plus proche (m)	QGIS V3.4.2 Maderia

Les variables du micro habitat ont été mesurées dans une parcelle circulaire de **10 m de rayon** (0,03 ha), dont le centre est représenté par un palmier portant un nid actif ou par un palmier sans nid choisi aléatoirement (**Danielsen et al., 2014 ;Kumordzi et al., 2015**). Concernant les variables de la végétation, elles étaient mesurées à l'aide d'un clinomètre et on a estimé visuellement le pourcentage des différentes couvertures (**Alaya-Ltifi et Selmi,2014 ; Hanane et al., 2019**) par le même observateur pour éviter la fluctuation de l'appréciation (**Prodon et Lebreton ,1981**), tandis que les variables liées à la présence humaine ont été déterminé à l'aide de **QGIS (Tableau 01)**.

2.3. Analyse Statistique

Chaque groupe de variables liés aux caractéristiques des palmiers, micro-habitat et la présence humaine (**Tableau 01**), était examiné séparément pour créer des modèles, cette démarche est largement adoptée dans des études similaires (**Balbontin, 2005 ;Jedlikowski et al., 2016 ;Assandri et al., 2017 ;Hanane ,2018**).

Nous avons évalué l'effet des caractéristiques des végétations et de la présence humaine sur la sélection de l'habitat de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies de Biskra par des modèles linéaires mixtes généralisés (GLMM) avec une erreur binomiale (régression logistique) , réalisés à l'aide du paquet " lme4 " de R (**Bates et al.,2015**).

Chapitre IV: Sélection des habitats de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies de Biskra

Les stations d'études et le numéro des parcelles d'échantillonnage ont été ajoutées comme des facteurs aléatoires dans le modèle pour expliquer la non-indépendance potentielle des observations multiples à la même station et à la même parcelle, ainsi que du même point au niveau d'une station. Ensuite, nous avons classés les modèles par **critère d'information d'Akaike** croissant corrigé pour les petits échantillons avec l'**AICc**, et tous les modèles avec un $\Delta AICc$, les valeurs inférieures à **2** ont été considérées comme bonnes (**Burnham et Anderson, 2002**).

Nous avons testé la signification des fractions uniques des caractéristiques des palmiers, du micro habitat et de la présence humaine à l'aide de la fonction " rda " du paquet " vegan " (**Oksanen et al., 2015**). Le test **Kruskal-Wallis** a été utilisé pour examiner les différences de hauteur des arbres entre les six stations d'étude (**Sokal et Rohlf, 1981**).

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel **R-3.0.2 (R Development Core Team 2013)**.

3. Résultats

3.1. Caractérisation de l'habitat de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies des Ziban

Au cours de la saison de reproduction de 2019, nous avons recensé 92 nids de la tourterelle des bois dans les 24 parcelles d'échantillonnage que nous avons visité chaque semaine. Notre objectif était d'évaluer l'effet des caractéristiques des palmiers, du micro-habitat et de la présence humaine sur la sélection des habitats de nidification. Afin d'atteindre notre objectif, nous avons pris plusieurs mesures sur 92 palmiers avec nids et 92 palmiers aléatoires sans nids. Les résultats de nos mesures sont résumés dans le tableau 02.

Tableau 02 : Mesure des variables liées aux caractéristiques du Palmier dattier, du micro-habitat et de la présence humaine : comparaison entre 92 palmiers avec nids et 92 palmiers aléatoires sans nids

Variables	Palmiers dattiers avec nids (n=92)			Palmiers dattiers sans nids (n=92)		
	Min	Max	Moyenne \pm SE	Min	Max	Moyenne \pm SE
HP	9	16	13.10 \pm 0.17	3.50	12.00	7.19 \pm 0.18
DHP	1.90	3.90	2.83 \pm 0.05	1.50	3.90	2.34 \pm 0.06
NP	3	7	4.39 \pm 0.12	2	8	3.76 \pm 0.13
CP	67.02	82.09	72.35 \pm 0.43	25	90.90	68.02 \pm 0.89
CHB	4.02	26.10	14.23 \pm 0.58	5.10	30.21	14.03 \pm 0.47

Chapitre IV: Sélection des habitats de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies de Biskra

HHB	0	70.05	20.23±1.52	5	50.05	14.72±0.78
PSN	3.08	28.15	13.42±0.65	3	46.06	17.95±0.78
DB	10.19	192.80	84.08±4.73	10.34	501.61	142.98±16.31
DE	6.60	13.70	9.89±0.19	3.20	11.70	6.92±0.18
DH	20.34	548.76	189.21±14.332	38.04	1890.00	190.55±20.36
DUR	179.35	6740.11	2052.72±169.89	201.49	6770.14	2066.98±166.50
DC	137.21	4450.09	1277±129.36	170.92	4700.03	1254.29±131.89

Les résultats présentés dans le tableau 02 soulignent l'importance des caractéristiques du palmier dattier dans le choix des habitats de nidification de la tourterelle des bois dans la région d'étude. Nos résultats indiquent que la *Streptopelia turtur* préfère les palmiers de grande taille, avec une hauteur moyenne de **13.10 ± 0.17 m** et un diamètre de tronc supérieur à une moyenne de **2.83 ± 0.05 m**.

En ce qui concerne les caractéristiques du micro-habitat, nous avons constaté que les tourterelles des bois optent pour un milieu où la couverture des palmiers est comprise entre **67,02 % et 82,09 %**, et où la hauteur de la strate herbacée atteint jusqu'à **70,05 cm**. En revanche, la distance moyenne entre les palmiers portant des nids et les bordures des palmeraies est de **9,89 ± 0,19 m**. Ces résultats mettent en exergue l'importance de la taille et de la densité de la végétation pour la sélection de l'habitat de nidification de la tourterelle des bois.

3.2. Combinaisons optimales des modèles explicatifs pour la sélection de l'habitat de nidification de la tourterelle des bois

Dans le but d'évaluer les facteurs de sélection des habitats de nidification de la tourterelle des bois, nous avons classé les modèles selon le critère d'information d'Akaike corrigé pour les petits échantillons (**AICc**). Les meilleures combinaisons des modèles explicatifs sont présentées dans le tableau 03. Ces résultats nous permettent de mieux comprendre les facteurs qui influencent la sélection de l'habitat de nidification par les tourterelles des bois dans notre région d'étude.

Chapitre IV: Sélection des habitats de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies de Biskra

Tableau 03 : Meilleures combinaisons des modèles explicatifs pour la sélection de l'habitat de nidification par les tourterelles des bois

Espèce/Modèle	K	AICc	Δ_i	W_i	Moran's I (<i>P-value</i>)
Caractéristiques des palmiers					
DHP+DHP²+HP	4	46.9	0.00	0.999	<i>0.11 (0.55)</i>
DHP² +HP	3	60.7	13.79	0.001	-----
Nulle	1	259.1	212.25	0.00	-----
Caractéristiques du micro-habitat					
CHB+CHB²+HHB+CP+C P²	6	210.2	0.00	0.918	<i>0.21 (0.08)</i>
CHB+CHB²+ CP+CP²	5	215.3	5.10	0.072	-----
Nulle	1	259.1	48.90	0.008	-----
Présence humaine					
DB+DB²	3	221.3	0.00	0.997	<i>0.13 (0.39)</i>
DB²	2	232.9	11.56	0.003	-----
Nulle	1	259.1	37.83	0.000	-----

Le tableau 03 présente le meilleur modèle explicatif pour les facteurs influençant la sélection de l'habitat de nidification de la tourterelle des bois. Nous avons constaté que le modèle de la hauteur et le diamètre du tronc des palmiers est le plus explicatif pour les caractéristiques de ces palmiers dans la région de Biskra. Pour les caractéristiques du micro-habitat, le modèle le plus représentatif est celui combinant le pourcentage de la couverture des palmiers, la hauteur de la strate herbacée et le pourcentage de la couverture de palmier dattier. En revanche, le modèle expliquant la distance entre le palmier portant un nid et la bordure de la palmeraie est le seul modèle qui explique l'impact de la présence humaine. Ces résultats nous permettent de mieux comprendre les facteurs qui influencent la sélection de l'habitat de nidification de la tourterelle des bois dans notre région d'étude et pourraient aider à orienter les efforts de conservation de cette espèce.

Chapitre IV: Sélection des habitats de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies de Biskra

3.3. Détermination des critères de sélection des palmiers qui peuvent porter des nids de tourterelles des bois

Le tableau suivant présente les meilleurs modèles de régression linéaire généralisée mixte (GLMM) non spatiaux pour évaluer les facteurs influençant la sélection des supports de nidification par la tourterelle des bois. Les résultats obtenus permettent de mieux comprendre les critères de sélection des supports de nidification de cette espèce dans la région d'étude, qui peuvent être utilisées pour guider la gestion et la conservation de cette espèce (**Tableau 04**).

Tableau 04 : Meilleurs modèles GLMM (non spacieux) de la sélection des supports de nidification de la tourterelle des bois

Modèle	Coeff	SE	<i>z</i> - value	Pr (> <i>z</i>)	R ²
Caractéristiques des palmiers					
Intercepter	-57.704	20.214	-2.855	0.0043	R ² _m = 0.901 R ² _c = 0.963
DHP	27.008	10.815	2.497	0.0125	
DHP ²	-5.685	2.372	- 2.397	0.0165	
HP	2.734	1.038	2.635	0.0084	
Caractéristiques du micro-habitat					
Intercepter	- 103.712	4.383	-23.662	<0.001	R ² _m = 0.836 R ² _c = 0.840
CHB	-0.604	0.171	-3.532	0.0004	
CHB ²	0.021	0.005	3.510	0.0004	
HHB	0.051	0.021	2.512	0.0119	
CP	2.841	0.079	35.961	<0.001	
CP ²	-0.019	0.000	-46.909	<0.001	
Présence humaine					
Intercepter	0.790	0.266	2.971	0.0030	R ² _m = 0.715 R ² _c = 0.744
DB	0.026	0.008	3.304	0.0009	
DB ²	-0.000	0.000	-3.142	0.0017	

Le tableau 04 présente les meilleurs modèles non-spacieux GLMM pour évaluer l'impact des caractéristiques des palmiers sur le choix des supports de nidification de la tourterelle des bois. Le modèle le mieux classé, avec **R²_m = 0.901** et **R²_c = 0.963**.

Chapitre IV: Sélection des habitats de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies de Biskra

les palmiers dattiers préférés par les tourterelles des bois pour la nidification sont ceux dont la hauteur dépasse 10 m et dont le diamètre de tronc est compris entre 1,5 m et 2,5 m. Au-delà de cette marge, la probabilité d'occupation d'un palmier dattier par un nid de tourterelle des bois diminue nettement (**Tableau 04 ; Figure 02 a, b**) En ce qui concerne le micro-habitat, les tourterelles des bois ont choisi des endroits avec une couverture de palmiers dattiers comprise entre 60% et 75% et une couverture de la couche herbacée supérieure de 15%, avec une hauteur inférieure à 1 m (**Tableau 04 ; Figure 02 c, d, e**), dans ces intervalles, la probabilité d'occurrence des nids est restée relativement élevée. Les tourterelles des bois choisissent des habitats de nidification qui ne sont pas loin du bord des palmeraies de (**Tableau 04 ; Figure 02f**).

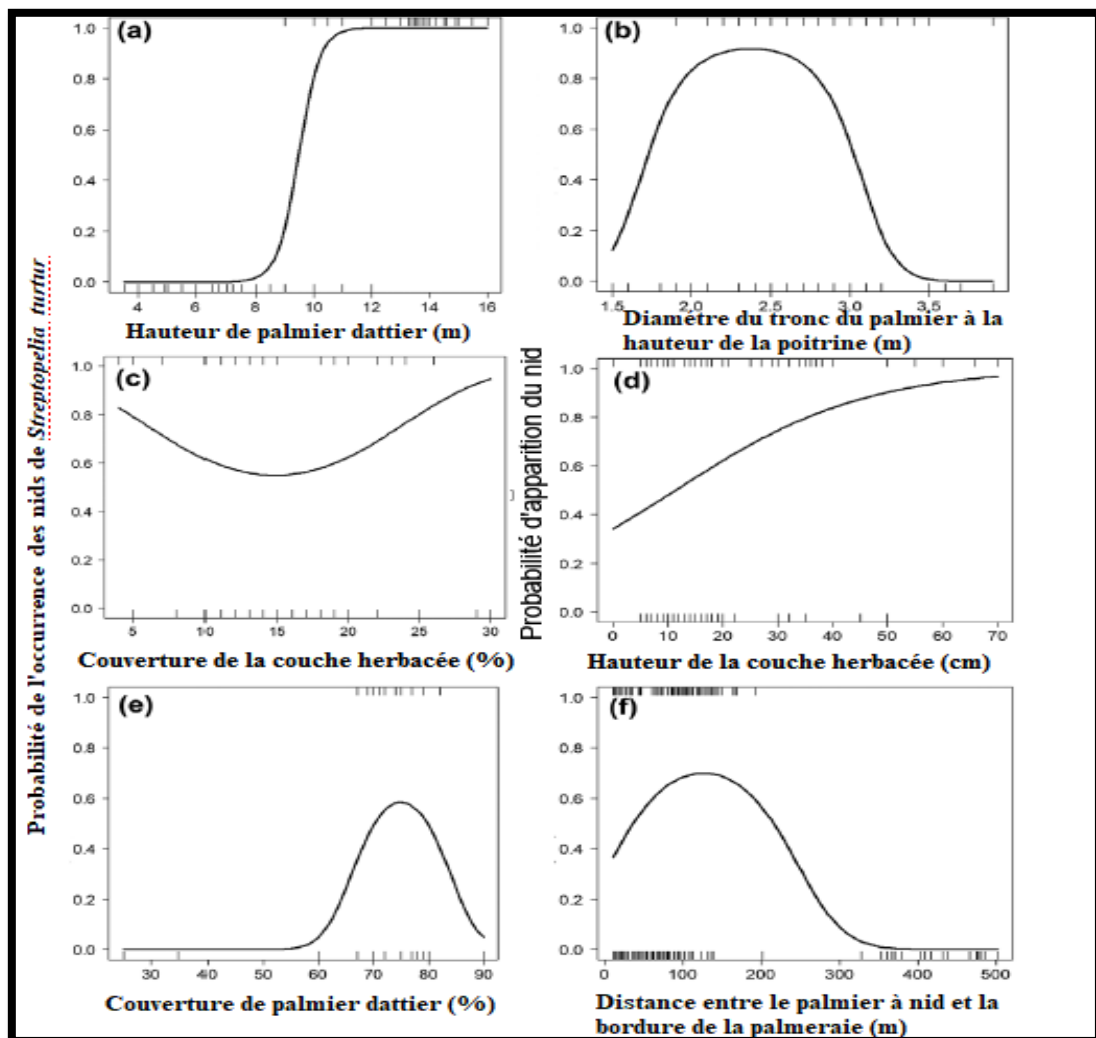


Figure 02 : Probabilité de l'occurrence des nids de la tourterelle des bois en fonction des caractéristiques des palmiers dattiers, le micro habitat et la présence humaine dans les palmeraies du Biskra.

Chapitre IV: Sélection des habitats de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies de Biskra

La partition de la variation a mis en évidence la robustesse de l'effet unique des caractéristiques du palmier dattier (**52 % ; P = 0,001**) dans l'explication de la variation de la probabilité de l'occurrence des nids de tourterelles des bois (**Figure 03**). L'effet conjoint des caractéristiques du palmier dattier et du micro-habitat était également déterminant de **15 %**, suggérant que les palmiers entourés de caractéristiques spécifiques du micro-habitat, telles que la couverture des couches arborées et herbacées et la hauteur de la végétation herbacée, sont favorables à la nidification. Bien que l'effet conjoint des caractéristiques des palmiers et de la présence humaine ne soit pas assez élevé pour être déterminant de **08 %**, il contribue dans une certaine mesure à la variation de la probabilité d'occurrence des nids de tourterelles des bois dans les plantations de palmiers dattiers (**Figure 03**). Les effets purs du micro-habitat (**01 %**) et de la présence humaine (**01 %**) contribuent très faiblement à ce processus de sélection de l'habitat de nidification (**Figure 03**).

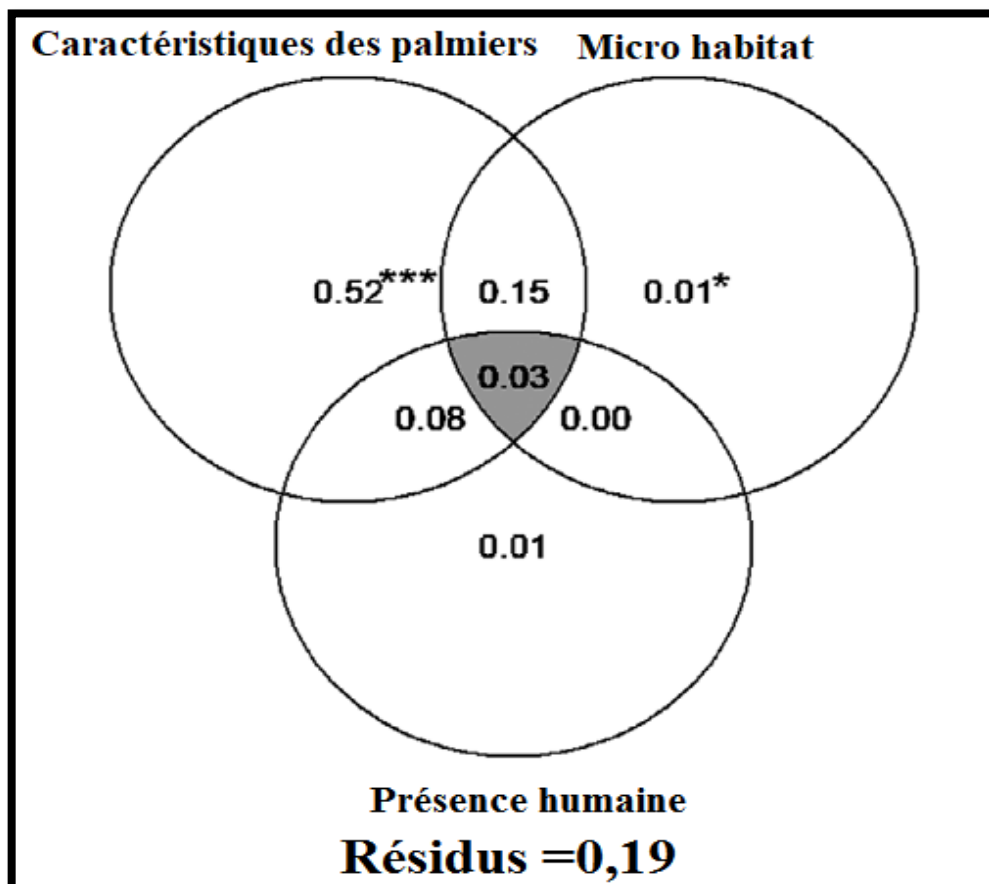


Figure 03 : Diagramme de Venn présente les effets des facteurs sur la probabilité de l'occurrence des nids de la tourterelle des bois dans les palmeraies du Biskra.

Chapitre IV: Sélection des habitats de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies de Biskra

4. Discussion

Dans le cadre de notre étude, nous avons mesuré différentes variables relatives aux caractéristiques de la végétation et à la présence humaine, sur un total de 92 palmiers avec nids et 92 palmiers aléatoires sans nid. L'objectif était de déterminer les effets des caractéristiques des palmiers, du micro-habitat et de la présence humaine sur la sélection des habitats de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies de la région de Biskra. Les données recueillies nous ont permis d'analyser en détail l'impact de chaque variable sur le choix des sites de nidification de cette espèce dans notre région. Nos résultats ont montré que la *Streptopelia turtur* préfère les palmiers de plus grande hauteur, avec une moyenne de **13,10 ± 0,17 m**, et un diamètre de tronc plus important, avec une moyenne de **2,83 ± 0,05 m**. En ce qui concerne les caractéristiques du micro-habitat, les tourterelles des bois ont opté pour un milieu dans lequel la couverture des palmiers se situe entre **67,02 % et 82,09 %**, tandis que la hauteur de la strate herbacée atteint jusqu'à **70,05 cm**. Cependant, l'emplacement des palmiers portants des nids doivent être distant des bordures qui existent au niveau de la palmeraie par une moyenne de **84.08±4.73 m**. Nos résultats confirment la première hypothèse que nous avons proposée dans l'introduction, à savoir que les choix d'habitat de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies de la région de Biskra sont influencés par plusieurs facteurs, notamment les caractéristiques des palmiers et d'autres caractéristiques environnementales. Les résultats de notre étude sont en accord avec ceux de **Khoury et al., (2009)** et **Hanane et Baâmal (2011)**, qui ont montré que les caractéristiques des arbres jouent un rôle important dans la sélection des habitats de nidification de la tourterelle des bois en offrant une protection contre les prédateurs grimpeurs tels que la genette commune *Genetta genetta* et le rat noir *Rattus rattus*. Cependant, d'autres études, menées par **De Buruaga et al., (2012)**; **Dias et al., (2013)**; **Hanane et al., (2012)**; **Hanane (2018)**, ont montré que les perturbations humaines, telles que les activités agricoles et l'irrigation intensive, ont également un impact significatif sur le choix des sites de nidification. Notre étude met en évidence l'importance des caractéristiques des palmiers portant des nids, en particulier la hauteur et le diamètre du tronc. Les grands palmiers offrent une meilleure visibilité des environs, ce qui explique pourquoi la tourterelle des bois sélectionne les palmiers dattiers mesurant plus de **10 mètres** de hauteur et ayant un diamètre de tronc compris entre **1,5 et 2,5 mètres**. Au-delà de ces valeurs, il est probable que la tourterelle ne niche pas car ces palmiers ont des palmes denses et enchevêtrées qui ne sont pas

Chapitre IV: Sélection des habitats de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies de Biskra

favorables à l'établissement de nids. En outre, ces conditions attirent la présence de prédateurs (**Huhta et al., 2004 ; Seibold et al., 2013**).

En ce qui concerne la couverture arborée, nous avons constaté que les tourterelles des bois occupent les palmiers dattiers entourés (**rayon de 10 m**) d'un couvert arboré compris entre **60 et 75%**. Les résultats de notre étude ont été confirmés par des études similaires menées en Grèce par **Bakaloudis et al., (2009)**, en Espagne par **De Buruaga et al., (2012)**, au Portugal par **Dias et al., (2013)** et au Maroc par **Hanane (2018)**. Nous avons également constaté que lorsque la couverture arborée est supérieure à **75%**, la probabilité d'occurrence des nids de tourterelles des bois dans les palmeraies diminue. Cette diminution peut être due à la vue obscurcie autour des nids et à la difficulté pour les adultes et les jeunes tourterelles de s'échapper des palmiers lors de l'envol. Les résultats suggèrent donc que les tourterelles des bois préfèrent un couvert arboré modéré pour leur nidification. La sélection des habitats de nidification de la tourterelle des bois, une espèce vulnérable, dans les palmeraies a été influencée par la hauteur de la strate herbacée, qui atteint jusqu'à 70 cm. Cette hauteur est liée à une faible fréquentation humaine autour des palmiers sélectionnés, car les espèces herbacées présentes sont principalement des vivaces telles que *Cynodon dactylon*, *Imperata cylindrica*, et *Cyperus rotundus*. Plusieurs études menées dans des zones agricoles ont rapporté que les tourterelles des bois ont tendance à privilégier les zones moins perturbées par l'homme durant la période de reproduction (**Peiro ,1990 ; Browne et Aebischer ,2003 ; Hanane et Baâmal ,2011 ; Hanane 2015, 2017, 2018**). De plus, des recherches menées par **Dias et al., (2013)** au Portugal, **Gutiérrez-Galán et al. (2019)** en Espagne et **Chiatante et al. (2020)** en Italie ont montré que les tourterelles étaient présentes dans des milieux où la végétation herbacée avoisine les arbres de nidification. Cela pourrait contribuer à satisfaire les besoins alimentaires des tourterelles en leur offrant une source de nourriture à proximité de leur habitat de nidification.

Les résultats de notre étude ont montré que les tourterelles des bois de notre région choisissent des habitats de nidification proches des bordures des palmeraies, probablement pour faciliter leur déplacement quotidien entre les différents sites d'alimentation et de reproduction. Ce constat est cohérent avec les résultats d'autres études menées dans des régions similaires, tels que ceux de par **Reino et al., (2009)** et **Hanane (2018)** au Maroc. En effet, ces recherches ont également démontré que les tourterelles des bois ont tendance à

Chapitre IV: Sélection des habitats de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies de Biskra

choisir des habitats à proximité des bordures des cultures pour des raisons liées à leur comportement de déplacement et d'alimentation.

Dans notre région d'étude, la présence d'écuries pour les animaux tels que les caprins, les ovins, les bovins et les volailles dans la plupart des palmeraies de Biskra explique en partie la satisfaction des besoins alimentaires des tourterelles des bois (**Saâd et al., 2021**). En effet, la disponibilité quotidienne des céréales, notamment l'orge utilisé pour nourrir les chèvres, les moutons et les vaches, est une source de nourriture importante pour cette espèce vulnérable. Dans nos résultats, l'absence d'effet de la proximité des champs des céréales aux palmiers de nidification des tourterelles indique que les quantités de nourriture disponibles dans les oasis sont suffisantes. Les tourterelles des bois effectuent des allers-retours entre les écuries et les palmiers sans dépenser beaucoup d'énergie, ce qui explique probablement leur présence proche des bordures des palmeraies pour faciliter leur déplacement quotidien entre les exploitations. Des études antérieures ont montré qu'une plus grande proximité des zones de gagnage augmente l'efficacité de la collecte de nourriture par les adultes, ce qui leur permet de passer plus de temps dans leurs couvées (**Pearse et al., 2004 ; Dunn et al., 2010 ; Hanane 2015, 2018 ; Kafi et al., 2015**). Toutefois, notre analyse statistique n'a pas mis en évidence le rôle pertinent de la distance par rapport aux points d'eau dans la sélection de l'habitat de nidification des tourterelles dans un milieu oasien. Cette observation a été expliquée par la capacité de l'espèce à se déplacer sur de longues distances pour atteindre les points d'eau (**Hanane, 2018**) ou par la disponibilité d'eau d'irrigation dans les parcelles Cela infirme notre deuxième hypothèse, qui suggérait la présence humaine ainsi que les champs cultivés de céréales à proximité des palmeraies sont des facteurs importants contribuant à la probabilité d'occurrence des nids dans les palmeraies de notre région.

Les résultats de notre analyse ont montré que les caractéristiques des palmiers étaient le facteur le plus important pour expliquer la probabilité de présence de nids de tourterelles dans les palmeraies de Biskra, représentant **52 %** de l'effet total. D'autres variables ont également joué un rôle, notamment les caractéristiques du micro-habitat (**15 %**) et la présence humaine (**08 %**), mais leur impact était moins important que celui des caractéristiques des palmiers. Ces résultats sont cohérents avec ceux de **Hanane (2018)**, qui a étudié la sélection des habitats de nidification de la tourterelle dans une forêt marocaine et a également souligné l'importance des caractéristiques du micro-habitat.

Chapitre IV: Sélection des habitats de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies de Biskra

En somme, nos résultats mettent en évidence l'importance des palmiers dattiers pour la nidification des tourterelles des bois dans les palmeraies de Biskra. La prise en compte de ces facteurs lors de la gestion des palmeraies peut donc contribuer à la conservation de cette espèce vulnérable.

5. Conclusion

Dans les palmeraies de Biskra, la sélection des habitats de nidification de la tourterelle des bois influence par plusieurs facteurs liés aux caractéristiques des palmiers de nidification et aux autres caractéristiques environnementales. Les tourterelles des bois ont recherché une bonne sécurité et une assurance de visibilité pour une reproduction réussie, grâce aux caractéristiques uniques des palmiers, qui mesurent plus de **10 m** de haut et ont un diamètre de tronc de **1,5 à 2,5 m**, pour éviter les palmiers denses et enchevêtrés et les prédateurs grimpants. Les tourterelles des bois occupent les palmeraies caractérisées par un couvert arboré compris entre **60 et 75%**, elles ont choisie des sites avec une couverture et une hauteur herbacée plus élevées, en raison de la faible fréquentation humaine autour de ces sites. L'absence d'impact de la proximité des champs des céréales et les points d'eau sur le choix des palmiers de nidification indique la disponibilité des quantités suffisantes des céréales et les eaux d'irrigation au niveau des oasis, cela augmente l'efficacité de la collecte de nourriture par des adultes. Les tourterelles des bois choisissent des habitats de nidification qui ne sont pas loin du bord des plantations des palmiers dattiers.

Tree characteristics, microhabitat and edge effect in plantations govern European Turtle-dove *Streptopelia turtur* nest habitat selection at the edge of Sahara: implications for conservation of a vulnerable species

NASRINE SAÂD¹, SAÂD HANANE^{2*} , KAMILIA FARHI¹,
NACERDDINE MATALLAH³ and MOHAMED DHAYA EL HAK KHEMIS⁴

¹Laboratory Promotion of Innovation in Agriculture in Arid Regions, Mohamed Khider University, Biskra, Algeria.

²Forest Research Center, Department of Water and Forests, Avenue Omar Ibn El Khattab, BP 763, 10050 Rabat-Agdal, Morocco.

³National Plant Protection Institute, 12 Avenue of the brothers Quadek Hacem Badi, BP 80, El Harrach, Alger, Algeria.

⁴University of Badji Mokhtar, Annaba, 23000, Algeria.

*Author for correspondence; e-mail: sdhan333@gmail.com

(Received 19 November 2020; revision accepted 22 June 2021)

Summary

Tree characteristics, microhabitat, and human presence were measured around nest trees ($n = 92$) and non-nest trees ($n = 92$) to identify the best predictors of the European Turtle-dove *Streptopelia turtur* nest occurrence in date palm plantations of the Biskra region (Algeria). Nest occurrence was (i) positively influenced by the height of trees and that of the herbaceous layer, and (ii) quadratically affected by diameter at breast height (DBH), the cover of trees, the cover of the herbaceous vegetation, and the distance to the edge of date palm plantation. Variation partitioning analysis revealed that the pure effect of tree physical characteristics (tree height and DBH) was robust in explaining the occurrence of Turtle Dove nests (adj. $R^2 = 0.52$, $P = 0.001$). For an efficient management of this Saharan population, special attention should be paid in the short term to keeping high date palm trees while ensuring, in the medium and long term, the presence of different-sized palm tree classes at each exploitation. There is no doubt that date palm plantations of Biskra are of paramount importance because they offer good opportunities for consolidating and improving the knowledge on this threatened species and other species at the Sahara edge.

Keywords: Conservation, nest habitat use, *Streptopelia turtur*, date palm plantations, North Africa

Introduction

In North Africa Saharan regions, date palm plantations are the most important horticultural crops (Saâd *et al.* 2020). These artificial environments are well adapted to Saharan conditions and

constitute an effective barrier against sand encroachment (Mihi *et al.* 2017, Saâd *et al.* 2020). In Biskra, there are two types of date palm plantations. Traditional plantations are characterized by (i) short distances between trees (generally 4 m), (ii) very high, large trees, (iii) olive, citrus, and pomegranate trees planted between the date palm trees, and (iv) traditional irrigation. Modern plantations are marked by (i) long distances between trees (up to 10 m), (ii) relatively small trees, and (iii) drip irrigation system. These arboreal stands host many wintering birds (e.g. European Robin *Erithacus rubecula* and Common Chaffinch *Fringilla coelebs*), migratory birds (e.g. European Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca* and Eurasian Wryneck *Jynx torquilla*), and breeding species (e.g. Laughing Dove *Spilopelia senegalensis*, Common Kestrel *Falco tinnunculus*, and Blackbird *Turdus merula*). In Algeria, the number of date palm trees in the Biskra region alone exceeds four million (D.S.A. 2019, Saâd *et al.* 2020). This number is markedly more important than that recorded in Morocco (4.4 million) (Sedra 2003) and Tunisia (3.9 million) (Kassah 2002).

The Eurasian Turtle-dove *Streptopelia turtur* (hereafter Turtle Dove) is a sub-Saharan migratory bird that has an extensive breeding distribution range in the Western Palearctic from temperate regions to North Africa (Cramp 1985). This Columbidae species is typically associated with scrub (Browne *et al.* 2005), woodland edges (Reino *et al.* 2009, Hanane 2018, Chiatante *et al.* 2020), and also man-made environments, such as olive orchards (Hanane and Baâmal 2011, Dias *et al.* 2013, Hanane *et al.* 2018), orange orchards (Brahmia *et al.* 2015, Hanane 2016a, 2016b), and date palm plantations (Absi *et al.* 2015). The Turtle Dove population experienced a drastic decline (78%) in 1980–2013 (Dunn *et al.* 2017, PECBMS 2019) and has been classified as ‘Vulnerable’ throughout Europe (‘Near Threatened’ within the EU27 countries) following a recent assessment (BirdLife International 2015, 2017). Several factors have contributed to this alarming situation including (i) nest habitat degradation (Browne *et al.* 2004), (ii) changes in food availability in breeding (Browne and Aebischer 2003) and wintering grounds (Eraud *et al.* 2009), (iii) hunting (Boutin and Lutz 2007), (iv) removal of hedgerows (Chiatante *et al.* 2020), and (v) variation in ecological conditions throughout the migration route (Browne and Aebischer 2001, Eraud *et al.* 2009). Over the last decade, many studies on Turtle Doves focused on (i) breeding biology (Rocha and Hidalgo 2002, Browne *et al.* 2004, 2005, Hanane and Baâmal 2011, Kafi *et al.* 2015, Hanane 2016a, 2016b), (ii) breeding habitat use (Browne and Aebischer 2004, Browne *et al.* 2004, 2005, Bakaloudis *et al.* 2009, Dunn and Morris 2012, De Buruaga 2012, Dias *et al.* 2013, Yahiaoui *et al.* 2014, Dunn *et al.* 2017, Hanane 2018, 2019), (iii) foraging habitat use (Browne and Aebischer 2003, Dunn *et al.* 2015, Rocha and Quillfeldt 2015, Gutiérrez-Galán and Alonso 2016), and (v) migration (Eraud *et al.* 2013, Lormée *et al.* 2016, Marx *et al.* 2016).

Knowledge on the size of North African Turtle Dove populations is practically non-existent (but see Hanane *et al.* 2012). A transboundary study recently conducted in Morocco and Spain has, however, suggested that the species is distinctly more common in Morocco than in Spain (Tellería *et al.* 2020). Even though this species is moderately well studied in the south-western Palearctic, to our knowledge, there is no study focused on disentangling factors affecting nest habitat selection in Saharan agro-ecosystems which may be very different from other agro-ecosystems across its range.

Here, we investigated the effects of a series of variables, measured at occupied nest trees and an equivalent number of random unoccupied nest trees, on the probability of Turtle Dove nest presence. Specifically, we aimed to disentangle the roles of (i) tree characteristics, (ii) microhabitat features, and (iii) human presence. We used variation partitioning with an unbiased statistical estimator to ensure the correct interpretation of the results (Legendre 2008). Such an approach aims at identifying which of these three potential predictors is the most relevant in nest habitat selection by Turtle Doves in date palm plantations. A marked sensitivity towards an individual predictor will determine the nature and the scope of management measures to be undertaken (Farhi *et al.* 2019).

The results of this investigation will help inform on the management and conservation of this vulnerable species. Given the known ecology of the Turtle Dove, we hypothesized that the selection of date palm trees for nesting would depend both on tree characteristics (Hanane 2018) (for

instance, dense tall trees with different age) and human presence (Hanane and Baâmal 2011, De Buruaga *et al.* 2012, Dias *et al.* 2013). Considering the relative importance of these factors, we expected that the selection of nest trees would depend on both of them, i.e. with a preference for given tree characteristics, while avoiding excessive human disturbance.

Methods

Study area

Our study was conducted in the Saharan region of Biskra, Algeria (34°48.00'N; 5°44.00'W; Figure 1). The region (702.2 km²) has a Saharan climate, with an annual average rainfall of 149.7 mm, with a maximum recorded during the winter season (December–January) (ONM 2016, Farhi *et al.* 2019, Saâd *et al.* 2020). Temperatures vary widely, being more moderate during winter (6°C) and hot in summer often reaching 44°C (Farhi *et al.* 2019, Saâd *et al.* 2020). The mean relative humidity is 35% (min = 25.6% in July; max = 59.1% in December) (Farhi *et al.* 2019, Saâd *et al.* 2020). Altitude ranges from 125 to 300 m above sea level.

Without being very representative, i.e. occupying just 2% of the study area (14.1 km²), fruit trees (olive *Olea europaea*, pomegranate *Punica granatum*, and fig *Ficus carica*) are present in some localities of Biskra. With an area of 63.2 km², date palm *Phoenix dactylifera* plantations occupy 9% of the study area. Modern plantations, generally characterised by large date palm trees at the beginning of their production phase (mean age = 18 ± 2.35 years), are the most dominant, covering 75% (48.5 km²), while 25% (16.2 km²) are traditional plantations. Cereals, composed of wheat (*Triticum turgidum* and *T. aestivum*) and barley *Hordeum vulgare* cover 14.1 km² (2%). The remaining landscape composition is constituted by pasture (50%; 351.1 km²), urban areas (17%; 119.4 km²), bare ground (8%; 56.2 km²), forests (0.3%; 2.11 km²), and other (9%; 63.2 km²).

The distance between the city of Biskra and the nearest palm grove varies between a minimum of 1.95 km, and a maximum of 100 km. In most palm orchards, there is only one or no house

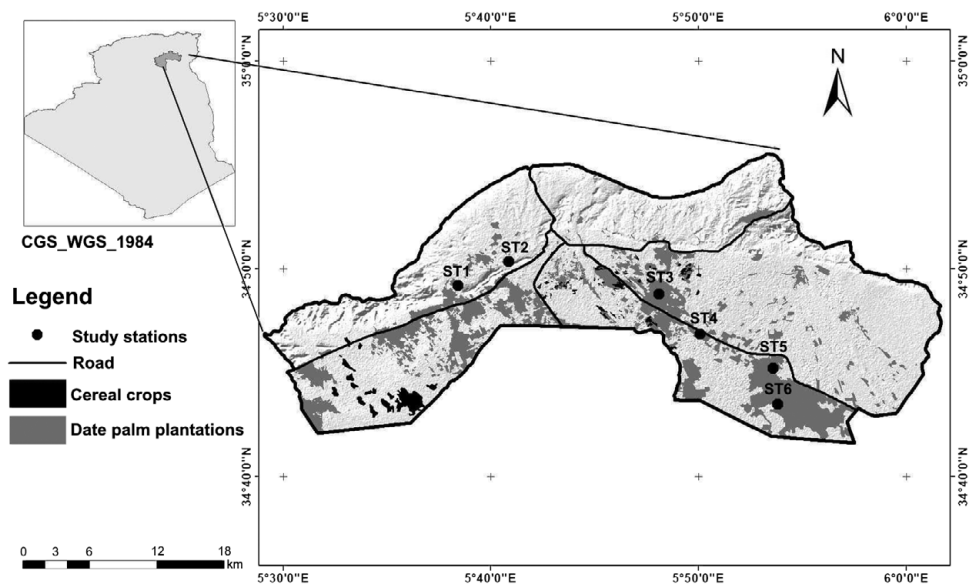


Figure 1. Map showing the position of the six study stations in the region of Biskra.

(Saâd et al. 2020). According to Diab (2015), the most common annual plant species present in date plantations are the lesser crystal ice plant *Mesembryanthemum nodiflorum*, milk thistle *Silybium marianum*, field sowthistle *Sonchus arvensis*, and smooth sowthistle *Sonchus olearaceus* (Saâd et al. 2020).

In this North African Saharan region, the Turtle Dove is very common within and around palm groves. In these plantations, Turtle Dove take advantage of the daily availability of cereals (mostly barley) provided to livestock, close to stables. Outside these plantations, cereals also contribute to the food requirements of Turtle Doves.

Data collection

Fieldwork was carried out in Biskra's date palm plantations during the 2019 breeding season (beginning of March-end of August). Six farm stations were randomly chosen by drawing six numbers from the list of date palm farms at Biskra ($n = 21,000$) (D.S.A. 2019, Saâd et al. 2020). Four sample plots, each corresponding to the area occupied by 49 palm trees (seven rows and seven columns), were selected randomly choosing coordinates x (length) and y (width). The study area, therefore, comprised six farms \times four study plots per farm \times 49 palm trees per plot (mean = $1,854.00 \text{ m}^2 \pm 90.00$; min-max = $1,764\text{--}2,304 \text{ m}^2$), resulting in a total of 1,176 surveyed trees.

In each week we searched for new nests in all date palm trees present at the 24 sampling plots. To do this, we performed movements back and forth at the four lines of trees present at each in each of them. The location of each nest tree was marked on a map of the study plot. A nest was considered active when eggs, nestlings, or incubating adults were present. To assess nest habitat selection within the date palm plantations, the same number of non-nest trees ($n = 92$) was selected randomly following the steps described by Bakaloudis et al. (2001), Hanane et al. (2012) and Hanane (2018). Each random date palm tree was situated 100–700 m from the nest trees. Three steps were followed to establish each random date palm tree. First, the date palm stand centered on the nest tree was divided into four quadrants (1 = north-east, 2 = south-east, 3 = south-west, and 4 = north-west), and one of these was randomly selected. Second, two randomly numbers between 0 and 400 were selected to calculate the distance in metres to the random point along the north-south axis and the east-west axis. The intersection of lines extending from these points perpendicular to the axes identified the location of the centre of the random plot. Finally, the closest date palm tree to this central point was selected and defined as the random nest tree. In no case did a randomly selected tree following this procedure contain a Turtle Dove nest.

Explanatory variables

We selected 12 environmental variables related to tree characteristics, microhabitat, and human presence (Table 1) because they can potentially influence the selection of nesting habitat by Turtle Dove (Hanane 2017, 2018). Variables of tree characteristics and microhabitat were measured in the field by the same person (N. Saâd) (Table 1). Microhabitat variables were characterised within circle plots of 10-m radius (0.03 ha) (Danielsen et al. 2014, Kumordzi et al. 2015). Five vegetation variables were measured around each sample point (Table 1). We visually estimated the percentage cover of date palm trees, herbaceous plants, and bare ground (Alaya-Ltifi and Selmi 2014, Hanane et al. 2019). All vegetation parameter estimations were conducted by the same observer (N. Saâd) to avoid observer-related biases in vegetation sampling (Prodon and Lebreton 1981). The height of date palm trees was determined using a clinometer. Variables related to human presence were all performed using QGIS.

Statistical analyses

Each group of explanatory variables (those related to tree characteristics, microhabitat, and human presence; Table 1) was considered separately when building models. This approach is widely

Table 1. Explanatory variables used to characterize European Turtle Dove nest habitat selection in the Biskra's date palm plantations, Algeria

Variables	Acronym	Description	Source
Tree characteristics			
Tree height from ground (m)	TH	Measured using a clinometer	Fieldwork
Diameter at breast height (m)	DBH	Diameter of tree trunk at 1.3 m	Fieldwork
Microhabitat features			
Number of trees*	NT	Total number of date palm trees	Fieldwork
Tree cover* (%)	TC	Proportion of date palm trees	Fieldwork
Herbaceous layer cover* (%)	HBC	Proportion of herbaceous layer	Fieldwork
Bare ground cover* (%)	BGC	Proportion of bare ground	Fieldwork
Height of herbaceous layer* (cm)	HBH	Mean height of herbaceous layer calculated from three random points	Fieldwork
Human presence			
Orchard edge (m)	DE	Distance from nest-tree to the nearest date palm edge (m)	QGIS V3.4.2-Madeira
Artificial water proximity (m)	DW	Distance from nest-tree to the nearest standing water point (m)	QGIS V3.4.2-Madeira
Human habitation in close proximity to orchard (m)	DH	Distance from nest-tree to the nearest human habitation (m)	QGIS V3.4.2-Madeira
Proximity to urban area (m)	DUR	Distance from nest-tree to the nearest urban core (m)	QGIS V3.4.2-Madeira
Proximity to cereals (m)	DC	Distance from nest-tree to the nearest cereal crop (m)	QGIS V3.4.2-Madeira
*Variables calculated in a 10-m radius circle			

adopted in similar studies (Balbontin 2005, Jedlikowski *et al.* 2016, Assandri *et al.* 2017, Hanane 2018, Saâd *et al.* 2020).

As a first step, we checked for possible correlations among variables using Pearson's correlation coefficient. Moreover, we evaluated collinearity among predictor variables using variance inflation factors (VIFs), which ranged from 1.06 to 2.98, thus indicating a negligible effect of multicollinearity on estimates. Therefore, all variables were considered for modelling.

To test the effect of tree characteristics, microhabitat, and human presence on nest habitat selection by Turtle Dove in date palm plantations, Generalized Linear Mixed Models (GLMM) with a binomial error (logistic regression) was performed using the 'lme4' package in R (Bates *et al.* 2015). Study stations and plot identities were included as random factors in the model to account for potential non-independence of multiple observations at the same station, as well as the same point within a station. We tested the effect of each group of tree characteristics, microhabitat, and human presence on nest habitat selection by Turtle Dove separately. For each set of predictors, an all-inclusive design (all possible combination models) was developed using multimodel inference (Burnham and Anderson 2002). Models were then ordered by increasing Akaike Information Criterion corrected for small sample sizes using AICc, and all models with $\Delta AICc$ lower than 2 were considered as equally good (Burnham and Anderson 2002). Variance explained was calculated using the methods of Nakagawa and Schielzeth (2013). Marginal R^2 which describes the variance explained by fixed effects, and conditional R^2 which describes variance explained by the full model, were also calculated

To ensure that observations were independent of each other and to be able to subsequently address spatial autocorrelation in data before analysing them, we implemented, for each set of variables, the Moran's index of the residuals of the best models based on AICc. For subsequent variation partitioning (VP) analyses, we retained only the variables with confidence intervals of

parameter estimates not encompassing zero. VP was applied to evaluate the specific contribution of each of the three sets of predictors and their joint fractions in the selection of nest-trees. We applied VP to the final and parsimonious models, i.e., simplified models resulting from model selection (Peres-Neto and Legendre 2010, Assandri et al. 2019). We tested for the significance of the unique fractions of tree characteristics, microhabitat, and human presence using the function 'rda' from the 'vegan' package (Oksanen et al. 2015). However, it was not possible to test the significance of the shared variation (Truchy et al. 2019). A Kruskal-Wallis test was used to examine differences in tree height between the six study stations (Sokal and Rohlf 1981).

All statistical analyses were performed in R-3.0.2 software (R Development Core Team 2013). We used the package 'car' (Fox and Weisberg 2011) to calculate Variance Inflation Factor (VIF), and the package 'MuMIn' to calculate AICc (Bartoń 2015), and the marginal and conditional R^2 via the function 'rsquared.glm'. The package 'spdep' was used to calculate Moran's I autocorrelation index (Paradis et al. 2004). Model diagnostics were conducted in the R package 'DHARMA' (Hartig et al. 2020) (see Figures S1–S3 in the online supplementary material for details of model diagnostics). Furthermore, to plot the relationship between predictive probability of date palm tree selection and explanatory variables included in the best models, the 'visreg' package (Breheny and Burchett 2013) was used. Means are quoted \pm standard errors.

Results

In the 2019 breeding season, 92 Turtle Dove nests were found in the 24 date palm study plots. The average characteristics of nest trees and non-nest trees are summarised in Table 2. In the Biskra region, no variation in tree height (mean = 10.15 \pm 0.25; min-max = 3.5–16.0 m) was recorded across the six study stations (Kruskal-Wallis chi-squared = 2.3237, df = 5, P = 0.80), confirming a homogeneity in height of palm stands.

The top-ranking model assessing the influence of tree characteristics indicated that Turtle Doves specifically choose date palm trees exceeding 10 m in height (Table 3, Figure 2a) and with a DBH range of 1.5–2.5 m. Beyond this range, the occupation probability of a date palm tree by a Turtle Dove nest decreases markedly (Tables 3 and 4, Figure 2b). The variances explained by marginal and conditional R^2 were both above 0.90 (Table 4), demonstrating the importance of tree characteristics in selecting nest habitat within date palm plantations. At this scale, no evidence of spatial autocorrelation in the best model's residuals was highlighted (Table 3).

Table 2. Descriptive statistics for variables measured at European Turtle Dove nest and non nest trees in the Biskra's date palm plantations, Algeria

Variables	Date palm trees with nests (n = 92)			Date palm trees without nests (n = 92)		
	Min	Max	Mean \pm SE	Min	Max	Mean \pm SE
TH	9	16	13.10 \pm 0.17	3.50	12.00	7.19 \pm 0.18
DBH	1.90	3.90	2.83 \pm 0.05	1.50	3.90	2.34 \pm 0.06
NT	3	7	4.39 \pm 0.12	2	8	3.76 \pm 0.13
TC	67.02	82.09	72.35 \pm 0.43	25	90.09	68.02 \pm 0.89
HBC	4.02	26.10	14.23 \pm 0.58	5.10	30.21	14.03 \pm 0.47
HBH	0	70.05	20.23 \pm 1.52	5	50.05	14.72 \pm 0.78
BGC	3.08	28.15	13.42 \pm 0.65	3	46.06	17.95 \pm 0.78
DE	10.19	192.80	84.08 \pm 4.73	10.34	501.61	142.98 \pm 16.31
DW	6.60	13.70	9.89 \pm 0.19	3.20	11.70	6.92 \pm 0.18
DH	20.34	548.76	189.21 \pm 14.332	38.04	1890.00	190.55 \pm 20.36
DUR	179.35	6740.11	2052.72 \pm 169.89	201.49	6770.14	2066.98 \pm 166.50
DC	137.21	4550.09	1277.76 \pm 129.36	170.92	4700.03	1254.29 \pm 131.89

Table 3. Best model combinations explaining nest habitat selection by European Turtle Doves in Biskra's date palm plantations, Algeria. Models are ranked according to Akaike's information criterion corrected for small sample size (AICc) and only models within an interval of $\Delta\text{AICc} < 2$ are shown. The difference in AICc from the best supported model (ΔAICc), Akaike's weights (wi), and P -value of Moran-test are also shown. See methods for details.

Species/Model	K	AICc	Δi	Wi	Moran's I (P -value)
Tree characteristics					
DBH + DBH² + TH	4	46.9	0.00	0.999	0.11 (0.55)
DBH ² + TH	3	60.7	13.79	0.001	---
Null	1	259.1	212.25	0.000	---
Microhabitat features					
HBC + HBC² + HBH + TC + TC²	6	210.2	0.00	0.918	0.21 (0.08)
HBC + HBC ² + TC + TC ²	5	215.3	5.10	0.072	---
Null	1	259.1	48.90	0.008	---
Human presence					
DE + DE²	3	221.3	0.00	0.997	0.13 (0.39)
DE ²	2	232.9	11.56	0.003	---
Null	1	259.1	37.83	0.000	---

At the microhabitat scale, the Turtle Dove selects areas having a date palm tree cover ranging between 60% and 75% (Tables 3 and 4, Figure 2e). Below and beyond this range, the probability of nest occurrence decreased markedly (Figure 2e). The Turtle Dove also selects nest habitat characterised by a medium-height (<1 m) herbaceous layer (Tables 3 and 4, Figure 2d). This probability also decreased with herbaceous layer cover to about 15% and then increased after this value (Tables 3 and 4; Figure 2c). Nonetheless, even with a low herbaceous layer cover (i.e. 15% in our case), nest occurrence remained relatively high (almost 60%; Figure 2c). Although significant, the variances explained by marginal and conditional R^2 did not exceed 0.84 (Table 4).

With regards to human presence, the probability of nest occurrence varied exclusively with distance to the edge of the plantation, following a quadratic relationship (Tables 3 and 4, Figure 2f). This probability increased with increasing distance to the edge of the plantation, reached an optimum around 140 m, and then decreased. The maximum variances explained by marginal and conditional R^2 did not exceed 0.74 (Table 4). Regarding the spatial autocorrelation, Moran's I P -values of the three sets of variables were above 0.05 (Table 3), suggesting the absence of spatial autocorrelation in the residuals of the three models.

Variation partitioning highlighted the robustness of the unique effect of tree characteristics (52% of the total variance; $P = 0.001$) in explaining the variation in the probability of Turtle Dove nest occurrence (Figure 3). The joint effect of tree characteristics and microhabitat was also determinant (15%; Figure 3), suggesting that trees surrounded by specific microhabitat features, such as tree and herbaceous layer cover and height of herbaceous vegetation, are suitable for nesting. Although not high enough to be determining (explained variance 8%), the joint effect of tree characteristics and human presence contributes, to some extent, to variation in the Turtle Dove nest occurrence probability within date palm plantations (Figure 3). The pure effects of microhabitat (1%) and human presence (1%) contribute very weakly to this process of selecting nest habitat (Figure 3).

Discussion

In the present study, we investigated the effects of tree characteristics, microhabitat, human presence, and space variables on the selection of nest habitat by Turtle Doves. Nest occurrence probability is positively related to the height of trees and herbaceous layer and is higher at DBH ranging between 1.5 and 2.5 m, tree cover between 60 and 75%, and distance to the edge of

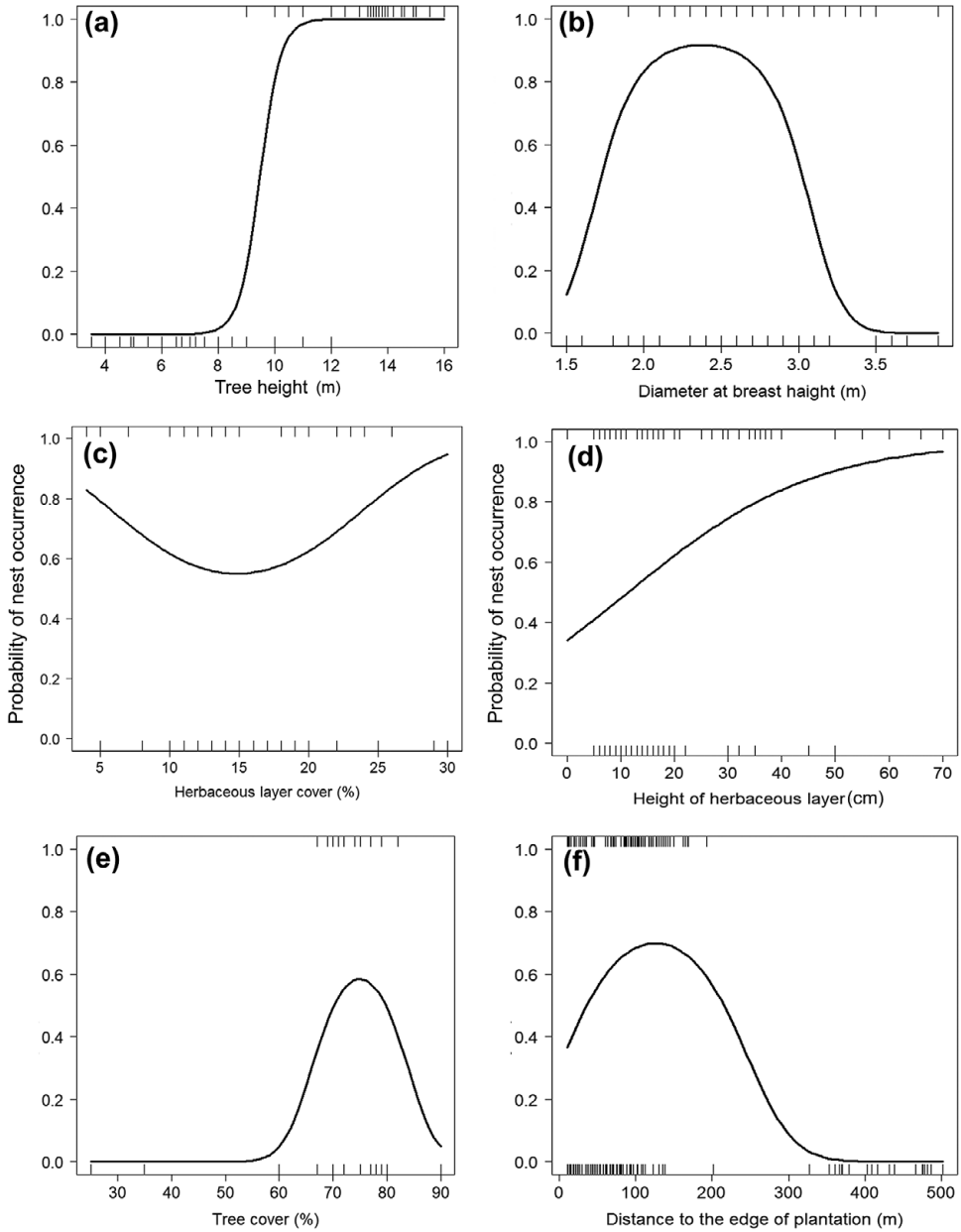


Figure 2. Turtle Dove nest occurrence probability according to tree height (a), diameter at breast height (b), herbaceous layer cover (c), height of herbaceous layer (d), tree cover (e), and distance to the edge of plantation (f) in the Biskra’s date palm plantations, Algeria.

plantation between 20 and 140 m. To our knowledge, this is the first study that investigates the Turtle Dove nest habitat selection in the date palm plantations.

In the Biskra date palm plantations, Turtle Dove selects trees higher than 10 m in height and having a DBH between 1.5 and 2.5 m for nesting. Such characteristics of trees would protect them

Table 4. Parameters and standard errors (SE) of the best GLMM model for European Turtle Dove nest habitat selection in Biskra's date palm plantations, Algeria. See Table 1 for variable acronyms

Model	Coeff.	SE	z-value	Pr (> z)	R ²
Tree characteristics					
Intercept	-57.704	20.214	-2.855	0.0043	R ² _m = 0.901
DBH	27.008	10.815	2.497	0.0125	R ² _c = 0.963
DBH ²	-5.685	2.372	-2.397	0.0165	
TH	2.734	1.038	2.635	0.0084	
Microhabitat features					
Intercept	-103.712	4.383	-23.662	<0.001	R ² _m = 0.836
HBC	-0.604	0.171	-3.532	0.0004	R ² _c = 0.840
HBC ²	0.021	0.005	3.510	0.0004	
HBH	0.051	0.021	2.512	0.0119	
TC	2.841	0.079	35.961	<0.001	
TC ²	-0.019	0.000	-46.909	<0.001	
Human presence					
Intercept	0.790	0.266	2.971	0.0030	R ² _m = 0.715
DE	0.026	0.008	3.304	0.0009	R ² _c = 0.744
DE ²	-0.000	0.000	-3.142	0.0017	

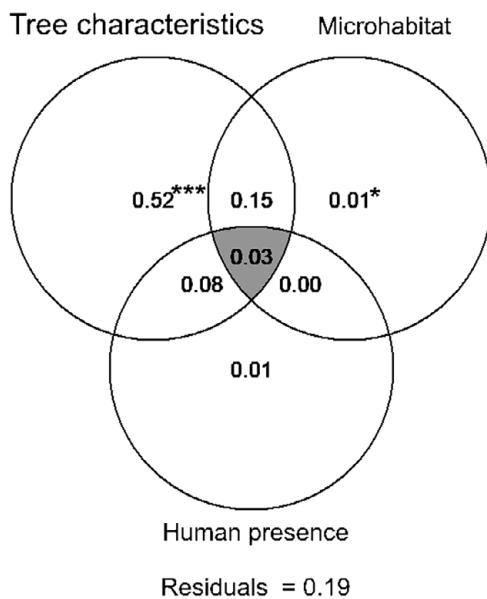


Figure 3. Venn diagram for variation partitioning showing the percentage contribution of characteristics of trees, microhabitat features, and human presence, as well as the shared amount of explained variation (intersection of ellipses), in explaining the Turtle Dove nest occurrence probability. Each number shows the fractions of variation explained by variables included in each component of scales.

from (i) climbing predators, such as common genet *Genetta genetta* and black rat *Rattus rattus* (Khoury *et al.* 2009, Hanane and Baâmal 2011, Saâd *et al.* 2020), (ii) human disturbance (e.g. agricultural activities: forage crops and irrigation) (De Buruaga *et al.* 2012, Dias *et al.* 2013, Hanane 2012, 2018), and (iii) inclement weather (Sadoti 2008). The selection of tall trees allows

good visibility of the surroundings. Date palm trees having a DBH of more than 2.5 m are most often not occupied, likely because these trees generally have dense and tangled palm fronds that are not suitable for establishing nests. The same also applies to predators, which are often attracted by such conditions (Huhta et al. 2004, Seibold et al. 2013). For instance, the dense and tangled palm fronds with high DBH (>2.5 m) are resting places for the Common genet (N. Saâd pers. obs.). Overall, by choosing date palm trees with a DBH between 1.5 and 2.5 m, Turtle Doves seek a trade-off that would allow reaching a good breeding success.

In this North African Saharan area, Turtle Doves occupy the date palm trees surrounded (10-m radius) by a cover of trees between 60 and 75%. This selection pattern, based on a high cover of trees, was also recorded in Greece (Bakaloudis et al. 2009), Spain (De Buruaga et al. 2012), Portugal (Dias et al. 2013), and Morocco (Hanane 2018). However, in the present study, a cover of trees exceeding 75% is synonymous with a weak probability of nest occurrence. Indeed, beyond this limit, conditions no longer seem to be suitable for the Turtle Doves, possibly due to obscured view around nest-trees and difficulty to escape from nest-trees for both adults and fledged young doves). Furthermore, the selection of nest habitat by this vulnerable dove species is positively affected by the herbaceous layer of up to 70 cm high. This level of height often reflects a weak human frequentation around selected nest-trees. This is true because the majority of species constituting the herbaceous vegetation are perennial, such as Bermuda grass *Cynodon dactylon*, cocon grass *Imperata cylindrica*, and purple nudsedge *Cyperus rotundus*. Several studies conducted in agricultural areas reported the use of less human disturbed areas by Turtle Doves in the breeding period (Peiro 1990, Browne and Aebischer 2003, Hanane and Baâmal 2011, Hanane 2015, 2017, 2018). Besides, the presence of herbaceous vegetation in the neighborhood of the nest trees can contribute to satisfying the feeding requirements for Turtle Doves as shown in Portugal by Dias et al. (2013), in Spain by Gutiérrez-Galán et al. (2019), and in Italy by Chiatante et al. (2020).

In the studied agricultural area, Turtle Doves select the nesting habitats that are not far away from the edge of date palm plantations. This pattern has been previously recorded by Hanane (2018) who studied the multi-scale nesting habitat selection in a Moroccan agroforestry system, and Reino et al. (2009), who examined the effect of the forest edge on farmland birds. The configuration of the date palm plantations of the Biskra region would explain this outcome. Indeed, the presence of a livestock (goats, sheep, and cows) stable at each date palm plantation would also contribute to satisfying the food requirements of Turtle Doves (Saâd et al. 2021). Indeed, the daily availability of cereals, mostly barley at the time of feeding goats, sheep, and cows, turns out to be very useful for this vulnerable species. The non-relevance of distance to cereal crops to explain the occurrence of Turtle Dove nests supports our interpretation. Therefore, Turtle Doves move back and forth between stables (outside orchards) and the nesting trees (inside orchards) without spending much energy. Closer proximity to feeding areas is also known to increase food acquisition efficiency in adult doves while allowing them to spend more time caring for their broods (Pearse et al. 2004, Dunn et al. 2010, Hanane 2015, 2018, Kafi et al. 2015). Interestingly, the statistical analysis has not highlighted a relevant role for the distance to water in Turtle Dove nest habitat selection in this Saharan agroecosystem. This last finding may be explained by the ability of the species to travel long distances to reach water points (Hanane 2018), or by the availability of water at the plot-scale through irrigation.

Contrary to our prediction, results of the variation partitioning analyses rather evidenced the robustness of the pure fraction of tree characteristics in explaining the probability of Turtle Dove nest occurrence within date palm plantations. The shared variation between tree characteristics and microhabitat contributes also contributes by 15% to this selection. This suggests that trees, which are surrounded by specific microhabitat features, such as tree and herbaceous layer covers and height of herbaceous vegetation, are somehow appropriate for nesting. The implication of microhabitat in selecting Turtle Dove nest habitat has also been described in Moroccan forest (Hanane 2018). Overall, in the date palm plantations of Biskra, it seems like Turtle Doves first of all seek to ensure a good security level to complete their reproduction successfully, which occurs at a tree height exceeding 10 m and a DBH between 1.5 and 2.5 m. In our study site, human presence was not

a significant factor in terms of nest habitat selection. Such a result could have three potential explanations. First, the production of dates is the major production system in the Biskra region and almost all plantations are well-protected and access is strictly prohibited with permanent day and night presence of guards, thus making the human presence (plantation employees only) very limited. Second, a certain degree of human is tolerated in particular because of the beneficial impact of feeding goats, sheep and cows on Turtle Doves and the absence of hunting, and (iii) their adopted strategy in selecting nest trees is helps reduce the impacts of predation, disturbance, and nest predation.

Conclusions, recommendations, and perspectives

This study indicated that nest habitat selection by Turtle Doves is mainly due to tree characteristics, rather than microhabitat or human presence. In the date palm plantations of the Biskra region, Turtle Doves select the tallest trees (more than 10 m) with DBH between 1.5 and 2.5 m.

In this context, it is important to manage in an informed, sustainable way date palm plantations of the Biskra region. To reach this goal, two steps are to be considered: (1) encouraging agricultural managers and orchard owners to place a greater emphasis on ensuring the presence of high-sized class of date palm trees at each date palm plantation of this region. This remains feasible since the majority of tall date palm trees of the Biskra region are still at the beginning of their production age ($18 \text{ years} \pm 2.35$, it remains more than 20 years to reach the end of date production at ideal conditions), but also because the government encourages plantation owners (by reducing water and electricity load and providing the necessary equipments) to use old date palm trees as a source of organic compost (e.g., from palm leaves and petioles), which will be very useful for the growth of the young plantations, (2) start to implant young date palm plants at each exploitation, so that in 15 years, once older date palm trees will no longer be productive, the substitute trees will be ready to accommodate the Turtle Dove nests. It goes without saying that for efficient and rapid growth of young date palm plants, it is important (1) to increase the irrigation frequency (switch to two irrigations per month instead of one), (2) to constantly check if the plants are in good condition (phytosanitary treatments if necessary), and (3) maintain date palm trees (e.g., pruning, compost). In parallel, carrying-out awareness campaigns with the local growers would also be of crucial importance in the aim to guarantee the persistence of this North African population. The implementation of the conservation measures would undoubtedly help enhance prevailing conditions in date palm plantations, which will have a good impact on the population size of this vulnerable species in this Saharan area.

It has to be recalled that our combined models explained 81 % of the variance; However, despite this percentage, there are still several other non-evaluated variables that may also influence the selection of nesting habitats, including (i) food resources, (ii) predation, (iii) age and date palm tree variety, (iv) competition with other dove species, such as the laughing dove and Eurasian collared dove, and (v) landscape composition. Therefore, future research works have to understand the bioecology of this vulnerable dove species and enhance conservation actions. Estimating the Turtle Dove population size in this Saharan part of North Africa is a challenge that researchers should meet to know whether the implementation of conservation measures has been relevant for this population. Overall, in the absence of other plantation types with the same scope, date palm plantations of Biskra remain of paramount importance as they offer good opportunities for consolidating and improving the knowledge on this threatened species at the edge of the Sahara.

Supplementary Materials

To view supplementary material for this article, please visit <http://dx.doi.org/10.1017/S0959270921000290>.

Acknowledgements

We thank the owners of the farms for kindly allowing us to work on their properties. We are grateful to Kamal Saâd for its help during the fieldwork and Tarek Moussai for elaborating the map. We also thank two anonymous reviewers and the Editor of Bird Conservation Journal for their comments and advice.

References

- Absi, K., Belhamra, M., Farhi, Y. and Halis, Y. (2015) A comparison of the reproduction of collared doves *Streptopelia decaocto* and turtle doves *Streptopelia turtur* in the Ziban Oases (Biskra, Algeria). *J. Entomol. Zool. Stud.* 3: 286289.
- Alaya-Ltifi, L. and Selmi, S. (2014) Passerine abundance and diversity in a polluted oasis 452 habitat in south-eastern Tunisia. *Eur. J. Wildl. Res.* 60: 535–541.
- Assandri, G., Giacomazzo, M., Brambilla, M., Griggio, M. and Pedrini P. (2017) Nest density, nest-site selection, and breeding success of birds in vineyards: management implications for conservation in a highly intensive farming system. *Biol. Conserv.* 205: 23–33.
- Assandri, G., Boglianib, G., Pedrinia, P. and Brambilla, M. (2019) Toward the next Common 469 Agricultural Policy reform: determinants of avian communities in hay meadows reveal current policy's inadequacy for biodiversity conservation in grassland ecosystems. *J. Appl. Ecol.* 56: 604–617.
- Bakaloudis, D. E., Vlachos, C. G., Papageorgiou, N. K. and Holloway, G. (2001) Nest site habitat selected by short-toed eagle (*Circaetus gallicus*) in Dadia-Lefkimi-Soufli forest complex, north-eastern Greece. *Ibis* 143: 391–401
- Bakaloudis, D. E., Vlachos, C. G., Chatzinikos, E., Bontzorlos, V. and Papakosta, M. (2009) Breeding habitats preferences of the turtle-dove (*Streptopelia turtur*) in the Dadia-Soufli National Park and its implications for management. *Eur. J. Wildl. Res.* 55: 597–602
- Balbotin, J. (2005) Identifying suitable habitat for dispersal in Bonelli's Eagle: An important issue in halting its decline in Europe. *Biol. Conserv.* 126: 74–83.
- Bartoń, K. (2015) MuMIn: Multi-Model Inference. R package. Version 1.15.1. <https://cran.r-project.org/package=mumin>
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B. and Walker, S. (2015) lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.1-7. Retrieved August 19, 2020, from <http://cran.r-project.org/package=lme4>
- BirdLife International (2015) *European Red List of Birds*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- BirdLife International (2017) *Streptopelia turtur: The IUCN Red List of Threatened Species 2017*: 384 e.T22690419A119457869.
- Boutin, J. M. and Lutz, M. (2007) Management plan for turtle dove (*Streptopelia turtur*) 2007-2009. European Commission, Luxembourg
- Brahmia, H., Zeraoula, A., Bensouilah, T., Bouslama, Z. and Houhamdi, M. (2015) Breeding biology of sympatric Laughing *Streptopelia senegalensis* and Turtle *Streptopelia turtur* Dove: a comparative study in northeast Algeria. *Zool. Ecol.* 25: 220–226.
- Breheny, P. and Burchett, W. (2013) Visreg: Visualization of regression models, R package version 2.0-0, URL <http://CRAN.R-project.org/package=visreg>.
- Browne, S. and Aebischer, N. (2001) *The role of agricultural intensification in the decline of the turtle dove Streptopelia turtur*. Peterborough, UK: English Nature.
- Browne, S. and Aebischer, N. (2003) Habitat use, foraging ecology and diet of turtle doves *Streptopelia turtur* in Britain. *Ibis* 145: 572–582.
- Browne, S. and Aebischer, N. (2004) Temporal changes in the breeding ecology of European turtle doves *Streptopelia turtur* in Britain, and implications for conservation. *Ibis* 146: 125–137.

- Browne, S., Aebischer, N., Yfantis, G. and Marchant, J. H. (2004) Habitat availability and use by turtle dove *Streptopelia turtur* between 1965 and 1995: an analysis of common bird census data. *Bird Study* 51: 1–11
- Browne, S. J., Aebischer, N. J. and Crick, H. Q. P. (2005) Breeding ecology of Turtle Doves *Streptopelia turtur* in Britain during the period 1941–2000: an analysis of BTO nest record cards. *Bird Study* 52: 1–9.
- Burnham, K. P. and Anderson, D. R. (2002) *Model selection and inference: A practical information-theoretic approach*. 2nd Edition. New York: Springer-Verlag.
- Chiatante, G., Porro, Z. and Meriggi, A. (2020) The importance of riparian forests and tree plantations for the occurrence of the European 2 Turtle Dove (*Streptopelia turtur* L.) in an intensively cultivated agroecosystem. *Bird. Conserv. Internatn.* 30: 1–15.
- Cramp, S. (1985) *The birds of the Western Palearctic*. Vol. 4. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Danielsen, F., Jensen, P. M. Burgess, N. D., et al. (2014) A multicountry assessment of tropical resource monitoring by local communities. *BioScience* 64: 236–251.
- De Buruaga, M. F., Onrubia, A., Fernandez-Garcia, J. M., Campos, M. A., Canales, F. and Unamuno, J. M. (2012) Breeding habitat use and conservation status of the turtle dove *Streptopelia turtur* in Northern Spain. *Ardeola* 59: 291–300.
- Diab, N. (2015) *Étude de la biodiversité des arthropodes et des plantes spontanées dans l'agro-écosystème oasien*. Thèse de Magistère. Université Mohamed Khider– Biskra, Algérie.
- Dias, S., Moreira, F., Beja, P., Carvalho, M., Gordinho, L., Reino, L., Oliveira, V., Rego, F. (2013) Landscape effects on large scale abundance patterns of turtle doves *Streptopelia turtur* in Portugal. *Eur. J. Wildl. Res.* 59: 51–541.
- D.S.A. (2019) *Bilan agricole annuel-Biskra (compagne 2018/2019)*. Alger: Direction des Services Agricoles.
- Dunn, J. C. and Morris, A. J. (2012) Which features of UK farmland are important in retaining territories of the rapidly declining turtle dove *Streptopelia turtur*? *Bird Study* 59: 394–402
- Dunn, J. C., Hamer, K. C. and Benton, T. G. (2010) Fear for the family has negative consequences: indirect effects of nest predators on chick growth in a farmland bird. *J. Appl. Ecol.* 47: 994–1002
- Dunn, J. C., Morris, A. J. and Grice, P. V. (2015) Testing bespoke management of foraging habitat for European turtle doves *Streptopelia turtur*. *J. Nat. Conserv.* 25: 23–34.
- Dunn, J. C., Grice, P. and Morris, A. J. (2017) Post-fledging habitat selection in a rapidly declining farmland bird, the European turtle dove *Streptopelia turtur*. *Bird Conserv. Internatn.* 27: 45–57.
- Eraud, C., Boutin, J. M., Riviere, M., Brun, J., Barbraud, C. and Lormé, H. (2009) Survival of turtle doves *Streptopelia turtur* in relation to western Africa environmental conditions. *Ibis* 151: 186–190
- Eraud, C., Rivière, M., Lormée, H., Fox, J. W., Ducamp, J. J. and Boutin, J. M (2013) Migration routes and staging areas of trans-Saharan Turtle Doves appraised from light-level geolocators. *PLoS ONE* 8: e59396.
- Farhi, K., Hanane, S., Mezerdi, F., Kahl, A. and Khemis, M. D. H. (2019) Disentangling the drivers of Black-bellied sandgrouse nesting habitat use in a Mediterranean arid environment. *Bird Study* 66: 452–460.
- Fox, J. and Weisberg, S. (2011) *An R companion to applied regression*. Second edition. Thousand Oaks, California, USA: Sage. <http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>
- Gutiérrez-Galán, A. and Alonso, C. (2016) European Turtle Dove *Streptopelia turtur* diet composition in Southern Spain: the role of wild seeds in Mediterranean forest areas. *Bird Study* 63: 490–499.
- Gutiérrez-Galán, A., Lopez Sanchez, A. and Alonso, C. (2019) Foraging habitat requirements of European Turtle Dove *Streptopelia turtur* in a Mediterranean forest landscape. *Acta Ornithol.* 53: 143–154.
- Hanane, S. (2012) Do age and type of plantings affect turtle dove *Streptopelia turtur* nest placement in olive agro-ecosystems? *Ethol. Ecol. Evol.* 24: 284–293.
- Hanane, S. (2015) Nest-niche differentiation in two sympatric *Streptopelia* species from a

- North African agricultural area: the role of human presence. *Ecol. Res.* 30: 573–580.
- Hanane, S. (2016a) Effects of orchard type and breeding period on turtle dove nest density in irrigated agroecosystems. *Bird Study* 63: 141–145.
- Hanane, S. (2016b) Effects of location, orchard type, laying period and nest position on the reproductive performance of turtle doves (*Streptopelia turtur*) on intensively cultivated farmland. *Avian. Res.* 7: 4.
- Hanane, S. (2017) The European turtle-dove *Streptopelia turtur* in Northwest Africa: a review of current knowledge and priorities for future research. *Ardeola* 64: 273–287.
- Hanane, S. (2018) Multi-scale turtle dove nest habitat selection in a Mediterranean agroforestry landscape: implications for the conservation of a vulnerable species. *Eur. J. Wildl. Res.* 64: 45.
- Hanane, S. (2019) Discriminating between nesting and non-nesting habitat in a vulnerable bird species: implications for behavioural ecology. *Eur. J. Ecol.* 5: 15–22.
- Hanane, S. and Baâmal, L. (2011) Are Moroccan fruit orchards suitable breeding habitats for turtle doves *Streptopelia turtur*? *Bird Study* 58: 57–67.
- Hanane, S., Besnard, A. and Aafi, A. (2012) Factors affecting reproduction of Woodpigeons *Columba palumbus* in North African forests: 1. Nest habitat selection. *Bird Study* 59: 463–473.
- Hanane, S., Cherkaoui, I., Magri, N. and Yassin, M. (2019) Bird species richness in artificial plantations and natural forests in a North African agroforestry system: assessment and implications. *Agroforestr. Syst.* 93: 1755–1764.
- Hartig F. (2020) DHARMA: residual diagnostics for hierarchical (multi-level/mixed) regression models. R package version 0.3.1. Available at <http://florianhartig.github.io/DHARMA/>
- Huhta, E., Aho, T., Jänntti, A., Suorsa, P., Kuitunen, M., Nikula, A. and Hakkarainen, H. (2004) Forest fragmentation increases nest predation in the Eurasian treecreeper. *Conserv. Biol.* 18: 148–155.
- Jedlikowski, J., Chibowski, P., Karasek, T. and Brambilla, M. (2016) Multiscale habitat selection in highly territorial bird species: exploring the contribution of nest, territory and landscape levels to site choice in breeding rallids (Aves: Rallidae). *Acta Oecol.* 73: 10–20.
- Kafi F., Hanane S., Bensouilah T., Zeraoula A., Brahmia H. and Houhamdi M. (2015) Les facteurs déterminants le succès de reproduction de la Tourterelle des bois (*Streptopelia turtur*) dans un milieu agricole Nord-Africain. *Rev. d'Écol. (Terre Vie)* 70: 271–279.
- Kassah, A. (2002) Irrigation et développement agricole dans le Sud tunisien. Pp. 21–26 in *Méditerranée*, tome 99, 3-4-2002. Le Sahara, cette "autre Méditerranée". Fernand Braudel. https://www.persee.fr/issue/medit_0025-8296_2002_num_99_3
- Khoury, F., Janaydeh, M. and Al-Hmoud, A. R. (2009) Nest placement and nesting success in two finch species colonizing a recently established plantation in an arid region. *J. Ornithol.* 150: 29–37.
- Kumordzi, B. B., de Bello, F., Freschet, G. T., Le Bagousse-Pinguet, Y., Lepš, J. and Wardle, D. A. (2015) Linkage of plant trait space to successional age and species richness in boreal forest understorey vegetation. *J. Ecol.* 103: 1610–1620.
- Legendre, P. (2008) Studying beta diversity: ecological variation partitioning by multiple regression and canonical analysis. *J. Plant Ecol.* 1: 3–8.
- Lormée, H., Boutin, J. M., Pinaud, D., Bidault, H. and Eraud, C. (2016) Turtle Dove *Streptopelia turtur* migration routes and wintering areas revealed using satellite telemetry. *Bird Study* 63: 425–429.
- Marx, M., Korner-Nievergelt, F. and Quillfeldt, P. (2016) Analysis of ring recoveries of European Turtle Doves *Streptopelia turtur* - flyways, migration timing and origin areas of hunted birds. *Acta Ornithol.* 51: 55–70.
- Mihi, A., Tarai, N. and Chenchouni, H. (2017) Can palm date plantations and oasisification be used as a proxy to fight sustainably against desertification and sand encroachment in hot drylands? *Ecol. Indic.* 105: 365–375.
- Nakagawa, S. and Schielzeth, H. (2013) A general and simple method for obtaining R^2

- from generalized linear mixed-effects models. *Methods Ecol. Evol.* 4: 133–142
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., O'Hara, R.B., Simpson, G. L, ... Wagner, H. (2015). *Vegan: Community Ecology Package (Version 2.3-0)*. Retrieved from <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf>
- ONM (2016) *Données météorologiques des années 1980-2016 de Biskra*. Alger, Algeria: Ed. Office National de la Météorologie.
- Paradis, E., Claude, J. and Strimmer, K. (2004) APE: analyses of phylogenetics and evolution in R language. *Bioinformatics* 20: 289–290.
- Pearse, A. T., Cavitt, J. E. and Cully, J. F. (2004) Effects of food supplementation on female nest attentiveness and incubation mate feeding in two sympatric wren species. *Wilson Bull.* 116: 23–30.
- PECBMS (2019) *State of common European breeding birds 2018*. Prague: CSO.
- Peiro, V. (1990) Aspectos de la reproducción de la Tortola común (*Streptopelia turtur*) en Madrid. *Mediterran. Ser. Biol.* 12: 89–96.
- Peres-Neto, P. R. and Legendre, P. (2010) Estimating and controlling for spatial structure in the study of ecological communities. *Global Ecol. Biogeogr.* 19: 174–184.
- Prodon, R., Lebreton, J.-D. (1981). Breeding avifauna of a Mediterranean succession: the holm oak and cork oak series in the eastern Pyrenees, 1. *Analys is and modelling of the structure gradient.- Oikos*, 37: 21–38.
- R Development Core Team (2013) *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Reino, L., Beja, P., Osborne, P. E., Morgado, R., Fabiao, A. and Rotenberry, J. T. (2009) Distance to edges, edge contrast and landscape fragmentation: interactions affecting farmland birds around forest plantations. *Biol. Conserv.* 142: 824–838.
- Rocha, G. and Hidalgo, S. (2002) La tórtola común *Streptopelia turtur*. Análisis de los factores que afectan a su status. Cáceres, Spain: Universidad de Extremadura, Servicio de Publicaciones.
- Rocha, G. and Quillfeldt, P. (2015) Effect of supplementary food on age ratios of European turtle doves (*Streptopelia turtur* L.). *Anim. Biodiv. Conserv.* 38: 11–21.
- Saâd, N., Hanane, S., Farhi, K. and Khemis, D. M. H. (2020) Nest age as predictor of nest survival in three sympatric dove species breeding in a Mediterranean arid agroecosystem. *Ardea* 108: 171–182.
- Saâd, N., Hanane, S., Khemis, D. M. H. and Farhi, K. (2021) Landscape composition governs the abundance patterns of native and invasive Columbidae species along an urban–rural gradient and contribute to their partitioning. *Biol. Invasions*. <https://doi.org/10.1007/s10530-021-02489-5>.
- Sadoti, G. (2008) Nest site selection by common black hawks in southwestern New Mexico. *J. Field Ornithol.* 79: 11–19
- Sedra, H. (2003) *Le bayoud du palmier dattier en Afrique du nord*, FAO, RNE/SNEA-Tunis. Edition FAO sur la protection des plantes. Tunis, Tunisia: Imprimerie Signes.
- Seibold, S., Hempel, A., Piehl, S., Bässler, C., Brandl, R., Rösner, S. and Müller, J. (2013) Forest vegetation structure has more influence on predation risk of artificial ground nests than human activities. *Basic Appl. Ecol.* 14: 687–693.
- Sokal, R. R. and Rohlf, F. J. (1981) *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research*. New York: Freeman and Company.
- Tellería, J. L., Carbonell, R., Fandos, G., Tena, E., Onrubia, A., Qninba, A., Aguirre, J. I., Hernandez-Téllez, I., Martín, C.A. and Ramizez, A. (2020) Distribution of the European turtle dove (*Streptopelia turtur*) at the edge of the South-Western Palaearctic: transboundary differences and conservation prospects. *Eur. J. Wildl. Res.* 66: 74.
- Truchy, A., Göthe, E., Angeler, D. G., Ecke, F., Sponseller, R. A., Bundschuh, M., Johnson, R. K. and McKie, B. G. (2019) Partitioning spatial, environmental, and community drivers of ecosystem functioning. *Landsc. Ecol.* 34: 2371–2384.
- Yahiaoui, K., Arab, K., Belhamra, M., Browne, S. J., Boutin, J. M. and Moali, A. (2014) Habitat occupancy by European turtle dove (*Streptopelia turtur*) in the Isser Valley. Algeria. *Revue d'Ecologie (Terre Vie)*, 69: 234–246.

Conclusion Générale

Conclusion générale

L'étude de la bio-écologie de trois espèces sympatriques de Columbides en milieu phoenicicole dans la région de Biskra a permis d'approfondir notre compréhension des facteurs qui influencent la distribution, l'abondance, la sélection des sites de nidification et la réussite de la reproduction pour chaque espèce étudiée.

Notre travail est basé sur trois axes principaux, que nous allons aborder dans ce qui suit ;

Tout d'abord, dans le premier axe, nous avons opté à l'évaluation de l'impact des différents composants du paysage sur la distribution et l'abondance de ces trois espèces le long des gradients urbains-ruraux. Nos résultats ont révélé un effet significatif de la couverture du bâti sur l'abondance des trois espèces de tourterelles étudiées.

En effet, nous avons conclu que la tourterelle turque (espèce invasive) était plus abondante dans les zones fortement urbanisées, tandis que la tourterelle maillée (espèce en expansion) et la tourterelle des bois (espèce indigène) étaient plus présentes dans les zones où l'urbain était moins représenté dans le paysage.

La tourterelle turque, est très abondante dans la ville de Biskra et sa périphérie, où le paysage est caractérisé par une forte couverture du bâti et une faible couverture des cultures comme les céréales, les maraîchages et les cultures permanentes. Ce phénomène peut être expliqué par la disponibilité des ressources alimentaires dans la ville de Biskra pour cette espèce. En effet, les tourterelles turques sont opportunistes et se nourrissent notamment de graines, de fruits et de déchets alimentaires. Ces résultats soulignent l'importance de la gestion des déchets dans les zones urbaines pour limiter la prolifération des espèces envahissantes et encourager la conservation de la biodiversité.

Concernant la tourterelle maillée, notre étude a montré que son abondance est fortement corrélée avec la richesse en arbres fruitiers, et négativement corrélée avec la distance par rapport aux routes goudronnées. Cette espèce préfère les palmeraies modernes caractérisées par une faible densité des arbres fruitiers et un espacement important entre les arbres. Elle évite les palmeraies avec des grands palmiers dattiers et une forte densité d'arbres fruitiers, en raison de la présence des prédateurs et de la faible visibilité dans ce micro-habitat. Les tourterelles maillées apprécient également les zones de cultures permanentes, et relativement à un certain degré d'urbanisation. L'influence de l'espace est également importante, car les cultures permanentes sont généralement limitées dans des zones bien

Conclusion générale

distinguées. Il est donc important de maintenir des habitats de qualité pour assurer la survie et la reproduction de cette espèce.

L'effectif de la tourterelle des bois augmente dans un milieu très peu urbanisé et dont la distance de la route dépasse 1 km, ce milieu est caractérisé aussi par de grands palmiers dattiers, un couvert de culture maraîchère et céréalière, et une richesse en arbres fruitiers. La tourterelle des bois évite totalement l'urbanisation et les perturbations humaines, surtout pendant la période de reproduction dans les palmeraies. De plus, c'est un habitat de reproduction favorable, car il fournit les supports de nidification appropriés, les ressources alimentaires nécessaires, ainsi que la disponibilité de l'eau et de la strate herbacée. La tourterelle des bois est une espèce vulnérable, et dont la survie dans notre région dépend strictement de la présence des palmiers dattiers les plus hauts avec un grand nombre d'arbres fruitiers, leur permettant de nidifier à une hauteur élevée et d'éviter ainsi la pression des prédateurs.

Il est important de souligner ces dernières années, que l'urbanisation dans la région de Biskra est marquée par une croissance rapide au détriment des palmeraies. Dans ce contexte, la tourterelle turque a bénéficié de cette expansion, alors que la tourterelle maillée s'est moins adaptée à l'urbanisation, cependant la tourterelle des bois est l'espèce qui subit l'impact potentiellement négatif de l'urbanisation. Et afin de préserver cette dernière, une approche intégrée est nécessaire, impliquant la sensibilisation des citoyens et des agriculteurs sur l'importance de sa protection et la sensibilisation des responsables également pour mettre en place une politique d'aménagement qui peut assurer un équilibre entre l'étalement urbain et la couverture des cultures permanentes.

Un deuxième axe a été traité dans notre étude, dont l'objectif principal est d'identifier les facteurs qui influencent le succès de la reproduction des trois espèces de tourterelles sympatriques dans les oasis des Ziban. Durant la période de reproduction de 2019, nous avons suivi un total de **225** nids dans **six** stations (palmeraies) d'études : **68 nids** de tourterelles maillées, **65 nids** de tourterelles turques et **92 nids** de tourterelles des bois.

Nos analyses ont mis en évidence l'importance de l'âge et la hauteur du nid en tant que prédicteurs du taux de survie pour les trois espèces de tourterelles.

Nos résultats révèlent aussi une vulnérabilité des trois espèces en début de cycle de nidification. En effet, la survie des nids pour toutes ces espèces était plus faible durant la période d'incubation que pendant la période de nidification.


Conclusion générale

Dans le troisième axe, Nous avons évalué l'effet des caractéristiques des palmiers, du micro-habitat et de la présence humaine sur la sélection des habitats de nidification de la tourterelle des bois dans les palmeraies de Biskra. Nos résultats indiquent que :

- La *Streptopelia turtur* préfère les palmiers de grande taille qui offrent une protection contre les prédateurs grimpeurs, les perturbations humaines et une meilleure visibilité des environs. Il est important de souligner que la présence humaine peut causer un stress pour la tourterelle et par conséquent un faible taux de la survie des nids.
- les tourterelles des bois ont une préférence pour un couvert arboré modéré et une couverture de strate herbacée plus élevée lorsqu'il s'agit de choisir leur habitat de nidification. Cette hauteur est liée à une faible fréquentation humaine autour des palmiers sélectionnés, ce qui réduit les perturbations pendant la période de reproduction.
- Les tourterelles des bois sélectionnent des habitats de nidification situés à proximité des bords des palmeraies, probablement pour faciliter leur déplacement quotidien entre les différents sites de gagnage et de reproduction.
- les caractéristiques des palmiers ont été identifiées comme étant le facteur le plus important pour expliquer la probabilité de présence de nids de tourterelles dans les palmeraies de Biskra, représentant 52 % de l'effet total par rapport aux autres variables.

Finalement, et en perspective, il serait judicieux de mettre en place des mesures de conservation appropriées pour maintenir des habitats de qualité pour ces espèces. Les activités de gestion et d'aménagement, pourraient inclure la restauration des habitats de nidification par la plantation d'arbres et la création d'habitats naturels pour améliorer la qualité des supports de nidification. Il est également important de gérer la prédation dans ces écosystèmes.

En outre, la sensibilisation du public et des agriculteurs est essentielle pour la conservation de la biodiversité. Les communautés locales peuvent être informées de l'importance de ces espèces et encouragées à participer à la conservation de l'environnement en protégeant les habitats et en signalant les cas de braconnage. La collaboration entre les acteurs locaux, les chercheurs et les gestionnaires de la conservation est également importante pour garantir la préservation de ces espèces et de leur habitat.



*Références
Bibliographiques*

Références bibliographiques

1. **A.N.A.T. (2003)** .Etude “Schéma Directeur des Ressources en Eau” wilaya de Biskra. Dossier agro-pédologique. A.N.A.T. 231p.
2. **A.N.I.R.E.F.(2013)**.Rubrique Monographie Wilaya de Biskra. Agence Nationale d’Intermédiation et de Régulation Foncière .3-5.
3. **Abouelezz, H. G., Donovan, T. M., Mickey, R. M., Murdoch, J. D., Freeman, M., & Royar, K. (2018)**. Landscape composition mediates movement and habitat selection in bobcats (*Lynx rufus*): implications for conservation planning. *Landscape Ecology*, 33, 1301-1318.
4. **Absi, K. (2012)**. Nidification et reproduction des populationde tourterelles des bois, turque et maillée (*Streptopelia turtur*, *S decaocto* et *S senegalensis*) dans les oasis sud est des ziban .Mémoire, Magistère, Université, Mohamed Khider de Biskra, Département d'Agronomi), 120p.
5. **Absi, K. (2008)**. Recherche sur la situation biologique des populations de tourterelles (*Streptopelia turtur* ; *S.decaocto* et *S. senegalensis*) en phase de reproduction dans la palmeraie des Ziban. Mémoire, Ingénieur d’état, Université , Mohamed Khider de Biskra, Département d'Agronomi), 197p.
6. **Absi, K., Belhamra, M., Farhi, Y., & Halis, Y. (2015)**. A comparison of the reproduction of collared doves *Streptopelia decaocto* and turtle doves *Streptopelia turtur* in the Ziban Oases (Biskra, Algeria). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3(2), 286-289.
7. **Adamou, A. E., Rabie, T. A. B. I. B. E., Koudri, M., & Ouakid, M. L. (2010)**. Biologie de la reproduction du merle noir *turdus merula* dans les oasis des zibans (nord-est algerien). Actes Séminaire International sur la biodiversité Faunistique en Zone Aride et semi-arides : 8-13.
8. **Alaya-Ltifi, L., & Selmi, S. (2014)**. Passerine abundance and diversity in a polluted oasis habitat in south-eastern Tunisia. *European journal of wildlife research*, 60, 535-541.
9. **Alig, R. J., & Healy, R. G. (1987)**. Urban and built-up land area changes in the United States: an empirical investigation of determinants. *Land Economics*, 63(3), 215-226.

Références bibliographiques

10. **Aouissi, H. A., Belabed, A. I., & Bouslama, Z. (2015).** Doves' mapping and inventory into the urban sites of Annaba (Northeastern of Algeria). *Adv Environ Biol*, 9(4), 328-338.
11. **Aouissi, H. A., Gasparini, J., Belabed, A. I., & Bouslama, Z. (2017).** Impact of greenspaces in city on avian species richness and abundance in Northern Africa. *Comptes Rendus Biologies*, 340(8), 394-400.
12. **Aouissi, H. A., Guerzou, M., Gaagai, A., & Ababsa, M. (2020).** Metropolization, urban growth and avian ecology in the city of annaba. *Algerian Journal of engineering architecture and urbanism*, 4(2), 212-223.
13. **Aronson, M. F., La Sorte, F. A., Nilon, C. H., Katti, M., Goddard, M. A., Lepczyk, C. A., Warren ,P. S.,Williams ,N.S.G.,Cilliers, S.,Clarkson, B; Dobbs, C., Dolan , R., Hedblom , M; Klotz , S; Kooijmans , J. L; Ku`hn, I; MacGregor-Fors, I; McDonnell , M., Mo`rtberg, U., Pysek,P ., Siebert S., Suchinsky, J., Werner, P.,& Winter ,M . (2014).** A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*, 281(1780), 20133330.
14. **Assandri, G., Giacomazzo, M., Brambilla, M., Griggio, M., & Pedrini, P. (2017).** Nest density, nest-site selection, and breeding success of birds in vineyards: management implications for conservation in a highly intensive farming system. *Biological Conservation*, 205, 23-33.
15. **Bakaloudis, D. E., Vlachos, C., Papageorgiou, N., & Holloway, G. J. (2001).** Nest-site habitat selected by Short-toed Eagles *Circaetus gallicus* in Dadia Forest (northeastern Greece). *Ibis*, 143(4), 391-401.
16. **Balbontín, J. (2005).** Identifying suitable habitat for dispersal in Bonelli's eagle: an important issue in halting its decline in Europe. *Biological Conservation*, 126(1), 74-83.
17. **Barbault, R. (2005).** Biodiversité, écologie et sociétés. *Écologie politique*, 30(1), 27-40.
18. **Barea, L. P. (2008).** Nest-site selection by the Painted Honeyeater (*Grantiella picta*), a mistletoe specialist. *Emu-Austral Ornithology*, 108(3), 213-220.

Références bibliographiques

19. **Barnagaud, J. Y., Barbaro, L., Papaix, J., Deconchat, M., & Brockerhoff, E. G. (2014).** Habitat filtering by landscape and local forest composition in native and exotic New Zealand birds. *Ecology*, 95(1), 78-87.
20. **Barros, F. M., Martello, F., Peres, C. A., Pizo, M. A., & Ribeiro, M. C. (2019).** Matrix type and landscape attributes modulate avian taxonomic and functional spillover across habitat boundaries in the Brazilian Atlantic Forest. *Oikos*, 128(11), 1600-1612.
21. **Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2014).** lme4: Linear mixed-effects models using S4 classes. R package version 1.1-7. URL <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>.
22. **Belabed, A., Draïdi, K., Djemadi, I., Zediri, H., Eraud, C., & Bouslama, Z. (2012).** Deux nouvelles espèces de tourterelles nicheuses *Streptopelia turtur arenicola* et *Streptopelia senegalensis phoenicophila* dans la ville d'Annaba (Nord-est algérien). *Alauda*, 80, 299-300.
23. **Belabed, A. I., Aouissi, H. A., Zediri, H., Djemadi, I., Driss, K., Houhamdi, M., Eraud, C. & Bouslama, Z. (2013).** L'effet de l'urbanisation sur le phénotype de la Tourterelle turque (*Streptopelia decaocto*) dans le Nord-Est algérien. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*, (35), 110-119.
24. **Belabed-Zediri, H., Belabed, A. I., & Bouslama, Z. (2020).** Etude comparative de l'écologie de la reproduction des rallidés entre milieu urbain et milieu naturel dans le nord-est Algérien. *Bull. Soc. Zool. Fr*, 145(4), 489-508.
25. **Belguedj, M. (2002).** Les Ressources génétiques du palmier dattier. Caractéristiques des cultivars de dattiers dans les palmeraies du sud-est algérien. 3D Dossiers - Documents - Débats. Inra Algérie. Revue annuelle n° 01, 289 p.
26. **Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W., & Courchamp, F. (2012).** Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology letters*, 15(4), 365-377.
27. **Bendjoudi, D., Voisin, J. F., Doumandji, S., Merabet, A., Benyounes, N., & Chenchouni, H. (2015).** Rapid increase in numbers and change of land-use in two expanding Columbidae species (*Columba palumbus* and *Streptopelia decaocto*) in Algeria. *Avian Research*, 6(1), 18.
28. **Benghedier, A., Ababsa, L., Benras, H., Sekour, M., Guezoul, O., Benhadjira, A., Korichi, A., & Raache, A. (2020).** Breeding ecology and the inter-specific

- relationships between the Collared-dove *Streptopelia decaocto*, Laughing Dove *Streptopelia senegalensis* and Turtle dove *Streptopelia turtur* in different habitats in the region of Ouargla (Northeast of Algerian Sahara). *International Journal*, 76(10/1).
29. **Bensaci, E., Saheb, M., Nouidjem, Y., Bouzegag, A., & Houhamdi, M. (2013).** Biodiversité de l'avifaune aquatique des zones humides sahariennes: cas de la dépression d'Oued Righ (Algérie). *Physio-Géo. Géographie physique et environnement*, (Volume 7), 211-222.
30. **Benziouche, S. E. (2016).** Les dattes biologiques comme outil de développement de la filière dattes dans la région des Ziban, Algérie. *Proceeding de Séminaire International, Gestion intégrée et durable des territoires oasiens. Morocco*, 1, 152-264.
31. **Bergier, P., Franchimont, J., & Thévenot, M. (1999).** Implantation et expansion géographique de deux espèces de Columbides au Maroc: la Tourterelle turque *Streptopelia decaocto* et la Tourterelle maillée *Streptopelia senegalensis*. *Alauda (Dijon)*, 67(1), 23-36.
32. **Berkunsky, I., Segura, L. N., Aramburú, R. M., Ruggera, R. A., Svagelj, W. S., & Reboreda, J. C. (2016).** Nest survival and predation in Blue-fronted Parrots *Amazona aestiva*: Effects of nesting behaviour and cavity characteristics. *Ardea*, 104(2), 143-151.
33. **Bibby, C. J., Burgess, N. D., Hill, D. A., & Mustoe, S. (2000).** *Bird census techniques*, 2nd edn Academic Press. San Diego, CA.
34. **Bird Life International. (2021).** IUCN red list for birds. <http://www.birdlife.org/>.
35. **Borgmann, K. L., & Conway, C. J. (2015).** The nest-concealment hypothesis: new insights from a comparative analysis. *The Wilson Journal of Ornithology*, 127(4), 646-660.
36. **Bougaham, A. F., & Moulai, R. (2013).** Première nidification de la Tourterelle turque *Streptopelia decaocto* (Aves, Columbidae) sur des édifices humains en Algérie. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, 35, 151-153.
37. **Bougherara, A., & Lacaze, B. (2009).** Etude Préliminaire Des Images Landsat Et Alsat Pour Le Suivi Des Mutations Agraires Des Zibans (extrême Nord-Est du Sahara algérien) DE 1973 à 2007. *Scientific Animation Days (JAS09) of AUF Algiers*, 6.

Références bibliographiques

38. **Zemmouri, N. (2008).** Biologie et Ecologie de la reproduction de la tourterelle des bois (*Streptopelia turtur arenicola* L.) dans l'Algérois et en Kabylie (Algérie) (Doctoral dissertation, INA). Thèse, Doctorat sciences, Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach, 134p.
39. **Boukhemza-zemmouri, N., Belhamra, M., Boukhemza, M., Doumandji, S., & Voisin, J. F. (2008).** Biologie de reproduction de la Tourterelle des bois *Streptopelia turtur arenicola* dans le Nord de l'Algérie. *Alauda* (Dijon), 76(3), 207-222.
40. **Boukhriss, J., & Selmi, S. (2009).** Nidification et succès reproducteur de la Tourterelle maillée *Streptopelia senegalensis* dans une oasis du Sud tunisien. *Alauda* (Dijon), 77(3), 187-192.
41. **Boukhriss, J., & Selmi, S. (2018).** Effects of temporal factors, nesting microhabitat and nest position on the survival of passerine nests in a Tunisian oasis habitat. *Ostrich*, 89(4), 321-328.
42. **Boukhriss, J., & Selmi, S. (2019).** Drivers of nest survival rate in a southern Tunisian population of Laughing Doves (*Spilopelia senegalensis*). *Avian Research*, 10, 1-6.
43. **Boutin, J. M. & Lutz, M. (2007)** .Management plan for turtle dove (*Streptopelia turtur*) 2007-2009. European Commission, Luxembourg.
44. **Bouvier, J. C., Ricci, B., Agerberg, J., & Lavigne, C. (2011).** Apple orchard pest control strategies affect bird communities in south eastern France. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 30(1), 212-219.
45. **Bowman, J., Forbes, G. J., & Dilworth, T. G. (2001).** The spatial component of variation in small-mammal abundance measured at three scales. *Canadian Journal of Zoology*, 79(1), 137-144.
46. **Bradley, J. E., & Marzluff, J. M. (2003).** Rodents as nest predators: influences on predatory behavior and consequences to nesting birds. *The Auk*, 120(4), 1180-1187.
47. **Brahmia ,H .(2017).** Ecologie de la reproduction de la Tourterelle maillée *Streptopelia senegalensis* dans la région de Guelma Nord-Est de l'Algérie. Thèse. Doctorat sciences, Biologie animale, Université, Badji Mokhtar , Annaba, 151p.
48. **Brahmia H., Zeraoula A., Bensouilah T., Bouslama Z. & Houhamdi M; 2015.**Breeding biology of sympatric Laugh ing *Streptopelia senegalensis* and

Références bibliographiques

- Turtle *Streptopelia turtur* Dove: a comparative study in northeast Algeria. Zool. Ecol. 25: 220–226.
49. **Brahmia, H., Zeraoula, A., Bensouilah, T., Bouslama, Z., & Houhamdi, M. (2015).** Breeding biology of sympatric Laughing *Streptopelia senegalensis* and Turtle *Streptopelia turtur* Dove: a comparative study in northeast Algeria. Zoology and ecology, 25(3), 220-226.
50. **Browne, S. J., & Aebischer, N. J. (2003).** Habitat use, foraging ecology and diet of Turtle Doves *Streptopelia turtur* in Britain. Ibis, 145(4), 572-582.
51. **Browne, S. J., & Aebischer, N. J. (2004).** Temporal changes in the breeding ecology of European Turtle Doves *Streptopelia turtur* in Britain, and implications for conservation. Ibis, 146(1), 125-137.
52. **Browne, S. J., Aebischer, N. J., & Crick, H. Q. (2005).** Breeding ecology of Turtle Doves *Streptopelia turtur* in Britain during the period 1941–2000: an analysis of BTO nest record cards. Bird Study, 52(1), 1-9.
53. **Bucher, E. H., & Aramburú, R. M. (2014).** Land-use changes and monk parakeet expansion in the Pampas grasslands of Argentina. Journal of Biogeography, 41(6), 1160-1170.
54. **Buckland, S. T. (2006).** Point-transect surveys for songbirds: robust methodologies. The Auk, 123(2), 345-357.
55. **Burhans, D. E., Dearborn, D., Thompson III, F. R., & Faaborg, J. (2002).** Factors affecting predation at songbird nests in old fields. The Journal of wildlife management, 240-249.
56. **Burnham, K. P., & Anderson, D. R. (2002).** edition 2. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach, 2nd Ed, Springer, Verlag, New York.
57. **Burr, P. C., Robinson, A. C., Larsen, R. T., Newman, R. A., & Ellis-Felege, S. N. (2017).** Sharp-tailed grouse nest survival and nest predator habitat use in North Dakota's Bakken oil field. PloS one, 12(1), e0170177.
58. **Van Buskirk, J. (2005).** Local and landscape influence on amphibian occurrence and abundance. Ecology, 86(7), 1936-1947.
59. **C.F.B. (2021).** Conservation des fortes du Biskra. Bilan annuelle de l'année 2021, 10 p.

Références bibliographiques

60. **Camacho-Cervantes, M., & Schondube, J. E. (2018).** Habitat use by the invasive exotic Eurasian Collared-Dove (*Streptopelia decaocto*) and native dove species in the Chamela-Cuixmala region of West Mexico. *The Wilson Journal of Ornithology*, 130(4), 902-907.
61. **Carrascal, L. M., & Palomino, D. (2008).** Las aves comunes reproductoras en España. Población en 2004-2006. *Seguimiento de Aves*, 19, 206.
62. **Céréghino, R., Biggs, J., Oertli, B., & Declerck, S. (2010).** The ecology of European ponds: defining the characteristics of a neglected freshwater habitat (pp. 1-6). Springer Netherlands.
63. **Chabour ,N.(2006).** hydrogéologie des domaines de transition entre l'atlas saharien et la plateforme saharienne à l'est de l'Algérie .Thèse, Doctorat d'Etat, géologie, Université Mentouri , Constantine.176p.
64. **Chamberlain, D. E., Fuller, R. J., Bunce, R. G., Duckworth, J. C., & Shrubbs, M. (2000).** Changes in the abundance of farmland birds in relation to the timing of agricultural intensification in England and Wales. *Journal of applied ecology*, 37(5), 771-788.
65. **Chebbah, M. (2007).** Lithostratigraphie, Sédimentologie et Modèles de Bassins des dépôts néogènes de la région de Biskra ,de part d'autre de l'Accident Sud Atlasique (Zibans ,Algérie). Thèse ,Doctorat , géologie , Université , Mohamed Khider ,Biskra,417p.
66. **Chedad, A. (2021).** Bio-écologie des espèces aviennes dans quelques écosystèmes sahariens (Ghardaïa) : Cas du Bruant du Sahara. Thèse, Doctorat, science biologique, Université, Kasdi Merbah, Ouargla, 164 p.
67. **Chenchouni, H. (2012).** Diversity assessment of vertebrate fauna in a wetland of hot hyperarid lands. *Arid Ecosystems*, 2(4), 253-263.
68. **Cherkaoui, I., Selmi, S., Boukhriss, J., Hamid, R. I., & Mohammed, D. (2009).** Factors affecting bird richness in a fragmented cork oak forest in Morocco. *Acta oecologica*, 35(2), 197-205.
69. **Chiatante, G., Porro, Z. E. N. O., & Meriggi, A. (2021).** The importance of riparian forests and tree plantations for the occurrence of the European Turtle Dove *Streptopelia turtur* in an intensively cultivated agroecosystem. *Bird Conservation International*, 31(4), 605-619.

70. Coombs, C. F. B., Isaacson, A. J., Murton, R. K., Thearle, R. J. P., & Westwood, N. J. (1981). Collared doves (*Streptopelia decaocto*) in urban habitats. *Journal of Applied Ecology*, 41-62.
71. Cresswell, W. (2011). Predation in bird populations. *Journal of Ornithology*, 152(Suppl 1), 251-263.
72. D.S.A, (2018). Bilan agricole annuel-Biskra (compagne 2017/2018) : Direction des Services Agricoles de la wilaya du Biskra. Algérie.
73. D.S.A, (2020). Bilan agricole annuel (compagne 2019/2020). Direction des services agricoles de la wilaya du Biskra. Algérie.
74. D.S.A, (2021). Bilan agricole annuel (compagne 2020/2021). Direction des services agricoles de la wilaya du Biskra. Algérie.
75. Dajoz, R. (1971). Précis d'écologie. Éd, Dunod, Paris ,434p.
76. Danielsen, F., Jensen, P. M., Burgess, N. D., Altamirano, R., Alviola, P. A., Andrianandrasana, H., Brashares, J.S; Burton, A,C; Coronado, I ; Corpuz ,N; Enghoff , M; Fjeldså, J; Funde, M; Holt, S; Hübertz, H; Jensen, A.E; Lewis, R ; Massao, J ; Mendoza, M.M ; Ngaga, Y ; Pipper, C.B ; Poulsen, M.K ; Rueda, R.M ; Sam, M.K ; Skielboe, T ; Sørensen, M ; & Young, R. (2014). A multicountry assessment of tropical resource monitoring by local communities. *BioScience*, 64(3), 236-251.
77. Darkoh, M. B. K. (2003). Regional perspectives on agriculture and biodiversity in the drylands of Africa. *Journal of Arid Environments*, 54(2), 261-279.
78. De Buruaga, M. S., Onrubia, A., Fernández-García, J. M., Campos, M. Á., Canales, F., & Unamuno, J. M. (2013). Breeding habitat use and conservation status of the turtle dove *Streptopelia turtur* in Northern Spain. *Ardeola*, 59(2), 291-300.
79. Dechaicha, A., & Alkama, D. (2020). Détection du changement de l'étalement urbain au Bas-Sahara algérien: apport de la télédétection spatiale et des SIG. Cas de la ville de Biskra (Algérie). *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, (222), 43-51.
80. del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D. A., & de Juana, E. (2014). *Handbook of the Birds of the World Alive* (Vol. 7). Lynx Edicions.

Références bibliographiques

81. **Diab, N. (2015).** Étude de la biodiversité des arthropodes et des plantes spontanées dans l'agro-écosystème oasien. Mémoire, Magistère, Sciences agronomiques, Université Mohamed Khider-Biskra, 94p.
82. **Dias, S., Moreira, F., Beja, P., Carvalho, M., Gordinho, L., Reino, L., Oliveira V., & Rego, F. (2013).** Landscape effects on large scale abundance patterns of turtle doves *Streptopelia turtur* in Portugal. *European Journal of Wildlife Research*, 59, 531-541.
83. **Dorst, J. (1962).** La vie des oiseaux. Ed, Bordas, Paris, coll. La Grande Encyclopédie de la nature, T.1. Vol. 11,380 p.
84. **Dreux, P. H. (1980).** Précis d'écologie. Ed. Presses universitaires, Paris, 231 p.
85. **Duarte J. & Vargas J.M; 2001.** Survey methods for red-legged partridges (*Alectoris rufa*) in olive groves in southern Spain. *Game Wildl. Sci.* 18: 141–156.
86. **Dubost, D., & Larbi-Youcef, Y. (1998).** Mutations agricoles dans les oasis algériennes: l'exemple des Ziban. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 9(2), 103-110.
87. **Duflot, R., Ernoult, A., Aviron, S., Fahrig, L., & Burel, F. (2017).** Relative effects of landscape composition and configuration on multi-habitat gamma diversity in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 241, 62-69.
88. **Dunn, J. C., Stockdale, J. E., Moorhouse, O; McCubbin, A; Hipperson, H; Morris, A.J ;Grice, P; & Symondson, W.O.C. (2018).** The decline of the Turtle Dove: Dietary associations with body condition and competition with other columbids analysed using high-throughput sequencing. *Molecular Ecology*, 27(16), 3386-3407.
89. **Dunn, J. C., Hamer, K. C., & Benton, T. G. (2010).** Fear for the family has negative consequences: indirect effects of nest predators on chick growth in a farmland bird. *Journal of Applied Ecology*, 47(5), 994-1002.
90. **Duron, Q., Bourguet, E., De Meringo, H., Millon, A., & Vidal, E. (2017).** Invasive rats strengthen predation pressure on bird eggs in a South Pacific island rainforest. *Current zoology*, 63(6), 583-590.
91. **Eraud, C., Boutin, J. M., Roux, D., & Faivre, B. (2007).** Spatial dynamics of an invasive bird species assessed using robust design occupancy analysis: the case of

Références bibliographiques

- the Eurasian collared dove (*Streptopelia decaocto*) in France. *Journal of Biogeography*, 34(6), 1077-1086.
- 92. Evans, K. L., Chamberlain, D. E., Hatchwell, B. J., Gregory, R. D., & Gaston, K. J. (2011).** What makes an urban bird?. *Global Change Biology*, 17(1), 32-44.
- 93. Evans, K. L., Newson, S. E., & Gaston, K. J. (2009).** Habitat influences on urban avian assemblages. *Ibis*, 151(1), 19-39.
- 94. Evans, K. L., Rodrigues, A. S., Chown, S. L., & Gaston, K. J. (2006).** Protected areas and regional avian species richness in South Africa. *Biology letters*, 2(2), 184-188.
- 95. FACHI, M. (2021).** Impacts du changement climatique sur le cycle phénologique du palmier dattier (Cas de Deglet Nour aux Ziban). Thèse , Doctorat , science agronomique, Université Mohamed Khider, Biskra. 195p.
- 96. Fahrig, L. (2003).** Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 34(1), 487-515.
- 97. Farhi, A. (2001).** Macrocéphalie et pôles d'équilibre: la wilaya de Biskra. *Espace géographique*, 3, 245-255.
- 98. Farhi, A. (2002).** Biskra: de l'oasis à la ville saharienne (Note). *Méditerranée*, 99(3), 77-82.
- 99. Farhi, Y., & Belhamra, M. (2012).** Typologie et structure de l'avifaune des Ziban (Biskra, Algérie). *Courrier de Savoir*. 13 :127-136.
- 100. Felliachi, S. (2005).** Transformation des produits du palmier dattier : potentiel et atouts, problématique, opportunités, thématique. Journée d'étude sur la transformation des produits du palmier dattier. Biskra, 6 – 7 Décembre 2005, ITDAS, Biskra, 3 – 8.
- 101. Fischer, J. D., Schneider, S. C., Ahlers, A. A., & Miller, J. R. (2015).** Categorizing wildlife responses to urbanization and conservation implications of terminology. *Conservation Biology*, 29(4), 1246-1248.
- 102. Fisher, I., Ashpole, J., Scallan, D., Proud, T. & Carboneras .(2018).** International Single Species Action Plan for the conservation of the European Turtle-dove *Streptopelia turtur* (2018 to 2028). European Commission Technical Report.
- 103. Fujisaki, I., Pearlstine, E. V., & Mazzotti, F. J. (2010).** The rapid spread of invasive Eurasian Collared Doves *Streptopelia decaocto* in the continental USA follows human-altered habitats. *Ibis*, 152(3), 622-632.

Références bibliographiques

104. Fuller, A. K., Spohr, S. M., Harrison, D. J., & Servello, F. A. (2013). Nest survival of wild turkeys *Meleagris gallopavo silvestris* in a mixed-use landscape: influences at nest-site and patch scales. *Wildlife Biology*, 19(2), 138-146.
105. Gaertner, M., Wilson, J. R., Cadotte, M. W., MacIvor, J. S., Zenni, R. D., & Richardson, D. M. (2017). Non-native species in urban environments: patterns, processes, impacts and challenges. *Biological Invasions*, 19, 3461-3469.
106. Garaffa, P. I., Filloy, J., & Bellocq, M. I. (2009). Bird community responses along urban–rural gradients: does the size of the urbanized area matter?. *Landscape and urban planning*, 90(1-2), 33-41.
107. Ghosh-Harihar, M., An, R., Athreya, R., Borthakur, U., Chanchani, P., Chetry, D., Datta, A., Harihar, A., Karanth, K.K., Mariyam, D., Mohan, D., Onial, M., Ramakrishnan, U., Robin, V., Saxena, A., Shahabuddin, G., Thatte, P., Vijay, V., Wacker, K., Mathur, V. B., & Price, T. D. (2019). Protected areas and biodiversity conservation in India. *Biological Conservation*, 237, 114-124.
108. Gianpasquale, C., & Alberto, M. (2019). The occurrence and density of three sympatric corvids in a Mediterranean agroecosystem explained by land use. *Journal of Ornithology*, 160, 1133-1150.
109. Gianpasquale, C., & Merrigi, A. (2019). The occurrence and density of three sympatric corvids in a Mediterranean agro ecosystem explained by land use. *J Ornithol* 162:1–18.
110. Gibbs, H. K., Ruesch, A. S., Achard, F., Clayton, M. K., Holmgren, P., Ramankutty, N., & Foley, J. A. (2010). Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(38), 16732-16737.
111. Giese, J.C. (2016). Factors influencing nest survival of whitetipped doves in the Lower Rio Grande Valley, Texas. M.S. thesis, Tarleton State University, Stephenville, Texas.
112. Gjerdrum, C., Elphick, C. S., & Rubega, M. (2005). Nest site selection and nesting success in saltmarsh breeding sparrows: the importance of nest habitat, timing, and study site differences. *The Condor*, 107(4), 849-862.
113. Goller, B., Blackwell, B. F., DeVault, T. L., Baumhardt, P. E., & Fernández-Juricic, E. (2018). Assessing bird avoidance of high-contrast lights using a choice

Références bibliographiques

- test approach: implications for reducing human-induced avian mortality. *PeerJ*, 6, e5404.
- 114. Grant, P. R., Grant, B. R., Petren, K., & Keller, L. F. (2005).** Extinction behind our backs: the possible fate of one of the Darwin's finch species on Isla Floreana, Galápagos. *Biological Conservation*, 122(3), 499-503.
- 115. Guan, H., Wen, Y., Wang, P., Lv, L., Xu, J., & Li, J. (2018).** Seasonal increase of nest height of the Silver-throated Tit (*Aegithalos glaucogularis*): can it reduce predation risk? *Avian Research*, 9(1), 1-8.
- 116. Guezoul, O. (2011).** Importance des dégâts du Moineau hybride dans différentes régions agricoles d'Algérie. Thèse, Doctorat, Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure Agronomique –El Harrach, 285 p.
- 117. Guezoul O., Chenchouni H., Sekour M., Ababsa L., Souttou K. & Doumandji S** An avifaunal survey of mesic manmade “Oases” in algerian hot-hyperarid lands. *Saudi J. Niol. Sci.* 20: 37–43.
- 118. Guezoul, O., Chenchouni, H., Sekour, M., Ababsa, L., Souttou, K., & Doumandji, S. (2013).** An avifaunal survey of mesic manmade ecosystems “Oases” in Algerian hot-hyperarid lands. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 20(1), 37-43.
- 119. Gutiérrez-Galán, A., & Alonso, C. (2016).** European Turtle Dove *Streptopelia turtur* diet composition in Southern Spain: the role of wild seeds in Mediterranean forest areas. *Bird study*, 63(4), 490-499.
- 120. Halilat, M. T. (1998).** Etude expérimentale de sable additionné d'argile. Comportement physique et organisation en conditions salines et sodiques. Thèse, Doctorat, INA Paris. France. 229 p.
- 121. Hanane, S., & Maghnouj, M. (2005).** Biologie de reproduction de la Tourterelle des bois *Streptopelia turtur* dans le périmètre irrigué du Haouz (Marrakech-Maroc). *Alauda (Dijon)*, 73(3), 183-194.
- 122. Hanane, S., & Baamal, L. (2011).** Are Moroccan fruit orchards suitable breeding habitats for Turtle Doves *Streptopelia turtur*?. *Bird Study*, 58(1), 57-67.
- 123. Hanane, S., Bergier, P., & Thevenot, M. (2011).** La reproduction de la tourterelle maillée *Streptopelia senegalensis* dans la plaine du Tadla (Maroc central): analyse comparée avec la tourterelle des bois *Streptopelia turtur*. *Alauda (Dijon)*, 79(1), 17-28.

Références bibliographiques

- 124.Hanane, S. (2012).** Do age and type of plantings affect turtle dove *Streptopelia turtur* nest placement in olive agro-ecosystems?. *Ethology Ecology & Evolution*, 24(3), 284-293.
- 125.Hanane, S., Besnard, A., & Aafi, A. (2012).** Factors affecting reproduction of Woodpigeons *Columba palumbus* in North African forests: 1. Nest habitat selection. *Bird Study*, 59(4), 463-473.
- 126.Hanane, S., & Besnard, A. (2013).** Nest survival of Woodpigeons (*Columba palumbus*) in North African forests. *Bird Study*, 60(2), 202-210.
- 127.Hanane, S. (2015).** Nest-niche differentiation in two sympatric *Streptopelia* species from a North African agricultural area: the role of human presence. *Ecological Research*, 30(4), 573-580.
- 128.Hanane, S. (2016 a).** Effects of orchard type and breeding period on Turtle Dove nest density in irrigated Agroecosystems. *Bird Study*, 63(1), 141-145.
- 129.Hanane, S. (2016 b).** Effects of location, orchard type, laying period and nest position on the reproductive performance of Turtle Doves (*Streptopelia turtur*) on intensively cultivated farmland. *Avian Research*, 7, 1-11.
- 130.Hanane, S. (2017).** The European turtle-dove *Streptopelia turtur* in Northwest Africa: a review of current knowledge and priorities for future research. *Ardeola*, 64(2), 273-287.
- 131.Hanane, S., & Yassin, M. (2017).** Nest-niche differentiation in two sympatric columbid species from a Mediterranean *Tetraclinis* woodland: considerations for forest management. *Acta Oecologica*, 78, 47-52.
- 132.Hanane, S. (2018).** Multi-scale turtle dove nest habitat selection in a Mediterranean agroforestry landscape: implications for the conservation of a vulnerable species. *European Journal of Wildlife Research*, 64(4), 45.
- 133.Hanane, S. (2019).** Discriminating between nesting and non-nesting habitat in a vulnerable bird species: implications for behavioural ecology. *European Journal of Ecology*, 5(1), 15-22.
- 134.Hanane, S., Cherkaoui, S. I., Magri, N., & Yassin, M. (2019).** Bird species richness in artificial plantations and natural forests in a North African agroforestry system: assessment and implications. *Agroforestry Systems*, 93(5), 1755-1764.
- 135.Harrington, R., Anton, C., Dawson, T. P., De Bello, F., Feld, C. K., & Haslett, J. R. ., Kluv ankova-Oravsk a. T., Kontogianni, A., Lavorel, S., Luck, GW,**

- Rounsevell, MDA, Samways, MJ, Settele, J., Skourtos, M., Spangenberg, JH, Vandewalle, M., Zobel, M. & Harrison.(2010). Ecosystem services and biodiversity conservation: concepts and a glossary. *Biodivers. Conserv.* 19, 2773–2790.
- 136.Heim De Balsac, H., & Mayaud, N. (1962). Les oiseaux du nord ouest de l'Afrique: distribution géographique, écologie, migration, reproduction. Ed. Le Chevalier, Paris. 606 p.
- 137.Hengeveld, R. (1988). Mechanisms of biological invasions. *Journal of Biogeography*, 819-828.
- 138.Hnnachi, S., & Belkhairi M. (1994). Les Ziban : dynamique et diversité. Thèse DEA. Institut, supérieur, agronomie, Université, Kasdi Merbah, Ouargla, 43 p.
- 139.Huhta, E., Aho, T., Jäntti, A., Suorsa, P., Kuitunen, M., Nikula, A., & Hakkarainen, H. (2004). Forest fragmentation increases nest predation in the Eurasian treecreeper. *Conservation Biology*, 18(1), 148-155.
- 140.Isenmann, P., & Moali A. (2000). Les Oiseaux d'Algérie. [Birds of Algeria.]. Société d'Etude Ornithologiques de France, Paris, 336 p.
- 141.Mansouri, I., Squalli, W., Achiban, H., Mounir, M., El Ghadraoui, L., & Dakki, M. (2022). Segregation of breeding habitats and feeding resources among five north African game species in Midelt province, Morocco. *Biologia*, 77(1), 137-148.
- 142.Jedlikowski, J., Chibowski, P., Karasek, T., & Brambilla, M. (2016). Multi-scale habitat selection in highly territorial bird species: exploring the contribution of nest, territory and landscape levels to site choice in breeding rallids (Aves: Rallidae). *Acta Oecologica*, 73, 10-20.
- 143.Kafi, F., Hanane, S., Bensouilah, T., Zeraoula, A., Brahmia, H., & Houhamdi, M. (2015). Les facteurs déterminant la réussite de la reproduction des tourterelles des bois (*Streptopelia turtur*) dans un milieu agricole Nord-Africain. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 70(3), 271-279.
- 144.Karp, D. S., Rominger, A. J., Zook, J., Ranganathan, J., Ehrlich, P. R., & Daily, G. C. (2012). Intensive agriculture erodes β -diversity at large scales. *Ecology letters*, 15(9), 963-970.

145. Karp, D. S., Rominger, A. J., Zook, J., Ranganathan, J., Ehrlich, P. R., & Daily, G. C. (2012). Intensive agriculture erodes β -diversity at large scales. *Ecology letters*, 15(9), 963-970.
146. Katayama, N. (2016). Bird diversity and abundance in organic and conventional apple orchards in northern Japan. *Scientific Reports*, 6(1), 1-7.
147. Khoury, F., & Al-Shamlih, M. (2006). The impact of intensive agriculture on the bird community of a sand dune desert. *Journal of arid environments*, 64(3), 448-459.
148. Khoury, F., Janaydeh, M., & Al-Hmoud, A. R. (2009). Nest placement and nesting success in two finch species colonizing a recently established plantation in an arid region. *Journal of Ornithology*, 150, 29-37.
149. Knutson, M. G., Sauer, J. R., Olsen, D. A., Mossman, M. J., Hemesath, L. M., & Lannoo, M. J. (1999). Effects of landscape composition and wetland fragmentation on frog and toad abundance and species richness in Iowa and Wisconsin, USA. *Conservation Biology*, 13(6), 1437-1446.
150. Kumar, R., Shahabuddin, G., & Kumar, A. (2011). How good are managed forests at conserving native woodpecker communities? A study in sub-Himalayan dipterocarp forests of northwest India. *Biological Conservation*, 144(6), 1876-1884.
151. Kumordzi, B. B., de Bello, F., Freschet, G. T., Le Bagousse-Pinguet, Y., Lepš, J., & Wardle, D. A. (2015). Linkage of plant trait space to successional age and species richness in boreal forest understorey vegetation. *Journal of ecology*, 103(6), 1610-1620.
152. La Morgia, V., Malenotti, E., Badino, G., & Bona, F. (2011). Where do we go from here? Dispersal simulations shed light on the role of landscape structure in determining animal redistribution after reintroduction. *Landscape Ecology*, 26, 969-981.
153. Lalouani, S., & Alkama, D. (2013). The Requalification of the Palm Trees of Ziban as a Tool for Sustainable Planning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 102, 508-519.
154. Larivière, S., & Calzada, J. (2001). *Genetta genetta*. Mammalian species, 2001(680), 1-6.

155. Chiheb, L., Ettayib, B., Yassine, N., & Ramzi, H. (2021). Spatio-temporal variation patterns of bird community in the Oasis ecosystem of the North of Algerian Sahara. *Journal of Bioresource Management*, 8(1), 2.
156. LeBrun, J. J., Thogmartin, W. E., Thompson III, F. R., Dijak, W. D., & Millspaugh, J. J. (2016). Assessing the sensitivity of avian species abundance to land cover and climate. *Ecosphere*, 7(6), e01359.
157. Ledant, J. P., Jacobs J-P., Jacobs P., Malher F., Ochando B. & Roché J. (1981). Mise à jour de l'avifaune algérienne. *Gerflaut*, 71, 295-398.
158. Lepczyk, C. A., Flather, C. H., Radeloff, V. C., Pidgeon, A. M., Hammer, R. B., & Liu, J. (2008). Human impacts on regional avian diversity and abundance. *Conservation biology*, 22(2), 405-416.
159. Lima, S. L. (2009). Predators and the breeding bird: behavioral and reproductive flexibility under the risk of predation. *Biological reviews*, 84(3), 485-513.
160. Lofts, B., & Murton, R.K. (1973). Reproduction in birds. In: Farner D.S., King J.R., Parkes K.C. (eds) *Avian biology*. Academic Press, London, 1–107.
161. Lowe, A., Rogers, A. C., & Durrant, K. L. (2014). Effect of human disturbance on long-term habitat use and breeding success of the European Nightjar, *Caprimulgus europaeus*. *Avian Conservation & Ecology*, 9(2).
162. Luna, Á., Romero-Vidal, P., Hiraldo, F., & Tella, J. L. (2018). Cities favour the recent establishment and current spread of the Eurasian collared dove *Streptopelia decaocto* (Frisvaldszky, 1838) in Dominican Republic.
163. Lustig, A., Stouffer, D. B., Doscher, C., & Worner, S. P. (2017). Landscape metrics as a framework to measure the effect of landscape structure on the spread of invasive insect species. *Landscape Ecology*, 32, 2311-2325.
164. MacArthur, R. H., & Wilson, E. O. (1967). *The theory of island biogeography*. Princeton University Press.
165. Mahimoud, A., & Zerouala, M. (2010). l'impact des formes urbaines nouvelles sur le microclimat d'une ville appartenant au milieu aride–cas de la zhun ouest a Biskra–. *Sciences & Technologie. Sciences de la terre*, 81-88.
166. Manolis, J. C., Andersen, D. E., & Cuthbert, F. J. (2000). Uncertain nest fates in songbird studies and variation in Mayfield estimation. *The Auk*, 117(3), 615-626.
167. Mansouri, I., Ousaaid, D., Squalli, W., Sqalli, H., El Ghadraoui, L., & Dakki, M. (2020). The turtle dove (*Streptopelia turtur*) in Midelt plain, Morocco: nesting

- preferences and breeding success versus the impact of predation and agricultural practices. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 8(3), 206-214.
- 168.Mansouri, I., Squalli, W., El Agy, A., Ben Hichou, B., El Hassani, A., El Ghadraoui, L., & Dakki, M. (2021).** Avifauna diversity in the gate between humid atlas and saharan desert: Midelt province, Morocco. *International Journal of Zoology*, 2021, 1-10.
- 169.Mantyka-pringle, C. S., Martin, T. G., & Rhodes, J. R. (2012).** Interactions between climate and habitat loss effects on biodiversity: a systematic review and meta-analysis. *Global Change Biology*, 18(4), 1239-1252.
- 170.Mao, Q., Liao, C., Wu, Z., Guan, W., Yang, W., Tang, Y., & Wu, G. (2019).** Effects of land cover pattern along urban-rural gradient on bird diversity in wetlands. *Diversity*, 11(6), 86.
- 171.Marques, N. C., Machado, R. B., Aguiar, L. M., Mendonça-Galvão, L., Tidon, R., Vieira, E. M. E. M., Marini-Filho OJ., & Bustamante, M. (2022).** Drivers of change in tropical protected areas: Long-term monitoring of a Brazilian biodiversity hotspot. *Perspectives in Ecology and Conservation*.
- 172.Martin, J. L., Thibault, J. C., & Bretagnolle, V. (2000 a).** Black rats, island characteristics, and colonial nesting birds in the Mediterranean: consequences of an ancient introduction. *Conservation Biology*, 14(5), 1452-1466.
- 173.Martin, T. E., Scott, J., & Menge, C. (2000 b).** Nest predation increases with parental activity: separating nest site and parental activity effects. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 267(1459), 2287-2293.
- 174.Matthews, S. N., Iverson, L. R., Peters, M. P., Prasad, A. M., & Subburayalu, S. (2014).** Assessing and comparing risk to climate changes among forested locations: implications for ecosystem services. *Landscape ecology*, 29, 213-228.
- 175.Max Smith, D. M., Finch, D. M., & Hawksworth, D. L. (2012).** Nesting characteristics of mourning doves in central New Mexico: response to riparian forest change. *The Journal of Wildlife Management*, 76(2), 382-390.
- 176.McKinney, M. L. (2002).** Urbanization, Biodiversity, and ConservationThe impacts of urbanization on native species are poorly studied, but educating a highly urbanized human population about these impacts can greatly improve species conservation in all ecosystems. *Bioscience*, 52(10), 883-890.

Références bibliographiques

177. **MEA. (2005)** .Millennium Ecosystem Assessment 2005. Ecosystems and human wellbeing: synthesis. Island Press.
178. **Mehani M. (2009)**. Recherche sur la situation biologique des populations de tourterelles (*Streptopelia turtur*, *S. senegalensis*, *S. decaocto*) en place du cycle reproduction dans les palmeraies de Sidi Khaled. Mémoire. Ingénieur, Université, Mohmed hider, Biskra., 64p.
179. **Miller, M. R., Stemler, C. L., Yee, J. L., & Blankenship, D. S. (2010)**. Season, weather, and habitat effects on mourning dove nest density. *Northwestern Naturalist*, 91(2), 183-197.
180. **Moreira, F., & Russo, D. (2007)**. Modelling the impact of agricultural abandonment and wildfires on vertebrate diversity in Mediterranean Europe. *Landscape ecology*, 22, 1461-1476.
181. **Ogendi, G. M., & Ondieki, R. N. (2020)**. Avian and Habitat Diversity in the Semi-Arid Lands of Baringo South, Kenya. *Open Journal of Ecology*, 10(08), 518.
182. **Morton, M. L., Sockman, K. W., & Peterson, L. E. (1993)**. Nest predation in the Mountain White-crowned Sparrow. *The Condor*, 95(1), 72-82.
183. **Myczko, L., Rosin, Z. M., Skorka, P., Wylegala, P., Tobolka, M., Fliszkiewicz, M., & Tryjanowski, P. (2013)**. Effects of management intensity and orchard features on bird communities in winter. *Ecological Research*, 28, 503-512.
184. **Nankinov, D. (1994)**. The breeding biology of the Turtle Dove (*Streptopelia turtur*) in Bulgaria. *Gibier faune sauvage*, 11(JUN), 155-165.
185. **Natuhara, Y., & Imai, C. (1996)**. Spatial structure of avifauna along urban-rural gradients. *Ecological Research*, 11(1), 1-9.
186. **Newmark, W. D., & Stanley, T. R. (2011)**. Habitat fragmentation reduces nest survival in an Afrotropical bird community in a biodiversity hotspot. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(28), 11488-11493.
187. **Nouidjem, Y., Mimeche, F., Bensaci, E., Merouani, S., Arar, A., & Saheb, M. (2019)**. Check list of waterbirds at Wadi Djedi in Ziban Oasis-Algeria. *Arxius de Miscel·lània Zoològica*, 17, 34-43.
188. **O.N.M. (2019)**. Données météorologiques des années 2000–2019 de Biskra. Ed. Office National de la Météorologie ,15p.

189. O'Reilly-Nugent, A., Palit, R., Lopez-Aldana, A., Medina-Romero, M., Wandrag, E., & Duncan, R. P. (2016). Landscape effects on the spread of invasive species. *Current Landscape Ecology Reports*, 1, 107-114.
190. Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., O'Hara, R.B., Simpson, G. L., & Wagner, H. (2015). *Vegan: Community Ecology Package* (Version 2.3-0). Retrieved from <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf>
191. Ortega-Álvarez, R., & MacGregor-Fors, I. (2009). Living in the big city: Effects of urban land-use on bird community structure, diversity, and composition. *Landscape and urban planning*, 90(3-4), 189-195.
192. Panzacchi, M., Linnell, J. D., Melis, C., Odden, M., Odden, J., Gorini, L., & Andersen, R. (2010). Effect of land-use on small mammal abundance and diversity in a forest–farmland mosaic landscape in south-eastern Norway. *Forest Ecology and Management*, 259(8), 1536-1545.
193. Peach, W. J., Hanmer, D. B., & Oatley, T. B. (2001). Do southern African songbirds live longer than their European counterparts?. *Oikos*, 93(2), 235-249.
194. Pearse, A. T., Cavitt, J. F., & Cully, J. F. (2004). Effects of food supplementation on female nest attentiveness and incubation mate feeding in two sympatric wren species. *The Wilson Bulletin*, 116(1), 23-30.
195. Peiro, V. (1990). Aspectos de la reproducción de la tórtola común (*Streptopelia turtur*, L.) en Madrid. *Mediterránea. Serie de Estudios Biológicos*, N. 12 (mayo 1990); pp. 89-95.
196. Polak, M. (2016). Nest survival patterns in Eurasian Bittern: effect of nest age, time and habitat variables. *PeerJ*, 4, e2047.
197. Prodon, R., & Lebreton, J. D. (1981). Breeding avifauna of a Mediterranean succession: the holm oak and cork oak series in the eastern Pyrenees, 1. Analysis and modelling of the structure gradient. *oikos*, 21-38.
198. Quinn, G. P., & Keough, M. J. (2002). *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge university press.
199. R Development Core Team. (2018). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <https://www.R-project.org>.
200. Ramade, F. (1984). *Ecologie fondamentale*. Ed. Mac Graw Hill, Paris, 362p.

Références bibliographiques

201. Reino, L., Beja, P., Osborne, P. E., Morgado, R., Fabião, A., & Rotenberry, J. T. (2009). Distance to edges, edge contrast and landscape fragmentation: interactions affecting farmland birds around forest plantations. *Biological Conservation*, 142(4), 824-838.
202. REMEŠ, V. (2005). Birds and rodents destroy different nests: a study of Blackcap *Sylvia atricapilla* using the removal of nest concealment. *Ibis*, 147(1), 213-216.
203. Roshier, D. A., Whetton, P. H., Allan, R. J., & Robertson, A. I. (2001). Distribution and persistence of temporary wetland habitats in arid Australia in relation to climate. *Austral Ecology*, 26(4), 371-384.
204. Rotella, J. J., Dinsmore, S. J., & Shaffer, T. L. (2004). Modeling nest-survival data: a comparison of recently developed methods that can be implemented in MARK and SAS. *Animal biodiversity and Conservation*, 27(1), 187-205.
205. Sadoti, G. (2008). Nest-site selection by Common Black-Hawks in southwestern New Mexico. *Journal of Field Ornithology*, 79(1), 11-19.
206. Sana, A. (2003). Inventaire des adventices des cultures dans la région de Biskra. Ed. S.R.P.V / I.N.P.V. 27 p.
207. Santos, T., Tellería, J. L., & Carbonell, R. (2002). Bird conservation in fragmented Mediterranean forests of Spain: effects of geographical location, habitat and landscape degradation. *Biological Conservation*, 105(1), 113-125.
208. Saunders, D.A., Hobbs, R.J. & Margules, C.R. (1991). Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Cons Biol*.33: 18-32.
209. Schaefer, T. (2004). Video monitoring of shrub-nests reveals nest predators. *Bird Study*, 51(2), 170-177.
210. Scheidt, S. N., & Hurlbert, A. H. (2014). Range expansion and population dynamics of an invasive species: The eurasian collared-dove (*Streptopelia decaocto*). *PloS one*, 9(10), e111510.
211. Segura, L. N., & Reboreda, J. C. (2012). Nest survival rates of Red-crested Cardinals increase with nest age in south-temperate forests of Argentina. *Journal of Field Ornithology*, 83(4), 343-350.
212. Seibold, S., Hempel, A., Piehl, S., Bässler, C., Brandl, R., Rösner, S., & Müller, J. (2013). Forest vegetation structure has more influence on predation risk of artificial ground nests than human activities. *Basic and Applied Ecology*, 14(8), 687-693.

Références bibliographiques

213. Sellami M, (2009) . Écologie de quatre (04) espèces de Colombidés (*Columba palumbus*, *Streptopelia turtur*, *Streptopelia decaocto*, *Streptopelia senegalensis*) dans trois (03) biotopes de la région algéroise. Mémoire. Magister en Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure Agronomique –El Harrach, 99p.
214. Selmi, S. (2000). Données nouvelles sur les avifaunes des oasis du sud tunisien. *Alauda* (Dijon), 68(3), 201-212.
215. Selmi, S., Boulinier, T., & Barbault, R. (2002). Richness and composition of oasis bird communities: spatial issues and species–area relationships. *The Auk*, 119(2), 533-539.
216. Selmi, S. (2004). Nidification et succès reproducteur du Merle noir *Turdus merula* dans les oasis du sud Tunisien. *Alauda* (Dijon), 72(1), 23-31.
217. Seltzer, P. (1946) .Climat de l'Algérie .Ed .Institut nat.météo, Phys, globe de l'Algérie. Alger.219p.
218. Shaffer, T. L. (2004). A unified approach to analyzing nest success. *The Auk*, 121(2), 526-540.
219. Sharma, K., Acharya, B. K., Sharma, G., Valente, D., Pasimeni, M. R., Petrosillo, I., & Selvan, T. (2020). Land use effect on butterfly alpha and beta diversity in the Eastern Himalaya, India. *Ecological Indicators*, 110, 105605.
220. Sheridan, E., Randolet, J., DeVault, T. L., Seamans, T. W., Blackwell, B. F., & Fernández-Juricic, E. (2015). The effects of radar on avian behavior: implications for wildlife management at airports. *Applied Animal Behaviour Science*, 171, 241-252.
221. Sherry, T. W., Wilson, S., Hunter, S., & Holmes, R. T. (2015). Impacts of nest predators and weather on reproductive success and population limitation in a long-distance migratory songbird. *Journal of avian biology*, 46(6), 559-569.
222. Silvergieter, M. P., & Lank, D. B. (2011). Marbled murrelets select distinctive nest trees within old-growth forest patches. *Avian Conservation and Ecology*, 6(2), 1-13.
223. Smith, P. A., & Wilson, S. (2010). Intra-seasonal patterns in shorebird nest survival are related to nest age and defence behaviour. *Oecologia*, 163, 613-624.
224. Sokal, R. R., Rohlf, F. J., & Rohlf, F. J. (1981). *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research*. New York: Freeman and Company.

225. Sol, D., González-Lagos, C., Moreira, D., Maspons, J., & Lapiedra, O. (2014). Urbanisation tolerance and the loss of avian diversity. *Ecology letters*, 17(8), 942-950.
226. Sperry, J. H., Barron, D. G., & Weatherhead, P. J. (2012). Snake behavior and seasonal variation in nest survival of northern cardinals *Cardinalis cardinalis*. *Journal of Avian Biology*, 43(6), 496-502.
227. Sperry, J. H., Peak, R. G., Cimprich, D. A., & Weatherhead, P. J. (2008). Snake activity affects seasonal variation in nest predation risk for birds. *Journal of Avian Biology*, 39(4), 379-383.
228. Squalli, W., Mansouri, I., El Hassani, A., El Agy, A., Assouguem, A., Slimani, C., Fadil, F., & Dakki, M. (2021). Macro-habitat, micro-habitat segregation and breeding success of the 'vulnerable' native European turtle dove and the 'invasive' Eurasian collared dove from a North African agricultural area. *Biologia*, 76(12), 3743-3750.
229. Stewart, P. (1968) . Quotient pluvio-thermique et dégradation biosphérique : quelques réflexions. *Bull. de la Soc. Hist. Nat. d'Afr. du Nord, Alger.* 59 (23-36).
230. Stillman, A. N., Siegel, R. B., Wilkerson, R. L., Johnson, M., Howell, C. A., & Tingley, M. W. (2019). Nest site selection and nest survival of Black-backed Woodpeckers after wildfire. *The Condor*, 121(3), duz039.
231. Taberner, A., Tamarit, R., & Gil-Delgado, J. A. (2012). Position of blackbird (*Turdus merula*) nests in orange trees. *Avian Biology Research*, 5(4), 193-197.
232. Tabib R., 2009- Etude de la biologie de reproduction de Turdidés nicheurs (Merle noir *Turdus merula* Linné, 1758 et Acrobate roux *Cercotrichos galactotes* Temminck, 1820) dans les oasis de Biskra. Mémoire, Magister, Agronomie, Université, Mohamed Khider, 80p.
233. Thies, C., Haenke, S., Scherber, C., Bengtsson, J., Bommarco, R., Clement, L. W., Ceryngier P, Dennis C, Emmerson M, Gagic V, Hawro V., & Tscharrntke, T. (2011). The relationship between agricultural intensification and biological control: experimental tests across Europe. *Ecological Applications*, 21(6), 2187-2196.
234. Thompson, F. R. (2007). Factors affecting nest predation on forest songbirds in North America. *Ibis*, 149, 98-109.

Références bibliographiques

235. **Torki, S. (2014).** Reproduction des Tourterelles dans la région des Ziban. Mémoire, Magistère, Université. Kasdi Merbah , Ouargla. 107p.
236. **Townsend, A. K., Sillett, T. S., Lany, N. K., Kaiser, S. A., Rodenhouse, N. L., Webster, M. S., & Holmes, R. T. (2013).** Warm springs, early lay dates, and double brooding in a North American migratory songbird, the black-throated blue warbler. *PLoS One*, 8(4), e59467.
237. **Usieta, H. O., Manu, S. A., & Ottosson, U. (2013).** Farmland conservation in West Africa: how do hedgerow characteristics affect bird species richness?. *Bird Study*, 60(1), 102-110.
238. **Burg, M. P. V. D., Powell, L. A., & Tyre, A. J. (2010).** Finding the smoothest path to success: Model complexity and the consideration of nonlinear patterns in nest-survival data. *The Condor*, 112(3), 421-431.
239. **Viana, I. R., Prevedello, J. A., & Zocche, J. J. (2017).** Effects of landscape composition on the occurrence of a widespread invasive bird species in the Brazilian Atlantic Forest. *Perspect Ecol Conserv* 15:36–41.
240. **Virgós, E., Romero, T., & Mangas, J. G. (2001).** Factors determining " gaps" in the distribution of a small carnivore, the common genet (*Genetta genetta*), in central Spain. *Canadian Journal of Zoology*, 79(9), 1544-1551.
241. **Walankiewicz, W. (2002).** Nest predation as a limiting factor to the breeding population size of the Collared Flycatcher *Ficedula albicollis* in the Białowieża National Park (NE Poland). *Acta Ornithologica*, 37(2), 91-106.
242. **Wang, C., Wang, G., Dai, L., Liu, H., Li, Y., Zhou, Y., ... & Zhao, Y. (2020).** Diverse usage of waterbird habitats and spatial management in Yancheng coastal wetlands. *Ecological Indicators*, 117, 106583.
243. **Wheeldon, A., Mossman, H. L., Sullivan, M. J., Mathenge, J., & de Kort, S. R. (2019).** Comparison of acoustic and traditional point count methods to assess bird diversity and composition in the Aberdare National Park, Kenya. *African Journal of Ecology*, 57(2), 168-176.
244. **Wiacek, J., & Polak, M. (2008).** Bird community breeding in apple orchards of central Poland in relation to some habitat and management features. *Polish Journal of Environmental Studies*, 17(6), 951.

Références bibliographiques

245. **Yahiaoui, K., Arab, K., Belhamra, M., Browne, S. J., Boutin, J. M., & Moali, A. (2014).** Habitat occupancy by European Turtle Dove (*Streptopelia turtur*) in the Isser Valley, Algeria. *Revue d'Écologie (La Terre et La Vie)*, 69(3), 234-246.
246. **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.
247. **Zuur, A. F., Ieno, E. N., & Elphick, C. S. (2010).** A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in ecology and evolution*, 1(1), 3-14.



Résumé

Résumé

Ecologie de reproduction des populations de tourterelle en milieu phœnicicole.

Nous avons mené une étude sur **l'écologie de la reproduction** des populations de tourterelles dans le milieu phœnicicole. Nous avons examiné l'impact des différents composants du paysage sur la distribution et l'abondance **de trois espèces de Columbides** le long de **gradients urbains-ruraux** dans la région de Biskra. Nos résultats ont montré que l'abondance de la tourterelle turque était plus élevée dans les zones fortement urbanisées et positivement corrélée avec la couverture du bâti, tandis que les tourterelles maillées et les tourterelles des bois étaient plus abondantes lorsque les zones bâties étaient faiblement représentées dans le paysage. Pour chaque espèce, nous avons identifié les trois meilleurs modèles explicatifs de leur abondance.

Dans cette étude, nous avons examiné les facteurs qui déterminent **la survie des nids** de trois espèces sympatriques des colombidés dans un habitat oasien. En 2019, nous avons surveillé un total de **225** nids dans les six stations (Palmeraies) d'études : **68** nids de tourterelle maillée, **65** nids de tourterelle turque et **92** nids de tourterelle des bois. Nos résultats ont montré que **l'âge du nid** est un prédictif important du taux de survie car l'effet de l'âge du nid est resté significatif pour les trois espèces de tourterelle. Tandis que, pour les tourterelles maillées, l'âge du nid, la distance par rapport au champ de céréales et la hauteur du nid sont tous des facteurs significatifs. La survie des nids pour toutes ces trois espèces était plus faible durant la période d'incubation par rapport à la période de nidification.

Pour déterminer les effets des caractéristiques des palmiers, du micro-habitat et de la présence humaine sur **la sélection des habitats** de nidification par la tourterelle des bois. Nos résultats ont montré que la *Streptopelia turtur* préfère les palmiers de plus grande hauteur, avec une moyenne de **13,10 ± 0,17 m**, et un diamètre de tronc plus important, avec une moyenne de **2,83 ± 0,05 m**. En ce qui concerne les caractéristiques du micro-habitat, les tourterelles des bois ont opté pour un milieu dans lequel la couverture des palmiers se situe entre **67,02 % et 82,09 %**, tandis que la hauteur de la strate herbacée atteint jusqu'à **70,05 cm**. Cependant, l'emplacement des palmiers portants des nids doivent être distant des bordures qui existent au niveau de la palmeraie par une moyenne de **84.08±4.73 m**.

Mots clés : écologie de reproduction, milieu phœnicicole, composants du paysage, trois espèces sympatriques de Columbides, gradient urbain-rural, survie des nids, sélection des habitats de nidification, Biskra, Algérie.

Summary

Reproductive ecology of turtle dove populations in phoenicultural environments.

We conducted a study on the reproductive ecology of turtledove populations in phoenicultural environments. We examined the impact of different landscape components on the distribution and abundance of **three species of Columbids** along **urban-rural gradients** in the Biskra region. Our results showed that the abundance of the Eurasian collared dove was higher in heavily urbanized areas and positively correlated with built-up coverage, while the Laughing Doves and the European turtle dove were more abundant when built-up areas were less represented in the landscape. For each species, we identified the top three explanatory models for their abundance.

In this study, we examined the factors determining **nest survival** in three sympatric species of Columbids in an oasis habitat. In 2019, we monitored a total of 225 nests in six study sites (palm groves): **68** nests of the Laughing Doves, **65** nests of Eurasian Collared Doves, and **92** nests of European Turtle Doves. Our results showed that **nest age** is an important predictor of survival, as the effect of nest age remained significant for all three dove species. Additionally, for Laughing Doves, nest age, distance from cereal fields, and nest height were all significant factors. Nest survival for all three species was lower during the incubation period compared to the nesting period.

To determine the effects of palm tree characteristics, microhabitat, and human presence on **nesting habitat selection** by European Turtle Doves, our results showed that *Streptopelia turtur* prefers taller palm trees, with an average height of **13.10 ± 0.17 m**, and larger trunk diameter, with an average of **2.83 ± 0.05 m**. Regarding microhabitat characteristics, the European Turtle Doves selected habitats with palm tree cover ranging from **67.02%** to **82.09%**, while the height of the herbaceous layer reached up to **70.05 cm**. However, the location of nest-bearing palm trees should be distant from the edges of the palm grove, with an average distance of **84.08 ± 4.73 m**.

Keywords: reproductive ecology, phoenicole environment, landscape components, three sympatric species of Columbids, urban-rural gradient, nest survival, nesting habitat selection, Biskra, Algeria.

المخلص

البيئة تكاثرية لليمامات في محيط الواحات

قمنا بإجراء دراسة حول البيئة التكاثرية لليمامات في محيط الواحات. فحصنا تأثير مكونات المناظر الطبيعية المختلفة على توزيع ووفرة ثلاثة أنواع من اليمامات المتعايشة على طول التدرجات الحضرية-الريفية في منطقة بسكرة. أظهرت نتائجنا أن وفرة اليمامة المطوقة الأوراسية كانت أعلى في المناطق الحضرية وكانت ترتبط بشكل إيجابي مع نسبة تغطية المباني في حين كانت فاخنة النخيل واليمامة القمرية أكثر وفرةً عندما كانت المناطق المبنية تمثل نسبة ضعيفة من المناظر الطبيعية. بالنسبة لكل نوع، حددنا أفضل ثلاثة نماذج تفسيرية لكثافتها.

في هذه الدراسة، فحصنا العوامل التي تحدد بقاء العش لثلاثة أنواع لليمامات المتعايشة (فاخنة النخيل، واليمامة المطوقة الأوراسية، واليمامة القمرية) في موطن الواحات. في عام 2019، قمنا بمتابعة إجمالي 225 عش في ستة مواقع دراسية (واحات النخيل): 68 عش لفاخنة النخيل، 65 عش لليمامة المطوقة الأوراسية، و 92 عش لليمامة القمرية. أظهرت نتائجنا أن عمر العش هو مؤشر مهم لمعدل البقاء حيث بقي تأثير عمر العش واضحاً على جميع أنواع اليمامات الثلاثة المتواجدة. بالإضافة إلى ذلك، بالنسبة لفاخنة النخيل، كان عمر العش والبعد عن حقول الحبوب وارتفاع العش عوامل مهمة وذات دلالة. كان بقاء الأعشاش لجميع الأنواع الثلاثة لليمامات أقل خلال فترة الحضنة مقارنة بفترة التربيّة.

لتحديد تأثير خصائص النخيل والبيئة المصغرة المحيطة ووجود الإنسان على اختيار مواقع العش لليمامة القمرية، أظهرت نتائجنا أن اليمامة القمرية تفضل أشجار النخيل الأعلى، بارتفاع متوسط قدره 13.10 ± 0.17 متر، وقطر جذع أكبر، بمتوسط قدره 2.83 ± 0.05 متر. فيما يتعلق بخصائص الميكروبيئية، اختارت اليمامة القمرية مواقع يتراوح تغطية أشجار النخيل فيها من 67.02% إلى 82.09%، في حين بلغ ارتفاع الطبقة العشبية ما يصل إلى 70.05 سم. ومع ذلك، يجب أن يكون موقع أشجار النخيل الحاملة للأعشاش بعيداً عن حواف واحه النخيل، مع متوسط مسافة قدرها 84.08 ± 4.73 متر.

الكلمات الرئيسية: بيئة تكاثرية، محيط واحاتي، مكونات المناظر الطبيعية، ثلاثة أنواع متعايشة من اليمامات، التدرج الحضري-الريفي، بقاء العش، اختيار موقع العش، بسكرة، الجزائر.