



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE
DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

École National Supérieure Agronomique

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

Département : Zoologie Agricole Et Forestière

القسم : علم الحيوان الزراعي و الغابي

Spécialité : Zoologie Agricole Et Forestière : Zoophytatrie

التخصص : علم الحيوان الزراعي والغابي – الحيوانات الضارة للنبات

Mémoire de fin d'étude
Pour l'obtention du diplôme de Master

THEME

**Gestion intégrée et intelligente du péril animalier à l'aéroport
d'Alger Houari Boumediene : Analyse du risque et approches
durables**

Présenté par : CHIKH Syrine

Soutenu publiquement le : 10/06/2026

Devant le jury composé de :

Président : M. DOUMANDJI Salah-Eddine

Professeur émérite, ENSA

Promoteur : M. CHEBLI Abderrahmane

Maitre de conférences A, ENSA

Co-Promoteur : M. OULDAISSA Farouk

Docteur, ENSA

Examineurs : M. BICHE Mohammed

Professeur, ENSA

M. Abdellahoum Zakaria

Maitre de conférences B, ENSA

Mme.MORSLI Samira

Maitre de conférences B, ENSA

Promotion 2021-2026

TABLE DE MATIERES :

<i>Introduction</i>	2
<i>Synthèse Bibliographique</i>	6
<i>Chapitre I : Le Péril Animalier Aéroportuaire : État Des Connaissances</i>	6
I.1. DÉFINITION DU PÉRIL ANIMALIER.....	6
I.1.1. Définitions officielles	6
I.1.2. Évolution historique du concept.....	6
I.1.3. Notion de risque :	7
I.2. Classification Du Péril Animalier	7
I.2.1. Classification par type de faune	7
I.2.1.1. Le péril aviaire	7
I.2.1.2. Les mammifères terrestres	8
I.2.1.3. Les insectes et autres nuisances	8
I.2.2. Classification selon la nature du contact	9
I.2.3. Classification selon la gravité (échelle OACI).....	9
I.2.4. Classification selon les facteurs de risque	9
I.2.4.1. Facteurs temporels	9
I.2.4.2. Facteurs spatiaux	10
I.3. Impacts Opérationnels Et Économiques	10
I.3.1. Coûts directs	10
I.3.2. Coûts indirects	10
I.3.3. Perturbation du trafic aérien	11
I.4. Cadre Réglementaire International Et National	12
I.4.1. Cadre normatif international	12
I.4.1.1. Standards et pratiques recommandées de l'OACI.....	12
I.4.1.2. Réglementations FAA et EASA	13
I.4.1.3. Initiatives internationales — IBSC	14
I.4.2. Cadre réglementaire national algérien.....	15
I.4.2.1. Textes législatifs et réglementaires.....	15
I.4.2.2. Organisation institutionnelle.....	16
I.4.2.2.1. ENNA — Établissement National de la Navigation Aérienne.....	16
I.4.2.2.2. Unité SCA — Service de la Circulation Aérienne (Tour de contrôle)	16
I.4.2.2.3. SGSIA — Société de Gestion des Services et Infrastructures Aéroportuaires d'Alger	16

I.4.2.3. Historique de la gestion du péril animalier à l'aéroport d'Alger	16
<i>Chapitre II : Présentation De La Region D'étude</i>	19
II.1 Situation Géographique	19
II.2 Caractérisation Du Sahel Algérois	20
II.2.1 Facteurs abiotiques de la région d'étude	20
II.2.1.1 Facteurs édaphiques	20
II.2.1.1.1 Facteurs géologiques	20
II.2.1.1.2 Facteurs pédologiques	20
II.2.1.1.3 Facteurs hydrologiques.....	21
II.2.1.2 Facteurs climatiques	21
II.2.1.2.1 Température	21
II.2.1.2.2 Pluviométrie.....	22
II.2.1.2.3 Vents	23
II.2.1.2.4 Humidité atmosphérique.....	23
II.2.1.2.5 Synthèse bioclimatique du Sahel algérois	24
II.2.1.2.5.1 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen	24
II.2.1.2.5.2 Climagramme pluviothermique d'Emberger.....	25
II.2.2 Facteurs biotiques du Sahel algérois.....	28
II.2.2.1 Données bibliographiques sur la flore.....	28
II.2.2.2 Données bibliographiques sur la faune	28
II.2.2.2.1 Données bibliographiques sur la faune aviaire.....	29
<i>Chapitre III : Matériel Et Méthodes</i>	35
III.1. Présentation Du Site D'étude.....	35
III.1.1. Situation géographique de l'aéroport international Houari Boumediene.....	35
III.2. Facteurs D'attraction De La Faune A L'aéroport International Houari Boumediene.....	36
III.2.1. Position géographique	36
III.2.2. Ressources alimentaires.....	36
III.2.2.1. Parcelles agricoles périphériques	36
III.2.2.2. Végétation ornementale	36
III.2.2.3. Surfaces herbacées	37
III.2.2.4. Faune invertébrée et vertébrée comme ressource trophique.....	38
III.2.2.5. Déchets et décharges.....	38
III.2.3. Ressources hydriques	39
III.2.4. Sites de repos et perchoirs	40

III.2.5. Sites de refuge et de nidification	40
III.3. Gestion Du Risque Animalier : Mesures Et Actions De La SGSIA	41
III.3.1. Actions préventives (passives)	41
III.3.2. Actions curatives (actives).....	44
III.3.3. Lutte biologique intégrée : la fauconnerie comme solution innovante	46
III.3.3.1. Partenariat opérationnel :	46
III.3.3.2. Cheptel et espèces utilisées :.....	46
III.3.3.3. Protocole d'intervention :	47
III.3.3.4. Avantages et limites :.....	47
III.4. Protocole D'échantillonnage.....	47
III.4.1. Choix et description des sites d'observation	47
III.4.2. Méthodes d'étude du peuplement avien.....	49
III.4.2.1. Choix méthodologique.....	49
III.4.2.2. Protocole de terrain	49
III.4.2.3. Méthode des Échantillonnages Fréquentiels Progressifs (EFP)	50
III.4.2.3.1. Description de la méthode.....	50
III.4.2.3.2. Avantages de la méthode	51
III.4.2.3.3. Limites de la méthode	51
III.4.2.4. Méthode des Indices Ponctuels d'Abondance (IPA).....	52
III.4.2.4.1. Description de la méthode.....	52
III.4.2.4.2. Avantages de la méthode	52
III.4.2.4.3. Limites de la méthode	52
III.4.2.5. Prospection Avifaunistique relevée par mouvements.....	53
III.4.2.5.1. Justification de l'Utilisation.....	53
III.4.2.5.2. Avantages.....	53
III.4.2.5.3. Inconvénients	54
III.4.3. Échantillonnage entomologique : pots Barber (pièges à fosse).....	54
III.4.3.1. Description et protocole de mise en œuvre.....	54
III.4.3.2. Avantages de la méthode	55
III.4.3.3. Limites de la méthode	55
III.5.1. Évaluation de la qualité de l'échantillonnage	56
III.5.2. Indices écologiques de composition	56
III.5.2.1. Richesse totale (S).....	56
III.5.2.2. Richesse moyenne (Sm).....	56
III.5.2.3. Abondance relative (AR%).....	56

III.5.2.4. Fréquence d'occurrence (FO%) et constance	57
III.5.3. Indices écologiques de structure	57
III.5.3.1. Indice de diversité de Shannon (H')	57
III.5.3.2. Diversité maximale (H'max)	58
III.5.3.3. Indice d'équitabilité (E)	58
III.5.4. Analyse statistique : Analyse Factorielle des Correspondances (AFC)	59
III.6. Élaboration de Solutions Numériques Innovantes pour la Gestion du Péril Animalier dans le Cadre de l'Arrêté Ministériel n°1275	59
III.6.1. Contexte et positionnement institutionnel	59
III.6.2. Airport monitor système de surveillance satellitaire automatisé	59
III.6.2.1. Objectifs de la solution	59
III.6.2.2. Matériel utilisé	60
III.6.2.2.1. Satellites d'observation de la terre	60
III.6.2.2.1.1 Sentinel-2 (Mission Optique)	60
III. 6.2.2.1.2. Sentinel-1 (Mission Radar SAR)	61
III. 6.2.2.2. Plateforme de traitement : Sentinel Hub	62
III. 6.2.2.3. Outils logiciels et infrastructure	63
III. 6.2.2.3.1. Langage de programmation : Python 3.11	63
III. 6.2.2.3.2. GitHub actions (Automatisation)	64
III. 6.2.2.3.3. Gmail SMTP (Notifications)	64
III. 6.2.2.3.4. Zone d'étude d'Aéroport International Houari Boumediene	64
III. 6.2.3. Méthodes utilisées	64
III. 6.2.3.1. Indices spectraux de télédétection	64
III. 6.2.3.1.1. NDVI indice de vegetation par difference normalisee	64
III. 6.2.3.1.2. MNDWI — indice d'eau modifié par différence normalisée	65
III. 6.2.3.1.3. Détection SAR de l'eau (Sentinel-1)	66
III. 6.2.3.2. Méthode de quantification du risque bird strike	66
III.6.2.4. Architecture du système de surveillance	67
III. 6.2.4.1. Stratégie de complémentarité Sentinel-1 / Sentinel-2	68
III. 6.2.4.2. Définition des zones de surveillance	68
III. 6.2.4.3. Calcul de la statistique médiane	68
III.6.2.5. Méthode d'automatisation	69
III.6.3. Ornis ia plateforme d'intelligence artificielle ornithologique	69
III.6.3.1. Objectifs de la solution	69
III.6.3.2. Matériels utilisés	70

III.6.3.2.1. Langages de programmation et environnement de développement	70
III.6.3.2.1.1. Python 3.11+	70
III.6.3.2.2. Framework d'interface utilisateur : streamlit.....	70
III. 6.3.2.3. Modèles d'intelligence artificielle et APIs.....	71
III. 6.3.2.3.1. Groq API infrastructure d'inférence LPU.....	71
III. 6.3.2.3.2. Modèle LLaMA 3.3 70B versatile Chat académique	71
III.6.3.2.3.3. Modèle Llama 4 Scout 17B Analyse d'images.....	71
III. 6.3.2.3.4. OpenAI whisper large v3 +Reconnaissance vocale	72
III.6.3.2.4.1. eBird (Cornell Lab of Ornithology)	72
III. 6.3.2.4.2. BirdLife International.....	72
III. 6.3.2.4.3. Xeno-canto	72
III. 6.3.2.4.4. Handbook of the birds of the world (HBW Alive).....	72
III. 6.3.2.5. Infrastructure d'hébergement et contrôle de version	73
III.6.3.2.6. Bibliothèques Python complémentaires	73
III.6.3.3. Méthodes utilisées.....	73
III. 6.3.3.1. Vue d'ensemble méthodologique.....	73
III. 6.3.3.2. Architecture générale du système.....	73
III. 6.3.3.3. Méthode de conception du prompt système (Prompt Engineering)	74
III. 6.3.3.3.1. Adaptation multilingue	74
III.6.3.3.3.2. Pipeline de traitement des modalités d'entrée	74
A. Traitement du texte (Chat Q&A).....	74
B. Traitement des images (Vision AI)	74
C. Traitement de la voix (Speech-to-Text)	75
D. Synthèse vocale des réponses (Text-to-Speech).....	75
III. 6.3.3.4. Méthode de persistance de l'historique.....	75
III. 6.3.3.5. Méthode de conception de l'interface utilisateur.....	75
III.7. Positionnement des Solutions dans le Cadre de l'Arrêté n°1275	76
<i>Chapitre IV : résultats et discussions</i>	78
IV.1. Analyse Des Peuplements Aviens De L'aéroport International d'Alger	78
IV.1.1. Classement de l'avifaune recensée à l'Aéroport d'Alger selon leurs caractéristiques générales	78
IV.1.1.1. Biotopes de l'avifaune de l'aéroport d'Alger	87
IV.1.1.2. Origines biogéographiques de l'avifaune	89
IV.1.1.3. Statut phénologique de l'avifaune	90

IV.1.1.4. Statut trophique de l'avifaune	91
IV.1.1.5. Statut de protection de l'avifaune.....	93
IV.1.2. Exploitation des résultats du peuplement avien	95
IV.1.2.1. Espèces soumises au test de la qualité d'échantillonnage.....	95
IV.1.2.2. Exploitation des résultats par les indices écologiques	96
IV.1.2.2.1. Application des indices écologiques de composition	96
IV.1.2.2.1.1. Richesse spécifique.....	96
IV.1.2.2.1.2. Abondance relative (AR%).....	97
IV.1.2.2.1.3. Fréquence d'occurrence (FO%)	100
IV.1.2.2.2. Indices de diversité et de structure	102
IV.1.2.2.2.1. Indices de Shannon, H'max et Équitabilité.....	102
IV.1.2.2.3. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC).....	102
IV.2. Analyse Des Espèces D'invertébrés Piégées Dans Les Pots Barber Placés Près Des Pieds Des Mauvaises Herbes Dans La Zone D (Glam) De L'aéroport d'Alger	106
IV.2.1. Résultats sur les espèces d'invertébrés piégées dans les pots barber	106
IV.2.2. Exploitation des résultats des Invertébrés capturés dans les pots barber	112
IV.2.2.1. Qualité d'échantillonnage.....	112
IV.2.2.2. Exploitation des résultats par les indices écologiques	113
IV.2.2.2.1. Application des indices écologiques de composition	113
IV.2.2.2.1.1. Richesse spécifique.....	113
IV.2.2.2.1.2. Abondance relative des Ordres	114
IV.2.2.2.1.3. Abondance relative des Familles	115
IV.2.2.2.1.4. Abondance relative des Taxons	116
IV.2.2.2.1.5. Fréquences d'occurrence des invertébrés.....	117
IV.2.2.2.2. Indices de diversité et de structure	119
IV.2.2.2.2.1. Indices de Shannon, H'max et Équitabilité.....	119
IV.2.2.2.2.2. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC).....	120
IV.3. Inventaire Et Analyse Des Mammifères Et Reptiles.....	123
IV.3.1. Protocole d'observation	123
IV.3.2. Résultats d'inventaire des espèces	124
IV.3.3. Interprétation et discussion.....	125
IV.3.3.1. Rôle des mammifères dans le péril animalier.....	125
IV.3.3.2. Rôle des reptiles dans le péril animalier	126
IV.3.3.3. La chaîne trophique aéroportuaire synthèse intégrative	127

IV.4. Résultats De Système De Surveillance Satellitaire Pour La Prévention Du <i>Bird Strike</i> A l'Aéroport International Houari Boumediene d'Alger	129
IV.4.1. Résultats de l'Indice NDVI.....	129
IV.4.1.1. Phase 1 Transition végétative (2–13 avril 2026)	129
IV.4.1.2. Phase 2 Pic végétatif printanier (1–8 mai 2026).....	130
IV.4.1.3. Phase 3 Déclin estival (11–16 mai 2026)	131
IV.4.2. Résultats de l'Indice MNDWI Épisodes d'Eau Stagnante	131
IV.4.2.1. Épisode 1 (9–10 avril 2026)	131
IV.4.2.2. Épisode 2 (3–8 mai 2026 (Épisode Majeur)).....	132
IV.4.3. Synthèse du Bird Strike Risk Score (BSRS)	132
IV.4.4. Analyse Météorologique et Risque Aviaire	133
IV.4.5. Performance Opérationnelle du Système	133
IV.4.6. Discussion des résultats.....	134
IV.4.6.1. Interprétation physique des résultats	134
IV.4.6.2. Pertinence de la méthode NDVI/MNDWI pour la sécurité aéroportuaire.....	134
IV.4.6.3. Validation qualitative terrain	134
IV.4.6.4. Analyse critique des limitations techniques.....	135
IV.4.6.5. Comparaison avec les approches existantes	135
IV.5. Résultats Du La Plateforme D'intelligence Artificielle Ornithologique Ornis Ia	135
IV.5.1. Résultats de l'identification visuelle des espèces aviaires	136
IV.5.1.1. Protocole d'évaluation.....	136
IV.5.1.2. Résultats quantitatifs.....	137
IV.5.1.3. Analyse qualitative des réponses	138
IV.5.1.4. Discussion sur les performances.....	139
IV.5.2. Résultats de la génération de réponses académiques	139
IV.5.2.1. Protocole d'évaluation.....	139
IV.5.2.2. Résultats quantitatifs.....	140
IV.5.2.3. Analyse de la latence	141
IV.5.2.4. Discussion sur la qualité des réponses.....	142
IV.5.3. Résultats de la reconnaissance vocale (Speech-to-Text).....	142
IV.5.4. Évaluation de la persistance de l'historique	143
IV.5.5. Évaluation comparative avec les solutions existantes.....	143
IV.5.6. Limitations et perspectives d'amélioration	144
IV.5.6.1. Limitations techniques actuelles.....	144
IV.5.6.2. Perspectives d'amélioration	144
IV.5.7. Discussion générale.....	145

IV.6. Recommandations	145
<i>Chapitre V : Étude Économique et Business Plan</i>	149
V .1. Présentation du Projet.....	149
V.2. Idée de Projet.....	149
V.3. Objectifs du Projet.....	150
V .4. Valeurs du Projet	150
V.5. Aspects Innovants.....	151
V.6. Équipe de Projet et d'Encadrement.....	151
V.7. Plan Organisationnel de l'Équipe	152
V.8. Analyse Stratégique du Marché.....	152
V.8.1. Segment du Marché	152
V.8.2. Mesure de l'Intensité de la Concurrence —Modèle des Cinq Forces de Porter	152
V.9. Stratégie Marketing	153
V.10. Scalabilité du Projet.....	154
V.10.1. Extension Multi-Espèces	154
V.10.2. Extension Géographique — Scalabilité Internationale.....	154
V.11. Plan Financier.....	155
V.11.1. Structure de Coûts — Phase MVP.....	155
V.11.2. Projections de Revenus — Phase Commerciale	156
V.11.3. Analyse du Retour sur Investissement.....	156
V.12. Business Model Canvas.....	156
Conclusion.....	159
<i>Annexes</i>	175

RÉSUMÉ

Le péril animalier aéroportuaire constitue l'une des menaces opérationnelles les plus persistantes de l'aviation civile internationale, générant annuellement des pertes économiques dépassant 1,48 milliard de dollars aux États-Unis seulement et causant des accidents mortels dont la tragédie du vol Jeju Air 2216 du 29 décembre 2024 offre l'illustration la plus récente. Le présent mémoire, réalisé à l'aéroport International Houari Boumediene d'Alger (DAAG) sur la période d'octobre 2025 à mai 2026, propose une approche intégrée et multidisciplinaire du péril animalier, articulant inventaire avifaunistique, analyse entomologique, observation faunistique globale et développement de solutions technologiques innovantes. L'inventaire avifaunistique, conduit par la méthode des Échantillonnages Fréquentiels Progressifs (EFP) et des Indices Ponctuels d'Abondance (IPA) sur quatre zones d'observation, a permis de caractériser la richesse spécifique, la structure et la dynamique saisonnière des peuplements aviaires de l'emprise aéroportuaire. L'inventaire entomologique, réalisé par la méthode des pots Barber dans la zone Glam, a révélé un peuplement d'invertébrés épigés fonctionnellement attracteur pour plusieurs guildes aviaires insectivores. L'analyse des relations trophiques entre ces deux compartiments biologiques, complétée par l'observation régulière de mammifères synanthropes — rats (*Rattus* spp.), chiens et chats errants — et de reptiles, a permis de modéliser le réseau trophique opérant sur la plateforme et d'identifier les mécanismes d'attraction indirecte de l'avifaune à risque. Sur le plan technologique, deux solutions originales ont été développées : **Airport Monitor**, système de surveillance satellitaire automatisé exploitant les indices spectraux NDVI et MNDWI issus des données Copernicus, générant un *Bird Strike Risk Score* (BSRS) transmis automatiquement aux équipes de sécurité et **OrniS IA**, assistant ornithologique conversationnel multilingue fondé sur les algorithmes. Les résultats obtenus confirment les trois hypothèses formulées et démontrent la complémentarité opérationnelle de l'écologie de terrain et des technologies numériques dans la prévention du péril animalier. Une étude économique évalue le potentiel de valorisation et de généralisation de ces outils à l'échelle du réseau aéroportuaire algérien et méditerranéen.

Mots-clés : Péril animalier aéroportuaire — *Bird strike* — Aéroport Houari Boumediene — Avifaune — Entomofaune — Pots Barber — IPA/EFP — Relations trophiques — Surveillance satellitaire — NDVI — MNDWI — Sentinel — Intelligence artificielle — Ornithologie — Sécurité aérienne — Algérie

ABSTRACT

Wildlife strike hazard represents one of the most persistent operational threats in international civil aviation, generating annual economic losses exceeding USD 1.48 billion in the United States alone, and causing fatal accidents whose most recent illustration is the Jeju Air Flight 2216 tragedy of 29 December 2024. The present thesis, conducted at Houari Boumediene International Airport in Algiers (DAAG) over the period from October 2025 to May 2026, proposes an integrated and multidisciplinary approach to wildlife hazard management, combining avifaunal inventory, entomological analysis, broad faunal observation and the development of innovative technological solutions. The avifaunal inventory, carried out using the Progressive Frequency Sampling method (EFP) and Point Abundance Indices (IPA) across four observation zones, characterised the species richness, community structure and seasonal dynamics of bird populations within the airport perimeter. The entomological inventory, conducted using pitfall traps (Barber traps) in the Glam zone, revealed an epigeal invertebrate community functionally attractive to several insectivorous avian guilds. Analysis of trophic relationships between these two biological compartments, complemented by regular observation of synanthropic mammals — rats (*Rattus* spp.), stray dogs and cats — and reptiles, enabled the modelling of the trophic network operating on the platform and the identification of indirect attraction mechanisms for high-risk avian species. On the technological front, two original solutions were developed: **Airport Monitor**, an automated satellite monitoring system exploiting the NDVI and MNDWI spectral indices derived from Copernicus data, generating a *Bird Strike Risk Score* (BSRS) automatically transmitted to security teams; and **OrniS IA**, a multilingual conversational ornithological assistant based on Transformer architectures. The results confirm the three formulated hypotheses and demonstrate the operational complementarity of field ecology and digital technologies in wildlife strike prevention. An economic study assesses the potential for valorisation and generalisation of these tools across the Algerian and Mediterranean airport network.

Keywords: Wildlife strike hazard — Bird strike — Houari Boumediene Airport — Avifauna — Entomofauna — Barber pitfall traps — IPA/EFP — Trophic relationships — Satellite monitoring — NDVI — MNDWI — Sentinel — Artificial intelligence — Ornithology — Aviation safety — Algeria

المخلص

يُعدّ خطر الحيوانات في المطارات من أكثر التهديدات التشغيلية استمراريًا في مجال الطيران المدني الدولي، إذ يُسبّب خسائر اقتصادية سنوية تتجاوز مليارًا وأربعمائة وثمانين مليون دولار أمريكي في الولايات المتحدة وحدها، فضلًا عن حوادث مميتة كان آخرها كارثة إحدى الرحلات الجوية الكورية بتاريخ التاسع والعشرين ديسمبر ألفين وأربعة وعشرين.

تقدّم هذه المذكرة، المنجزة بمطار هوارى بومدين الدولي بالجزائر العاصمة خلال الفترة الممتدة من أكتوبر ألفين وخمسة وعشرين إلى مايو ألفين وستة وعشرين، مقاربةً متكاملةً ومتعددة التخصصات لإدارة خطر الحيوانات، تجمع بين جرد الطيور، والتحليل الحشري، ورصد الحياة البرية بصفة عامة، وتطوير حلول تكنولوجية مبتكرة.

أتاح جرد الطيور، المنجز باستخدام طريقة أخذ العينات التكرارية التدريجية ومؤشرات الوفرة النقطية عبر أربع مناطق مراقبة، توصيف الثروة النوعية والبنية المجتمعية والديناميات الموسمية لتجمعات الطيور داخل نطاق المطار. وكشف الجرد الحشري، المنجز بواسطة مصائد أرضية بمنطقة القلام، عن مجتمع من اللاقاريات الأرضية يُشكّل مصدر جذب وظيفيًا لعدة مجموعات من الطيور الأكلة للحشرات.

وقد مكّن تحليل العلاقات الغذائية بين هذين المكوّنين البيولوجيين، إلى جانب الرصد المنتظم للثدييات المعاشة مع الإنسان، والمتمثلة في الجرذان والكلاب والقطط الضالة، إضافةً إلى الزواحف كالثعابين، من نمذجة الشبكة الغذائية العاملة في نطاق المطار وتحديد آليات الجذب غير المباشر لأنواع الطيور عالية الخطورة.

وعلى الصعيد التكنولوجي، طُوّر حلّان أصيلان: نظام مراقبة آلي بالأقمار الصناعية يعتمد على مؤشري الغطاء النباتي والمياه السطحية المستخرجين من بيانات برنامج الرصد الفضائي الأوروبي، ويُولّد مؤشرًا خاصًا بخطر تصادم الطيور يُرسَل آليًا إلى فرق الأمن؛ ومساعد حوارى أورنيثولوجي متعدد اللغات مستند إلى أحدث تقنيات الذكاء الاصطناعي.

تؤكد النتائج المتحصّلة عليها الفرضيات الثلاث المصاغة، وتُبرز التكامل التشغيلي بين الإيكولوجيا الميدانية والتقنيات الرقمية في الوقاية من خطر الحيوانات. وتتضمّن الدراسة أيضًا تحليلًا اقتصاديًا يُقيّم إمكانية توظيف هذه الأدوات وتعميمها على شبكة المطارات الجزائرية والمتوسطة.

الكلمات المفتاحية:

خطر الحيوانات في المطارات — تصادم الطيور — مطار هوارى بومدين — الطيور — الحشرات — المصائد الأرضية — العلاقات الغذائية — المراقبة بالأقمار الصناعية — الغطاء النباتي — المياه السطحية — الذكاء الاصطناعي — علم الطيور — سلامة الطيران — الجزائر