



DEMOCRATIC AND POPULAR ALGERIAN REPUBLIC
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC
RESEARCH
جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف
CHADLI BENDJEDID EL TARF UNIVERSITY
كلية علوم الطبيعة والحياة
FACULTY OF NATURE AND LIFE SCIENCES



Mémoire de Fin d'Études
Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master en

« **Ecologie Forestière** »

Thème

Communautés d'oiseaux forestiers nicheurs dans la
zeenaie d'El Ghorra (Parc National d'El Kala): diversité et
structure écologique.

Présenté Par : **Chater Meriem**

Soutenue publiquement le :

Devant le jury composé de :

NOM et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Boutabia Lamia	Pr	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Président
Telailia Salah	Pr	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Directeur de mémoire
Rouag Rachid	Pr	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Examineur
Bouderbala Amira	Dr	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Invité

Année universitaire : 2025/2026

Remerciement

À Dieu, que toute louange Lui revienne, sans associé.

À mon cher professeur et mentor, Monsieur Telailia Salah, merci pour votre générosité, votre engagement et pour avoir ouvert sans compter les portes du savoir. Votre influence a profondément marqué mon parcours.

Aux membres de mon jury, le Professeur Boutabia Lamia, le Professeur Rouag Rachid et le Docteur Boudarbala Amira, merci pour votre bienveillance, votre rigueur et pour avoir tracé la voie du savoir.

À ma famille, première source de réconfort et de prières : à mes parents, qui sont, après Dieu, l'origine de tout. À mon père, frère, ami et pilier — je porte ton nom avec fierté et je te dois tout ce que je suis. À ma mère, confidente et miroir de mon avenir, merci pour tes sacrifices et ton amour infini. Je vous aime et remercie Dieu de vous avoir.

À mes sœurs Maria et Khadija, compagnes de mon enfance, de mes souvenirs et de mes petites querelles : merci pour votre soutien constant et pour m'avoir toujours rattrapée avant la chute.

À ma famille élargie — mon stoto, mon cher khalou, Dalila ma seconde mère, et ma tante adorée — ainsi qu'à mes amis et compagnons de route : merci pour votre présence fidèle et votre soutien.

À toutes celles et ceux qui ont cheminé dans l'ombre, à l'âme qui a rêvé en silence et au cœur qui n'a jamais renoncé : suis-je arrivé ? Peut-être. Mais surtout, je poursuis ma route. À cette petite fille qui rêvait — la voici aujourd'hui, debout sur le sol de son rêve, souriante, déterminée et prête à commencer une nouvelle étape.

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Liste des figures et des tableaux

Liste des abréviations

الملخص

Abstract

Résumé

Introduction générale	1
PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE	4
Chapitre 1 : Généralités sur les oiseaux	5
1.1. Définition des oiseaux.....	5
1.2. Caractéristiques morphologiques des oiseaux	6
1.3. Adaptations au vol.....	7
1.4. Importance écologique des oiseaux.....	7
Chapitre 2 : Régimes alimentaires des oiseaux.....	8
2.1. Oiseaux phytophages.....	8
2.2. Oiseaux granivores	9
2.3. Oiseaux nectarivores	9
2.4. Oiseaux insectivores	10
2.5. Oiseaux carnivores	10
2.6. Oiseaux charognards.....	10
Chapitre 3 : Oiseaux forestiers.....	11
3.1. Définition des oiseaux forestiers.....	11
3.2. Typologie des oiseaux forestiers	11
3.2.1. Spécialistes forestiers.....	12
3.2.2. Généralistes forestiers	12

3.2.3. Espèces faiblement dépendantes de la forêt.....	12
3.3. Oiseaux forestiers méditerranéens.....	12
3.4. Avifaune forestière en Algérie.....	13
PARTIE EXPÉRIMENTALE.....	15
Chapitre 4 : Matériel et méthodes	16
4.1. Présentation de la zone d'étude.....	16
4.2. Méthodologie d'échantillonnage et matériel utilisé.....	17
4.3. Traitement des données et analyses écologiques appliquées à l'avifaune	20
4.3.1. Analyses écologiques de composition.....	20
4.3.2. Analyses écologiques de structure.....	22
4.3.3. Analyses descriptives complémentaires.....	23
4.3.4. Analyses patrimoniales et statut de conservation.....	24
Résultats	25
1. Richesse spécifique et abondance des oiseaux.....	25
2. Fréquence d'occurrence des espèces d'oiseaux.....	27
3. Heatmap de l'abondance des espèces aviaires par point	28
4. Répartition des espèces aviaires selon le statut UICN	29
5. Richesse spécifique des communautés aviaires selon les familles	30
6. Abondance totale des communautés aviaires selon les familles	31
7. Variation des indices de diversité selon les sites d'étude	32
8. Répartition des espèces selon leur statut de protection nationale.....	33
Discussion	35
Conclusion générale.....	38
Références bibliographiques.....	40

Liste des figures et des tableaux

Figure 1 : Structure générale du peuplement forestier dans la forêt d'El-Ghorra	16
Figure 2: Végétation arbustive dans la zone d'étude	16
Figure 3 : Variation de la richesse spécifique des oiseaux par point d'échantillonnage	25
Figure 4 : Variation de l'abondance totale des oiseaux par point d'échantillonnage	25
Figure 5 : Fréquence d'occurrence des espèces d'oiseaux dans les points d'échantillonnage	25
Figure 6 : Heatmap de l'abondance des espèces aviaires par point	27
Figure 7 : Répartition des espèces aviaires selon le statut UICN	28
Figure 8 : Richesse spécifique des communautés aviaires selon les familles	29
Figure 9 : Abondance totale des communautés aviaires selon les familles	30
Figure 10 : Variation des indices de diversité (Shannon, Simpson et équitabilité) selon les sites d'étude	31
Figure 11 : Répartition des espèces selon leur statut de protection nationale	32
Tableau 1 : Liste systématique des espèces de l'avifaune forestière recensées dans les stations d'étude.	22

Liste des abréviations

IPA : Indices Ponctuels d'Abondance

PE : Point d'Écoute

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

LC : Préoccupation mineure (*Least Concern*)

VU : Vulnérable

NE : Non évaluée (*Not Evaluated*)

P : Protégée

UP : Non protégée

S : Richesse spécifique

H' : Indice de diversité de Shannon-Weaver

E : Indice d'équitabilité

A.R.% : Abondance relative

F.O.% : Fréquence d'occurrence

Pi : Nombre de relevés contenant l'espèce considérée

P : Nombre total de relevés effectués

ni : Nombre d'individus de l'espèce considérée

N : Nombre total d'individus recensés

qi : Fréquence relative de l'espèce

ملخص

أنجزت هذه الدراسة في غابة الغرة، وتهدف إلى جرد الطيور الغابية وتوصيف البنية البيئية للتجمعات الطيرية الموجودة داخل هذا الوسط الغابي المتوسطي. تم إجراء الجرد باستعمال طريقة مؤشرات الوفرة النقطية (IPA) عبر 18 نقطة استماع. سمحت النتائج بإحصاء 32 نوعاً من الطيور تنتمي إلى 6 رتب، و20 عائلة، و27 جنساً. وقد كانت رتبة العصافيريات (Passeriformes) الأكثر تمثيلاً، في حين أظهرت عائلات Muscicapidae و Sylviidae و Paridae و Picidae ثراءً نوعياً هاماً. تراوح الغنى النوعي بين 7 و19 نوعاً حسب نقاط المعاينة. كما اختلفت الوفرة الكلية للطيور بين المحطات، حيث سُجلت أعلى قيمة على مستوى المحطة PE4. وأظهر تحليل تواتر التواجد أن بعض الأنواع واسعة الانتشار داخل منطقة الدراسة، بينما تتميز أنواع أخرى بتوزيع محلي محدود. كما بينت مؤشرات التنوع لشانون وسيمبسون والتجانس وجود بنية مجتمعية متوازنة نسبياً. تنتمي غالبية الأنواع المسجلة إلى فئة "أقل اهتمام" حسب تصنيف الاتحاد الدولي لحماية الطبيعة (UICN)، في حين صُنّف نوع واحد ضمن الأنواع المهددة. بالإضافة إلى ذلك، تستفيد 9 أنواع من وضعية حماية وطنية.

الكلمات المفتاحية: الطيور الغابية، غابة الغرة، التنوع البيولوجي، التجمعات الطيرية، الغنى النوعي، الوفرة، الحفظ البيولوجي، الحظيرة الوطنية للقالمة

Abstract

This study, conducted in the El-Gharra forest, aimed to inventory forest birds and characterize the ecological structure of bird communities within this Mediterranean forest environment. The inventory was carried out using the Inventory Points of Abundance (IPA) method across 18 listening points. The results allowed for the counting of 32 bird species belonging to 6 orders, 20 families, and 27 genera. The order Passeriformes was the most represented, while the families Muscicapidae, Sylviidae, Paridae, and Picidae showed significant species richness. Species richness ranged from 7 to 19 species depending on the listening point. Overall bird abundance also varied between stations, with the highest value recorded at the station level. PE4. Frequency analysis revealed that some species are widespread within the study area, while others have a limited local distribution. Shannon-Simpson diversity and homogeneity indices also indicated a relatively balanced community structure. The majority of recorded species belong to the IUCN Least Concern category, while one species is classified as threatened. Additionally, nine species benefit from national protection status.

Keywords: Forest birds, El-Gharra Forest, Biodiversity, Bird communities, Species richness, Abundance, Biological conservation, El Kala National Park.

Résumé

La présente étude a été réalisée dans la forêt d'El-Ghorra. Elle vise à inventorier l'avifaune forestière et à caractériser la structure écologique des communautés d'oiseaux présentes dans cet habitat forestier méditerranéen. L'inventaire a été effectué selon la méthode des Indices Ponctuels d'Abondance (IPA), à travers 18 points d'écoute. Les résultats ont permis de recenser 32 espèces d'oiseaux appartenant à 6 ordres, 20 familles et 27 genres. L'ordre des Passeriformes est le plus représenté, tandis que les familles des Muscicapidae, Sylviidae, Paridae et Picidae présentent une richesse spécifique importante. La richesse spécifique varie entre 7 et 19 espèces selon les points d'échantillonnage. L'abondance totale varie également entre les stations, avec une valeur maximale observée au niveau du site PE4. L'analyse de la fréquence d'occurrence montre que certaines espèces sont largement distribuées dans la zone d'étude, alors que d'autres présentent une présence plus localisée. Les indices de diversité de Shannon, de Simpson et d'équitable indiquent globalement une structure communautaire relativement équilibrée. La majorité des espèces recensées appartient à la catégorie Préoccupation mineure selon l'UICN, tandis qu'une espèce est classée vulnérable. Par ailleurs, 9 espèces bénéficient d'un statut de protection nationale.

Mots-clés : Oiseaux forestiers, Forêt d'El Ghorra, Biodiversité, Communautés aviaires, Richesse spécifique, Abondance, Conservation biologique, Parc National d'El Kala.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les forêts méditerranéennes constituent des centres de biodiversité d'importance mondiale et figurent parmi les 34 hotspots de biodiversité recensés à l'échelle planétaire (Myers et al., 2000). Bien qu'elles ne couvrent qu'environ 1,6 % de la surface terrestre, elles abritent près de 10 % des espèces végétales supérieures mondiales, soit environ 25 000 espèces, dont près de 60 % sont endémiques à cette région (Quézel, 1985 ; Médail et Quézel, 1997).

La richesse biologique des écosystèmes méditerranéens résulte de l'interaction entre plusieurs facteurs paléogéographiques, historiques et écologiques contemporains (Verlaque et al., 1997 ; Blondel et Aronson, 1999). Par ailleurs, le bassin méditerranéen présente des relations étroites entre les activités humaines, les paysages et la flore, les actions anthropiques ayant profondément façonné les écosystèmes forestiers depuis plusieurs millénaires (Thirgood, 1981 ; Pons et Quézel, 1985).

Les écosystèmes forestiers jouent un rôle fondamental dans le maintien de nombreuses espèces animales, notamment les oiseaux migrateurs. Les forêts constituent des habitats favorables offrant simultanément des ressources alimentaires, des sites de refuge et des zones de repos durant les déplacements saisonniers (Newton, 2008). La structure de la végétation forestière permet également de réduire l'exposition aux conditions climatiques défavorables et aux prédateurs, tandis que la diversité des ressources trophiques disponibles favorise la reconstitution des réserves énergétiques nécessaires aux migrations (Bairlein, 2002 ; McWilliams et Karasov, 2005). De plus, les conditions microclimatiques relativement tempérées et humides des milieux forestiers favorisent les haltes migratoires et contribuent à la survie des oiseaux au cours de leurs déplacements saisonniers.

En écologie, l'expression « oiseaux forestiers » désigne les espèces aviennes qui utilisent les milieux forestiers comme habitat principal pour l'alimentation, la reproduction ou le refuge. Les études écologiques distinguent généralement différents degrés de dépendance à la forêt, ce qui constitue un élément important pour le suivi de la biodiversité et la conservation des habitats forestiers. Les oiseaux représentent environ 70 % des espèces de vertébrés présentes dans les écosystèmes forestiers (Delahaye, 2006), ce qui en fait un groupe biologique particulièrement important dans l'étude du fonctionnement des milieux naturels.

Les oiseaux forestiers sont largement utilisés comme indicateurs de la biodiversité forestière (Jansson, 1998 ; Mikusiński et al., 2001). Leur forte dépendance à la structure de la végétation

(Skinner et al., 1996), leur sensibilité aux changements progressifs ou brusques de l'environnement ainsi que leur capacité à occuper de vastes territoires permettent d'évaluer l'état écologique des habitats forestiers. De plus, leur relative facilité d'observation et de recensement sur le terrain fait des oiseaux un outil privilégié pour le suivi écologique et l'évaluation de la qualité des milieux naturels (Prodon, 1988 ; Bibby et al., 1992 ; Fonderflick, 1998 ; Labourdetti et Malvaud, 2022).

Les oiseaux forestiers regroupent des espèces variées adaptées à différents types de forêts, qu'il s'agisse de forêts humides, sèches ou résineuses. Ce groupe comprend notamment de nombreux passereaux et pics jouant un rôle essentiel dans le maintien de l'équilibre écologique et de la biodiversité forestière. Dans les écosystèmes forestiers, les oiseaux constituent également un taxon relativement facile à inventorier à grande échelle (Villard et Guénette).

Les oiseaux possèdent plusieurs adaptations morphologiques et physiologiques favorisant leur aptitude au vol. Ce sont des vertébrés amniotes, homéothermes et ovipares caractérisés par la présence d'un squelette pneumatique, de sacs aériens, d'une musculature spécialisée, d'ailes dérivées des membres antérieurs ainsi que d'un bec à structure cornée. Leur forme aérodynamique et leur système respiratoire hautement développé constituent des adaptations essentielles à leurs capacités de déplacement et d'occupation de milieux variés (Lester, 1975).

Les oiseaux jouent également un rôle écologique majeur dans le fonctionnement des écosystèmes forestiers. Les espèces insectivores participent à la régulation naturelle des insectes ravageurs, tandis que certaines espèces nectarivores contribuent à la pollinisation. D'autres espèces interviennent dans la dispersion des graines ou dans l'élimination des carcasses animales, contribuant ainsi à l'équilibre écologique des milieux naturels.

Plusieurs travaux proposent une typologie des oiseaux forestiers basée sur leur degré de dépendance au milieu forestier. Les spécialistes forestiers sont principalement associés aux forêts peu perturbées et se reproduisent presque exclusivement dans les milieux forestiers. Les généralistes forestiers utilisent à la fois les lisières, les trouées forestières et certains milieux semi-ouverts. Enfin, les espèces faiblement dépendantes fréquentent occasionnellement les forêts mais se reproduisent surtout dans les espaces agricoles ou urbains arborés.

En Algérie, plusieurs études ornithologiques ont mis en évidence l'importance des milieux forestiers pour de nombreuses espèces migratrices et sédentaires. Les forêts, les steppes

boisées ainsi que certains paysages arborés constituent des habitats essentiels pour l'avifaune méditerranéenne (Isenmann et Moali, 2000 ; Dahmani et al., 2022). Plusieurs espèces endémiques nord-africaines liées aux milieux boisés y sont présentes, notamment la Perdrix gabra (*Alectoris barbara*), le Pic de Levillant (*Picus vaillantii*), le Rougequeue de Moussier (*Phoenicurus moussieri*).

PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1

Généralités sur les oiseaux

1.1. Définition des oiseaux

Les oiseaux constituent une classe de vertébrés tétrapodes appartenant au groupe des amniotes. Ce sont des animaux homéothermes et ovipares caractérisés principalement par la présence de plumes, d'un bec dépourvu de dents et de membres antérieurs transformés en ailes (Gill, 2007 ; Proctor et Lynch, 1993). Les oiseaux représentent l'un des groupes de vertébrés les plus diversifiés et occupent une grande variété d'habitats terrestres et aquatiques à travers le monde (Gill, 2007).

Les oiseaux possèdent plusieurs adaptations morphologiques et physiologiques favorisant leur aptitude au vol. Leur squelette pneumatique, constitué d'os légers contenant des cavités aériennes, permet de réduire le poids du corps tout en conservant une structure résistante (Lester, 1975). Les membres antérieurs sont modifiés en ailes, tandis que la présence de sacs aériens améliore l'efficacité des échanges respiratoires nécessaires au vol (Proctor et Lynch, 1993).

Les oiseaux présentent également une musculature pectorale fortement développée, indispensable aux mouvements des ailes et au maintien du vol. Leur corps possède généralement une forme aérodynamique limitant la résistance de l'air durant les déplacements (Gill, 2007). Le système visuel des oiseaux est particulièrement performant et joue un rôle essentiel dans la recherche alimentaire, la détection des prédateurs ainsi que les comportements reproducteurs (Proctor et Lynch, 1993).

Les plumes constituent l'un des caractères distinctifs des oiseaux. Elles assurent plusieurs fonctions biologiques importantes telles que le vol, l'isolation thermique, la protection du corps et la communication visuelle entre individus (Gill, 2007 ; Proctor et Lynch, 1993). Le bec, constitué d'une structure cornée, présente une grande diversité de formes directement liées aux habitudes alimentaires des différentes espèces (Proctor et Lynch, 1993).

Grâce à ces différentes adaptations, les oiseaux occupent des niches écologiques variées et jouent un rôle important dans le fonctionnement des écosystèmes naturels (Gill, 2007).

1.2. Caractéristiques morphologiques des oiseaux

La morphologie des oiseaux varie selon les espèces et les conditions écologiques des milieux qu'ils occupent. Le corps des oiseaux est généralement divisé en quatre parties principales : la tête, le cou, le tronc et la queue (Lester, 1975).

Le squelette des oiseaux est caractérisé par sa légèreté et sa rigidité. Plusieurs os sont pneumatisés et reliés aux sacs aériens, ce qui réduit la masse corporelle et favorise les capacités de déplacement aérien (Proctor et Lynch, 1993). Le sternum possède généralement une carène très développée servant de point d'insertion aux muscles pectoraux responsables des mouvements des ailes (Gill, 2007).

Les ailes représentent l'organe principal du vol chez les oiseaux. Leur forme et leur taille varient selon les habitudes écologiques des espèces. Les oiseaux planeurs possèdent souvent de longues ailes larges adaptées au vol prolongé, tandis que les espèces forestières présentent généralement des ailes plus courtes et arrondies favorisant les déplacements rapides et la maniabilité dans les milieux fermés (Proctor et Lynch, 1993).

Les membres postérieurs présentent également une grande diversité morphologique. Ils peuvent être adaptés à la marche, à la nage, à la course ou à la préhension selon les modes de vie des espèces (Gill, 2007). Les doigts et les griffes possèdent des formes variées permettant l'exploitation de différents habitats.

Le bec constitue une structure fortement spécialisée chez les oiseaux. Sa forme dépend étroitement du régime alimentaire des espèces. Les oiseaux granivores possèdent généralement un bec court et robuste adapté à la consommation des graines, tandis que les oiseaux insectivores présentent souvent un bec fin et allongé facilitant la capture des insectes. Les rapaces possèdent quant à eux un bec crochu permettant de déchirer les proies (Proctor et Lynch, 1993).

Le plumage joue également un rôle essentiel dans la biologie des oiseaux. Il assure l'isolation thermique, protège le corps contre les variations climatiques et participe aux comportements de camouflage, de communication et de reproduction (Gill, 2007).

1.3. Adaptations au vol

Le vol constitue l'une des principales adaptations biologiques des oiseaux et résulte de plusieurs caractéristiques morphologiques, anatomiques et physiologiques (Lester, 1975).

Le squelette pneumatique représente une adaptation importante permettant de diminuer le poids du corps sans réduire la solidité de l'animal (Proctor et Lynch, 1993). Le sternum caréné favorise l'insertion des puissants muscles pectoraux responsables du battement des ailes (Gill, 2007).

Le système respiratoire des oiseaux est particulièrement performant grâce à la présence de sacs aériens reliés aux poumons. Cette organisation permet une circulation continue de l'air et améliore les échanges gazeux durant le vol, lorsque les besoins énergétiques sont très élevés (Proctor et Lynch, 1993).

Les ailes assurent la sustentation, la propulsion et l'orientation durant le vol. Leur forme varie selon les modes de déplacement des espèces. Les oiseaux migrateurs possèdent généralement des ailes longues favorisant les déplacements sur de grandes distances, tandis que les oiseaux forestiers présentent souvent des ailes plus courtes adaptées aux déplacements rapides dans les habitats fermés (Gill, 2007).

La queue joue également un rôle important dans l'équilibre, les changements de direction et le freinage durant le vol (Lester, 1975). Chez certaines espèces, elle intervient aussi dans les comportements de communication et de reproduction.

Les muscles pectoraux représentent une proportion importante de la masse musculaire totale des oiseaux. Leur développement permet de produire l'énergie nécessaire au battement des ailes et au maintien du vol actif (Proctor et Lynch, 1993).

1.4. Importance écologique des oiseaux

Les oiseaux occupent une place importante dans le fonctionnement des écosystèmes naturels et participent à plusieurs processus écologiques essentiels (Gill, 2007).

Les oiseaux insectivores contribuent à la régulation naturelle des populations d'insectes, notamment des espèces ravageuses des cultures et des forêts (Delahaye, 2006 ; Mikusiński et al., 2001). Certaines espèces forestières comme les pics et les mésanges consomment quotidiennement une grande quantité d'insectes et participent ainsi au contrôle biologique des ravageurs forestiers (Delahaye, 2006).

Les oiseaux nectarivores jouent un rôle dans la pollinisation de certaines plantes en transportant le pollen d'une fleur à une autre lors de leur alimentation (Gill, 2007). D'autres

espèces participent à la dispersion des graines et contribuent au renouvellement de la végétation naturelle (Proctor et Lynch, 1993).

Les oiseaux nécrophages, notamment les vautours, assurent l'élimination rapide des carcasses animales et participent à la limitation des risques sanitaires liés à la décomposition de la matière organique (Gill, 2007).

Les oiseaux sont également largement utilisés comme bioindicateurs de la qualité des habitats naturels. Leur forte dépendance à la structure de la végétation et leur sensibilité aux perturbations environnementales permettent d'évaluer l'état de conservation des écosystèmes (Jansson, 1998 ; Mikusiński et al., 2001). Les communautés aviaires sont ainsi fréquemment utilisées dans les études de biodiversité et les programmes de gestion écologique (Bibby et al., 1992 ; Prodon, 1988).

Dans les écosystèmes forestiers, les oiseaux représentent environ 70 % des espèces de vertébrés (Delahaye, 2006). Leur relative facilité d'observation et de recensement fait des oiseaux un groupe biologique particulièrement utilisé dans les programmes de suivi écologique et de conservation de la biodiversité forestière (Bibby et al., 1992).

En raison de leur diversité écologique et de leur sensibilité aux modifications de l'environnement, les oiseaux constituent de bons indicateurs biologiques. La composition des communautés aviaires peut renseigner sur l'état de conservation d'un habitat, son degré de perturbation et la disponibilité des ressources écologiques. Dans les milieux forestiers, les variations de richesse spécifique, d'abondance et de fréquence d'occurrence des oiseaux peuvent ainsi refléter les changements affectant la structure de la végétation et la qualité du milieu (Bibby et al., 1992 ; Prodon, 1988 ; Jansson, 1998 ; Mikusiński et al., 2001).

Chapitre II

Régimes alimentaires des oiseaux

2.1. Oiseaux phytophages

Les oiseaux phytophages sont des espèces dont l'alimentation repose principalement sur des matières végétales telles que les feuilles, les bourgeons, les jeunes pousses ou certaines parties des plantes (Gill, 2007). Ce régime alimentaire nécessite plusieurs adaptations morphologiques et physiologiques permettant la digestion de matières végétales souvent riches en cellulose.

Les oiseaux phytophages possèdent généralement un bec robuste leur permettant de couper ou de broyer les tissus végétaux. Leur appareil digestif présente également certaines adaptations favorisant l'assimilation des végétaux, notamment un jabot développé et un gésier musculaire facilitant le broyage des aliments (Proctor et Lynch, 1993).

Certaines espèces fréquentent principalement les milieux forestiers où elles exploitent les ressources végétales disponibles dans les arbres et les arbustes. Les oiseaux phytophages jouent également un rôle écologique important en participant à la dispersion des graines et au renouvellement de la végétation naturelle (Gill, 2007).

2.2. Oiseaux granivores

Les oiseaux granivores se nourrissent principalement de graines et de céréales. Ce régime alimentaire est particulièrement fréquent chez plusieurs espèces de passereaux telles que les moineaux, les pinsons et les fringilles (Gill, 2007).

Les espèces granivores possèdent généralement un bec court, épais et puissant permettant de casser les graines et d'en extraire le contenu nutritif (Proctor et Lynch, 1993). Le gésier est également fortement développé afin de faciliter le broyage mécanique des graines.

Les oiseaux granivores occupent divers habitats naturels et anthropisés, notamment les forêts ouvertes, les steppes, les cultures agricoles et les zones urbaines. Certaines espèces jouent un rôle important dans la dispersion des graines, tandis que d'autres peuvent occasionner des pertes économiques dans les zones agricoles lorsqu'elles consomment les semences cultivées (Gill, 2007).

2.3. Oiseaux nectarivores

Les oiseaux nectarivores se nourrissent principalement du nectar produit par les fleurs. Ce type d'alimentation est particulièrement développé chez certaines espèces tropicales comme les colibris et les souimangas (Gill, 2007).

Ces oiseaux présentent généralement un bec long et fin ainsi qu'une langue spécialisée permettant d'extraire le nectar au fond des fleurs (Proctor et Lynch, 1993). Les oiseaux nectarivores jouent un rôle écologique essentiel dans la pollinisation des plantes en transportant le pollen d'une fleur à une autre lors de leurs déplacements alimentaires.

Le nectar constitue une source importante d'énergie grâce à sa richesse en sucres. Toutefois, plusieurs espèces nectarivores complètent également leur alimentation par la consommation d'insectes afin de satisfaire leurs besoins en protéines (Gill, 2007).

2.4. Oiseaux insectivores

Les oiseaux insectivores se nourrissent principalement d'insectes et d'autres petits invertébrés. Ce régime alimentaire est particulièrement répandu chez de nombreuses espèces forestières telles que les pics, les mésanges, les gobemouches et certaines fauvettes (Delahaye, 2006).

Les oiseaux insectivores présentent des adaptations morphologiques variées selon leurs techniques de chasse. Certaines espèces possèdent un bec fin et allongé facilitant la capture des insectes dans le feuillage, tandis que les pics disposent d'un bec robuste leur permettant de creuser l'écorce des arbres à la recherche de larves et d'insectes xylophages (Proctor et Lynch, 1993).

Les oiseaux insectivores jouent un rôle écologique majeur dans les écosystèmes forestiers en participant au contrôle biologique des populations d'insectes ravageurs (Mikusiński et al., 2001). Certaines espèces consomment quotidiennement une quantité importante d'insectes et contribuent ainsi à limiter les pullulations d'espèces nuisibles.

2.5. Oiseaux carnivores

Les oiseaux carnivores se nourrissent principalement de proies animales telles que les petits mammifères, les reptiles, les poissons ou d'autres oiseaux. Ce groupe comprend notamment les rapaces diurnes et nocturnes (Gill, 2007).

Les oiseaux carnivores possèdent plusieurs adaptations morphologiques spécialisées. Leur bec crochu facilite la déchirure des proies, tandis que leurs serres puissantes permettent la capture et le maintien des victimes (Proctor et Lynch, 1993). Leur vision particulièrement développée constitue également une adaptation importante à la chasse.

Les rapaces jouent un rôle écologique essentiel dans la régulation des populations animales et contribuent au maintien de l'équilibre des chaînes trophiques naturelles (Gill, 2007).

2.6. Oiseaux charognards

Les oiseaux charognards se nourrissent principalement de carcasses animales en décomposition. Les vautours représentent les principaux oiseaux charognards observés dans les écosystèmes naturels (Gill, 2007).

Ces espèces possèdent plusieurs adaptations morphologiques favorisant ce mode d'alimentation, notamment un bec puissant permettant de déchirer les tissus animaux ainsi qu'un système digestif capable de résister à certaines bactéries pathogènes présentes dans les carcasses (Proctor et Lynch, 1993).

Les oiseaux charognards jouent un rôle écologique très important en participant à l'élimination rapide des cadavres animaux et à la limitation des risques sanitaires liés à la décomposition organique (Gill, 2007). Leur disparition peut entraîner des déséquilibres écologiques importants et favoriser la propagation de certaines maladies.

Chapitre 3

Oiseaux forestiers

3.1. Définition des oiseaux forestiers

En écologie, le terme « oiseaux forestiers » désigne les espèces aviennes qui utilisent principalement les habitats forestiers pour l'alimentation, la reproduction, le refuge ou la nidification (Villard, 1998 ; Villard et Jonsson, 2009). Ces espèces occupent différents types de formations forestières, notamment les forêts feuillues, résineuses, mixtes, humides ou méditerranéennes.

Les oiseaux forestiers constituent une composante importante de la biodiversité des écosystèmes forestiers. Dans de nombreux milieux boisés, ils représentent une proportion élevée des espèces de vertébrés présentes et occupent des niches écologiques variées (Delahaye, 2006). Certaines espèces exploitent principalement la canopée, tandis que d'autres fréquentent le sous-bois, les troncs d'arbres ou les litières forestières.

La présence des oiseaux forestiers dépend fortement de la structure de la végétation, de la composition floristique des peuplements ainsi que de la disponibilité des ressources alimentaires et des sites de nidification (Skinner et al., 1996 ; Mikusiński et al., 2001). Les modifications de la structure forestière, telles que la fragmentation des habitats, l'exploitation intensive ou la disparition du bois mort, peuvent donc influencer directement la composition des communautés aviaires forestières (Delahaye, 2006).

Les oiseaux forestiers sont largement utilisés comme bioindicateurs de la qualité écologique des forêts en raison de leur sensibilité aux perturbations environnementales et de leur relative facilité d'observation sur le terrain (Bibby et al., 1992 ; Prodon, 1988). Plusieurs études montrent que la richesse spécifique et la composition des communautés aviaires peuvent refléter l'état de conservation des habitats forestiers (Jansson, 1998 ; Mikusiński et al., 2001).

Chez les oiseaux forestiers, le choix de l'habitat est fortement influencé par la physionomie et la structure de la végétation. La hauteur des arbres, la densité du sous-bois, la présence de lisières, de cavités naturelles, de bois mort et de strates végétales diversifiées constituent des éléments importants pour l'alimentation, le refuge et la reproduction. Les critères floristiques

peuvent intervenir, mais la structure générale de la végétation reste souvent déterminante dans l'installation des espèces aviaires forestières (Blondel et al., 1973 ; Delahaye, 2006).

3.2. Typologie des oiseaux forestiers

Plusieurs auteurs proposent une classification des oiseaux forestiers selon leur degré de dépendance aux habitats boisés (Blondel, 1995 ; Villard et Jonsson, 2009). Cette distinction permet de mieux comprendre les exigences écologiques des espèces et leur sensibilité aux modifications des milieux forestiers.

3.2.1. Spécialistes forestiers

Les spécialistes forestiers sont des espèces étroitement liées aux milieux forestiers peu perturbés. Ils se reproduisent principalement à l'intérieur des forêts et sont rarement observés dans les habitats ouverts. Leur présence est souvent considérée comme un indicateur de bonne qualité écologique des peuplements forestiers (Mikusiński, 2006).

Parmi ces espèces figurent plusieurs pics, sittelles et certaines fauvettes forestières. Ces oiseaux dépendent généralement de structures forestières complexes comprenant des arbres âgés, des cavités naturelles, du bois mort et un sous-bois relativement développé (Delahaye, 2006).

3.2.2. Généralistes forestiers

Les généralistes forestiers utilisent à la fois l'intérieur des forêts, les lisières, les clairières et certains habitats semi-ouverts. Ces espèces présentent généralement une plus grande capacité d'adaptation aux modifications environnementales et peuvent être observées dans des paysages fragmentés ou anthropisés (Devictor et al., 2008).

Certaines espèces comme le Merle noir (*Turdus merula*), la Fauvette à tête noire (*Sylvia atricapilla*) ou encore le Pinson des arbres (*Fringilla coelebs*) appartiennent à cette catégorie.

3.2.3. Espèces faiblement dépendantes de la forêt

Ces espèces fréquentent occasionnellement les habitats forestiers mais se reproduisent principalement dans les milieux ouverts, agricoles ou urbains arborés (Opdam et Wascher, 2004). Elles utilisent souvent les forêts comme zones de refuge ou d'alimentation temporaires.

3.3. Oiseaux forestiers méditerranéens

Les forêts méditerranéennes présentent une grande diversité biologique liée à l'hétérogénéité des paysages, des conditions climatiques et des formations végétales (Quézel et Médail, 2003). Ces écosystèmes abritent une avifaune variée comprenant des espèces sédentaires, migratrices et endémiques adaptées aux conditions écologiques méditerranéennes.

Les milieux forestiers méditerranéens sont généralement caractérisés par une mosaïque de micro-habitats résultant des variations de la végétation, de la topographie et des perturbations naturelles telles que les incendies ou les crues (Blondel, 1995). Cette diversité structurale favorise l'installation d'un grand nombre d'espèces d'oiseaux occupant différentes strates de la végétation.

Dans les ripisylves méditerranéennes, Blondel (2003) souligne que l'hétérogénéité des habitats et la forte productivité biologique permettent la coexistence de nombreuses espèces forestières et de lisière. Plusieurs espèces forestières typiques y sont fréquemment observées, notamment le Pic vert (*Picus viridis*), le Pic épeiche (*Dendrocopos major*), le Geai des chênes (*Garrulus glandarius*), différentes espèces de mésanges (*Parus* spp.) ainsi que la Fauvette à tête noire (*Sylvia atricapilla*) (Blondel, 2003).

La structure de la végétation joue un rôle fondamental dans la composition des communautés aviaires méditerranéennes. Les forêts présentant une stratification complexe, un sous-bois développé et la présence de bois morts accueillent généralement une richesse spécifique plus élevée (Blondel et Farré, 1988 ; Delahaye, 2006).

Les oiseaux forestiers méditerranéens jouent également un rôle écologique important dans les chaînes trophiques forestières. Les espèces insectivores participent à la régulation des populations d'insectes, tandis que certaines espèces frugivores contribuent à la dispersion des graines et au renouvellement de la végétation naturelle (Blondel, 1995).

Les forêts méditerranéennes sont soumises à de nombreuses pressions écologiques, notamment les incendies, le déboisement, la fragmentation des habitats, le surpâturage et les changements climatiques. Ces perturbations modifient la structure de la végétation et influencent directement la composition des communautés aviaires. Chez les oiseaux, les effets des incendies sont souvent indirects et liés à la transformation de l'habitat, notamment à la diminution du couvert végétal, à la modification des ressources alimentaires et à la disparition de certains sites de nidification (Blondel et Aronson, 1999 ; Sarà et al., 2006 ; Jacquet et Cheylan, 2008).

3.4. Avifaune forestière en Algérie

L'Algérie possède une grande diversité d'habitats forestiers comprenant des forêts de chêne-liège, de chêne vert, de cèdre, de pin d'Alep ainsi que différentes formations steppiques arborées (Isenmann et Moali, 2000). Ces milieux abritent une avifaune riche composée d'espèces sédentaires, migratrices et endémiques.

Les études ornithologiques menées en Algérie montrent que le pays représente un important carrefour migratoire entre l'Europe et l'Afrique (Samraoui et al., 2011). Les forêts algériennes constituent ainsi des zones de refuge, d'alimentation et de reproduction pour de nombreuses espèces aviaires.

Dans la forêt de Mérine, située au nord-ouest de l'Algérie, 71 espèces d'oiseaux ont été recensées, dont plusieurs espèces migratrices nicheuses et visiteurs de passage (El Bouhissi et al.). Dans les cédraies des Aurès, Moussouni et al. (2022) ont identifié 32 espèces nicheuses comprenant des espèces migratrices et sédentaires.

Les paysages forestiers à pistachier de l'Atlas dans la région de Tiaret présentent également une richesse ornithologique importante avec plus de 100 espèces recensées, dont plusieurs migrateurs nicheurs et hivernants (Dahmani et al. (2022).

Plusieurs espèces endémiques nord-africaines associées aux milieux forestiers sont présentes en Algérie. Parmi les plus remarquables figurent la Perdrix gabra (*Alectoris barbara*), le Pic de Levaillant (*Picus vaillantii*), le Rougequeue de Moussier (*Phoenicurus moussieri*), la Fauvette de l'Atlas (*Sylvia deserticola*) ainsi que la Mésange bleue d'Afrique (*Cyanistes teneriffae*) (Isenmann et Moali, 2000).

Cependant, les écosystèmes forestiers algériens subissent aujourd'hui plusieurs pressions environnementales liées notamment aux incendies, à la fragmentation des habitats, au surpâturage et aux changements climatiques. Ces perturbations peuvent entraîner des modifications importantes dans la structure des communautés aviaires forestières et menacer certaines espèces sensibles (Samraoui et al., 2011).

La conservation des oiseaux forestiers en Algérie nécessite donc une meilleure connaissance de leur écologie, de leurs habitats et des facteurs influençant leur répartition afin de mettre en place des stratégies de gestion et de conservation adaptées.

PARTIE EXPÉRIMENTALE

Chapitre 4

Matériel et méthodes

4.1. Présentation de la zone d'étude

L'étude a été réalisée dans la région d'El Tarf, située à l'extrême nord-est de l'Algérie, plus précisément au niveau d'El-Ghorra, dans le secteur du Parc National d'El Kala. Ce parc constitue l'un des espaces naturels les plus importants du nord-est algérien par la diversité de ses écosystèmes et par sa valeur écologique méditerranéenne. Le Parc National d'El Kala a été créé en 1983 et couvre une superficie de 76 438 ha selon la Direction Générale des Forêts, tandis que l'UNESCO indique que la réserve de biosphère d'El Kala couvre plus de 70 000 ha. Il a été reconnu comme réserve de biosphère par l'UNESCO en 1990.

Le parc est situé à l'extrême est de l'Algérie, dans la wilaya d'El Tarf, à proximité de la frontière algéro-tunisienne. Il présente une mosaïque d'écosystèmes comprenant des zones humides, des forêts de chêne-liège, des dunes, des montagnes et des milieux marins. Cette diversité d'habitats explique son importance comme sanctuaire de biodiversité méditerranéenne.

La partie méridionale du parc est dominée par des reliefs montagneux, dont le Djebel El-Ghorra, qui culmine à environ 1202 m d'altitude. Cette zone présente un bioclimat humide à subhumide, avec des précipitations annuelles moyennes généralement comprises entre 800 et 900 mm et pouvant atteindre localement 1300 mm. Ces conditions favorisent le développement de formations forestières riches et diversifiées.



Figure 1 : Structure du peuplement forestier dans la forêt d’El-Ghorra (photo personnelle, 2026)

La forêt d’El-Ghorra est notamment caractérisée par la présence de formations à chêne zéen (*Quercus canariensis*) et à chêne-liège (*Quercus suber*), ainsi que par une végétation forestière dense et stratifiée. Une référence importante pour cette zone est le travail de Sarri (2002), consacré à l’étude de la végétation du Parc National d’El Kala, plus précisément la forêt domaniale du Djebel El-Ghorra. Cette référence est citée dans plusieurs travaux universitaires sur la région.



Figure 2 : Végétation arbustive dans la zone d’étude (photo personnelle, 2026)

La richesse biologique du Parc National d’El Kala a également été soulignée par Sarri et al. (2014), qui décrivent le parc comme un territoire d’intérêt national et international pour la

conservation de la biodiversité. Selon ces auteurs, le parc abrite une diversité remarquable de flore et de faune, renforçant son rôle dans la préservation des écosystèmes méditerranéens du nord-est algérien.

4.2. Méthodologie d'échantillonnage et Matériel utilisé

L'inventaire ornithologique a été réalisé à l'aide de la méthode des Indices Ponctuels d'Abondance (IPA), largement utilisée dans les études d'avifaune forestière et les suivis écologiques (Blondel et al., 1970 ; Bibby et al., 1992).

Cette méthode consiste à effectuer des observations à partir de points fixes répartis dans la zone d'étude afin de recenser les espèces présentes et d'estimer leur abondance relative. Les oiseaux ont été identifiés visuellement ou acoustiquement durant 10 min d'observation pour chaque point d'échantillonnage.

Au total, plusieurs points d'écoute notés PE1 à PE18 ont été répartis dans différents points de la forêt d'El-Ghorra afin de couvrir la diversité des habitats présents dans la zone d'étude. Les observations ont été réalisées principalement durant les premières heures de la matinée, période correspondant à l'activité maximale des oiseaux (Bibby et al., 1992).

Pour chaque point d'échantillonnage, les espèces observées ainsi que le nombre d'individus détectés ont été notés sur des fiches techniques de terrain.

La nomenclature scientifique des espèces observées suit les références ornithologiques utilisées pour l'avifaune d'Algérie (Isenmann et Moali, 2000).

Le matériel utilisé durant les sorties de terrain comprend :

- Un appareil photographique
- Des fiches techniques de terrain pour le relevé des espèces observées
- des guides d'identification ornithologique pour la détermination des espèces

4.3. Traitement des données et analyses écologiques appliquées à l'avifaune

Les données collectées au niveau des différents points d'écoute ont été organisées sous forme de tableaux regroupant les espèces recensées ainsi que le nombre d'individus observés dans chaque station d'échantillonnage. Les analyses réalisées ont permis de caractériser la

composition, la structure et la diversité des communautés aviaires observées dans la forêt d'El-Ghorra.

Les traitements écologiques appliqués à l'avifaune comprennent des analyses de composition, des analyses de structure ainsi que des analyses descriptives complémentaires portant sur la répartition taxonomique et le statut de conservation des espèces recensées.

4.3.1. Analyses écologiques de composition

Les indices écologiques de composition permettent de décrire les caractéristiques générales du peuplement aviaire étudié. Ils comprennent principalement la richesse spécifique, l'abondance des espèces et la fréquence d'occurrence.

▪ Richesse spécifique (S)

La richesse spécifique correspond au nombre total d'espèces recensées dans une station ou dans l'ensemble de la zone d'étude (Ramade, 2002). Elle représente l'un des paramètres les plus utilisés dans les études de biodiversité et permet d'évaluer l'importance écologique des habitats étudiés.

Selon Blondel (1979), la richesse spécifique augmente progressivement avec l'intensité de l'échantillonnage et le nombre de stations prospectées. Dans cette étude, la richesse spécifique a été calculée pour chaque point d'écoute afin de comparer les différents secteurs de la forêt étudiée. Une représentation graphique de la variation de la richesse spécifique entre les points d'échantillonnage a également été réalisée.

▪ Abondance totale des oiseaux

L'abondance correspond au nombre total d'individus recensés dans une station donnée ou dans l'ensemble de la zone d'étude. Elle constitue un paramètre écologique important permettant d'évaluer l'importance numérique des populations et des communautés animales dans un habitat donné (Ramade, 2002).

Dans les études ornithologiques, les méthodes de dénombrement, notamment les points d'écoute, permettent d'estimer l'abondance des oiseaux et de comparer les peuplements entre différents habitats ou stations d'échantillonnage (Bibby et al., 1992 ; Gregory et al., 2004).

Dans cette étude, l'abondance totale des oiseaux a été calculée pour chaque point d'échantillonnage à partir du nombre total d'individus observés durant les inventaires. Les variations d'abondance entre les stations ont été représentées sous forme graphique afin de mettre en évidence les différences spatiales observées dans la forêt d'El-Ghorra.

▪ **Fréquence d'occurrence ou constance (C%)**

La fréquence d'occurrence, également appelée constance, correspond au pourcentage de relevés dans lesquels une espèce est observée par rapport au nombre total de relevés effectués (Dajoz, 1982).

Elle est calculée selon la formule suivante :

$$C (\%) = (P_i / P) \times 100$$

Avec :

- P_i : nombre de relevés contenant l'espèce considérée ;
- P : nombre total de relevés réalisés.

Selon Bigot et Bodot (1973), les espèces peuvent être classées selon leur fréquence d'occurrence en plusieurs catégories :

- espèces omniprésentes : fréquence égale à 100 % ;
- espèces constantes : fréquence supérieure ou égale à 50 % ;
- espèces accessoires : fréquence comprise entre 25 et 49 % ;
- espèces accidentelles : fréquence inférieure à 25 %.

La fréquence d'occurrence permet d'évaluer la distribution spatiale des espèces au sein des différents points d'écoute étudiés. Dans cette étude, elle a été utilisée afin d'identifier les espèces les plus largement réparties dans la forêt d'El-Ghorra.

4.3.2. Analyses écologiques de structure

Les indices écologiques de structure permettent d'évaluer l'organisation des communautés aviaires recensées ainsi que la répartition des individus entre les différentes espèces

observées. Dans cette étude, les indices de Shannon-Weaver, de Simpson et d'équitabilité ont été utilisés.

▪ **Indice de diversité de Shannon-Weaver (H')**

L'indice de Shannon-Weaver (Shannon & Weaver, 1949) est l'un des indices de diversité les plus utilisés en écologie. Il prend en considération à la fois le nombre d'espèces présentes et la répartition des individus entre ces espèces.

Il est calculé selon la formule suivante :

$$H' = - \sum (q_i \times \log_2 q_i)$$

Avec :

- $q_i = n_i / N$
- n_i : nombre d'individus de l'espèce i ;
- N : nombre total d'individus recensés.

Les valeurs élevées de l'indice de Shannon traduisent généralement une diversité spécifique importante associée à une répartition relativement équilibrée des espèces.

▪ **Indice de Simpson**

L'indice de Simpson permet d'évaluer le degré de dominance des espèces au sein d'une communauté biologique. Il prend en compte à la fois la richesse spécifique et l'abondance relative des espèces, et exprime la probabilité que deux individus choisis au hasard appartiennent à la même espèce ou à des espèces différentes selon la forme de l'indice utilisée (Simpson, 1949 ; Magurran, 2004).

Des valeurs élevées de l'indice de diversité de Simpson traduisent généralement une faible dominance et une structure communautaire relativement équilibrée.

▪ **Indice d'équitabilité (E)**

L'indice d'équitabilité permet d'évaluer le degré d'homogénéité de la répartition des individus entre les espèces recensées. Il complète l'indice de Shannon en indiquant si les

individus sont répartis de manière équilibrée entre les différentes espèces ou si certaines espèces dominent la communauté (Pielou, 1966 ; Magurran, 2004).

Il est calculé selon la formule suivante :

$$E = H' / H'_{\max}$$

Avec :

- H' : indice de diversité de Shannon ;
- $H'_{\max} = \log_2 S$;
- S : richesse spécifique totale.

Les valeurs de l'équitabilité varient entre 0 et 1. Une valeur proche de 1 indique une distribution relativement homogène des individus entre les espèces présentes.

Dans cette étude, les indices de Shannon, Simpson et d'équitabilité ont été calculés pour chaque point d'échantillonnage afin de comparer la structure écologique des communautés aviaires entre les différents sites étudiés.

4.3.3. Analyses descriptives complémentaires

▪ Heatmap d'abondance et classification hiérarchique

Une heatmap d'abondance accompagnée d'une classification hiérarchique a été réalisée afin de visualiser la distribution des espèces aviaires entre les différents points d'échantillonnage.

Cette représentation graphique permet de mettre en évidence les variations d'abondance des espèces ainsi que les similarités écologiques existant entre les stations étudiées. Les couleurs utilisées dans la heatmap traduisent les variations d'abondance des espèces recensées dans chaque point d'écoute.

La classification hiérarchique permet quant à elle de regrouper les stations présentant des compositions aviaires relativement similaires.

▪ Richesse et abondance selon les familles aviaires

La richesse spécifique et l'abondance totale ont également été analysées à l'échelle des familles aviaires afin d'identifier les groupes taxonomiques les mieux représentés dans la forêt étudiée.

Ces analyses permettent de mieux caractériser la structure taxonomique du peuplement aviaire recensé dans la zone d'étude.

4.3.4. Analyses patrimoniales et statut de conservation

Les espèces recensées ont été classées selon leur statut de conservation UICN ainsi que leur statut de protection nationale.

La classification UICN permet d'évaluer le niveau de menace des espèces à l'échelle internationale, tandis que le statut de protection nationale renseigne sur les espèces bénéficiant d'une protection réglementaire en Algérie.

Des représentations graphiques ont été réalisées afin d'illustrer la répartition des espèces selon ces différents statuts de conservation.

L'ensemble des traitements statistiques et des représentations graphiques a été réalisé à l'aide du logiciel R (R Core Team, 2024).

Partie

Résultats

Résultats

La présente étude a permis d'inventorier l'avifaune forestière au niveau de la forêt d'El-Ghorra à travers plusieurs points d'échantillonnage répartis dans la zone d'étude. Au total, plusieurs espèces appartenant à différentes familles aviaires ont été recensées. Les analyses réalisées ont permis d'évaluer la richesse spécifique, l'abondance, la fréquence d'occurrence, la structure des communautés aviaires ainsi que les indices de diversité écologique des espèces observées.

Les résultats dans le tableau 1 montrent la présence de 32 espèces d'oiseaux appartenant à 6 ordres, 20 familles et 27 genres dans les stations étudiées. L'ordre des Passeriformes est le plus représenté avec la majorité des espèces recensées. Les familles des Muscicapidae, Sylviidae, Paridae et Picidae présentent également une richesse spécifique relativement importante. La majorité des espèces inventoriées sont classées dans la catégorie Préoccupation mineure (LC) selon l'UICN, tandis que la Tourterelle des bois est classée comme espèce vulnérable (VU).

Tableau 1 : Liste des espèces de l'avifaune forestière recensées dans les stations d'étude.

Ordre	Famille	Espèce	Nom commun	Statut UICN	Protection nationale
Galliformes	Phasianidae	<i>Alectoris barbara</i>	Perdrix gambara	LC	UP
Columbiformes	Columbidae	<i>Columba palumbus</i>	Pigeon ramier	LC	UP
		<i>Streptopelia turtur</i>	Tourterelle des bois	VU	UP
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Cuculus canorus</i>	Coucou gris	LC	P
Upupiformes	Upupidae	<i>Upupa epops</i>	Huppe fasciée	LC	P
Piciformes	Picidae	<i>Picus vaillantii</i>	Pic de Levillant	LC	P

	Picidae	<i>Dendrocopos minor</i>	Pic épeichette	LC	P
Passeriformes	Alaudidae	<i>Lullula arborea</i>	Alouette lulu	LC	UP
	Troglodytidae	<i>Troglodytes troglodytes</i>	Troglodyte mignon	LC	UP
	Muscicapidae	<i>Erithacus rubecula</i>	Rougegorge familier	LC	UP
	Muscicapidae	<i>Saxicola rubicola</i>	Tarier pâtre	NE	UP
	Unknown	<i>Turdus merula</i>	Merle noir	LC	UP
	Turdidae	<i>Turdus viscivorus</i>	Grive draine	LC	UP
	Acrocephalidae	<i>Hippolais polyglotta</i>	Hypolaïs polyglotte	LC	UP
	Sylviidae	<i>Sylvia melanocephala</i>	Fauvette mélanocéphale	LC	UP
	Sylviidae	<i>Sylvia communis</i>	Fauvette grisette	LC	UP
	Sylviidae	<i>Sylvia atricapilla</i>	Fauvette à tête noire	LC	UP
	Phylloscopidae	<i>Phylloscopus bonelli</i>	Pouillot de Bonelli	LC	UP
	Phylloscopidae	<i>Phylloscopus ibericus</i>	Pouillot ibérique	LC	UP
	Regulidae	<i>Regulus</i>	Roitelet triple-	LC	P

		<i>ignicapilla</i>	bandeau		
	Muscicapidae	<i>Muscicapa striata</i>	Gobemouche gris	LC	UP
	Muscicapidae	<i>Ficedula speculigera</i>	Gobemouchede l'Atlas	LC	UP
	Paridae	<i>Periparus ater</i>	Mésange noire	LC	UP
	Paridae	<i>Cyanistes teneriffae</i>	Mésange nord-africaine	LC	UP
	Paridae	<i>Parus major</i>	Mésange charbonnière	LC	UP
	Certhiidae	<i>Certhia brachydactyla</i>	Grimpereau des jardins	LC	UP
	Oriolidae	<i>Oriolus oriolus</i>	Loriot d'Europe	LC	P
	Corvidae	<i>Garrulus glandarius</i>	Geai des chênes	LC	P
	Fringillidae	<i>Fringilla coelebs</i>	Pinson des arbres	LC	UP
		<i>Serinus serinus</i>	serin cini	LC	P
	Emberizidae	<i>Emberiza cirrus</i>	Bruant zizi	LC	UP

Note : LC = Préoccupation mineure ; VU = Vulnérable ; NE = Non évaluée ; P = protégée ; UP = non protégée.

1. Richesse spécifique et abondance des oiseaux

La richesse spécifique et l'abondance des oiseaux varient selon les différents points d'échantillonnage étudiés dans la forêt d'El-Ghorra.

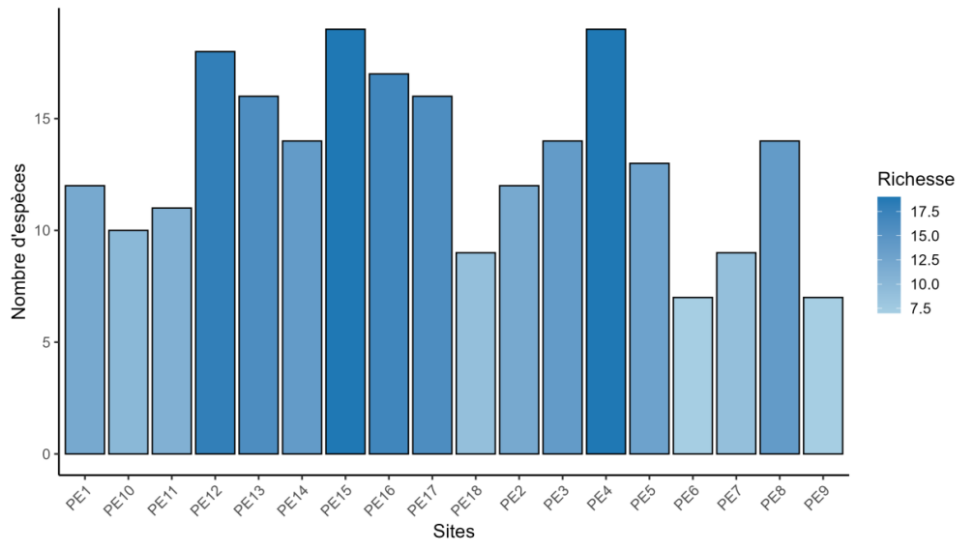


Figure 3 : Variation de la richesse spécifique des oiseaux par point d'échantillonnage

La richesse spécifique des oiseaux varie d'un site à l'autre au sein de la zone d'étude. Le nombre d'espèces recensées par point d'échantillonnage est compris entre 7 et 19 espèces. Les valeurs les plus élevées sont observées au niveau des sites PE4 et PE15, qui présentent la richesse maximale. À l'inverse, les sites PE6 et PE9 enregistrent les valeurs les plus faibles.

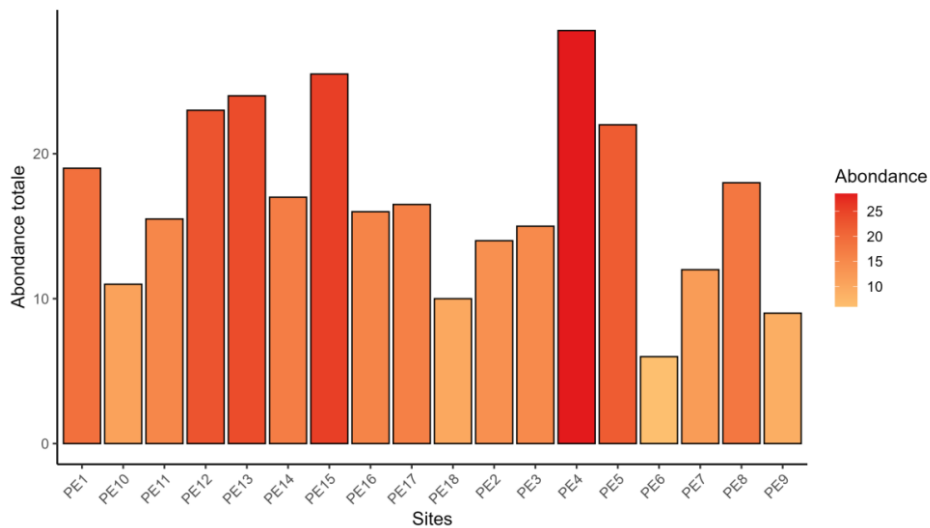


Figure 4 : Variation de l'abondance totale des oiseaux par point d'échantillonnage

Le nombre total d'individus observés par site est compris entre environ 6 et 29 individus. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau du site PE4, suivi des sites PE15, PE13 et PE12. À l'inverse, le site PE6 présente l'abondance la plus faible.

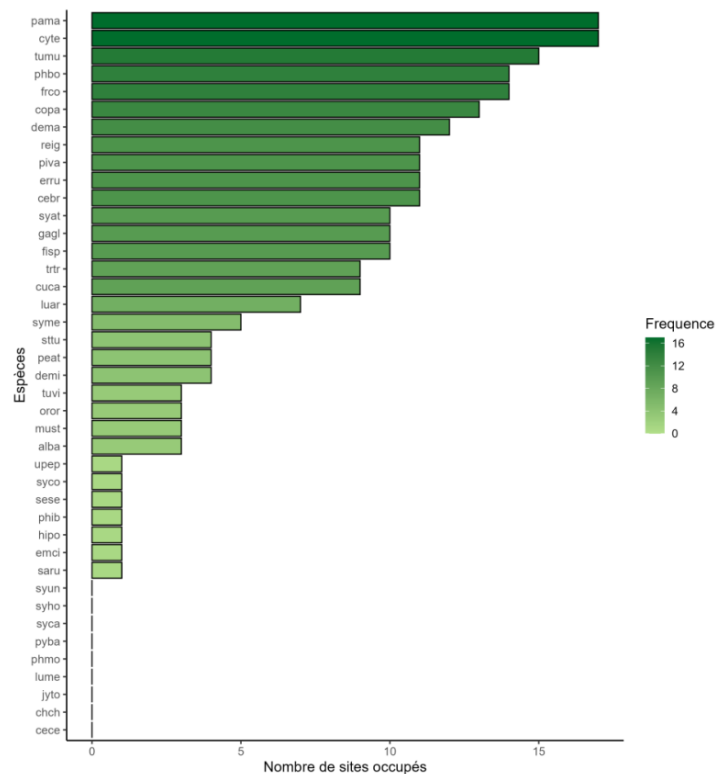


Figure 5 : Fréquence d'occurrence des espèces d'oiseaux dans les points d'échantillonnage

Certaines espèces présentent une large distribution spatiale et sont observées dans un grand nombre de sites, atteignant jusqu'à 16 à 17 sites occupés. À l'inverse, plusieurs espèces présentent une faible fréquence d'occurrence, étant observées dans un nombre limité de sites, voire absentes dans l'ensemble des points d'échantillonnage.

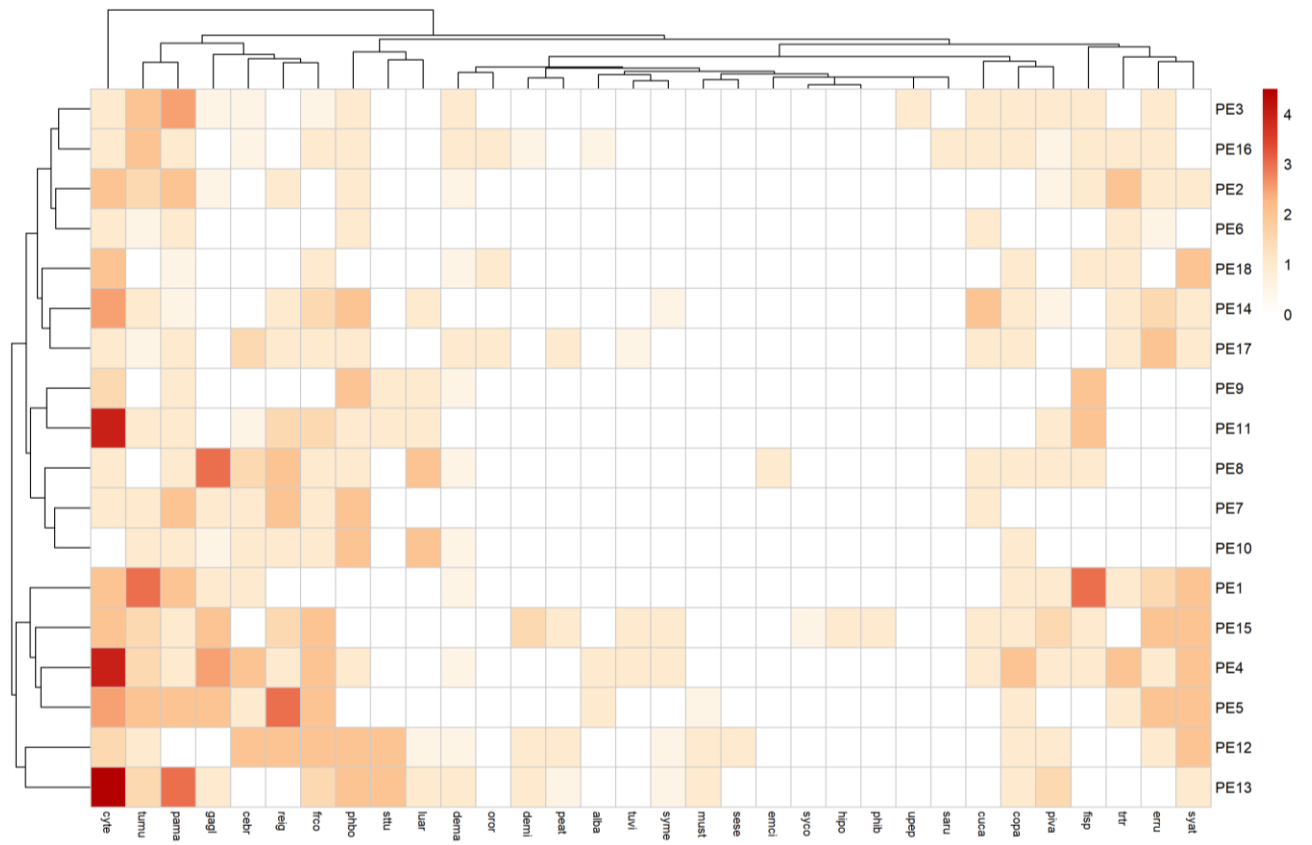


Figure 6 : Heatmap de l'abondance des espèces aviaires par point

La heatmap met en évidence une distribution hétérogène de l'abondance des espèces aviaires détectées entre les différents sites d'échantillonnage. Les couleurs claires correspondent à des valeurs faibles ou nulles, tandis que les couleurs orange à rouge indiquent des abondances plus élevées.

Certaines espèces apparaissent relativement fréquentes et bien représentées dans plusieurs points. C'est le cas notamment de la Mésange bleue nord-africaine (*Cyanistes teneriffae*), de la Mésange charbonnière (*Parus major*), du Merle noir (*Turdus merula*), du Pouillot de Bonelli (*Phylloscopus bonelli*), du Pinson des arbres (*Fringilla coelebs*), du Pigeon ramier (*Columba palumbus*), du Pic épeiche (*Dendrocopos major*) et du Roitelet à triple bandeau (*Regulus ignicapilla*). Ces espèces présentent des abondances réparties sur plusieurs points d'échantillonnage.

À l'inverse, d'autres espèces montrent une distribution plus localisée ou des abondances faibles, notamment la Huppe fasciée (*Upupa epops*), le Serin cini (*Serinus serinus*), le

Pouillot ibérique (*Phylloscopus ibericus*), l'Hypolaïs polyglotte (*Hippolais polyglotta*), le Tarier des prés (*Saxicola rubetra*) et le Bruant zizi (*Emberiza cirrus*).

La classification hiérarchique regroupe les sites selon la similarité de leur composition et de leurs abondances. Certains sites, notamment PE4, PE5, PE12, PE13 et PE15, présentent plusieurs espèces avec des abondances relativement élevées. À l'inverse, PE6, PE9 et PE18 montrent une composition plus restreinte et des abondances généralement plus faibles.

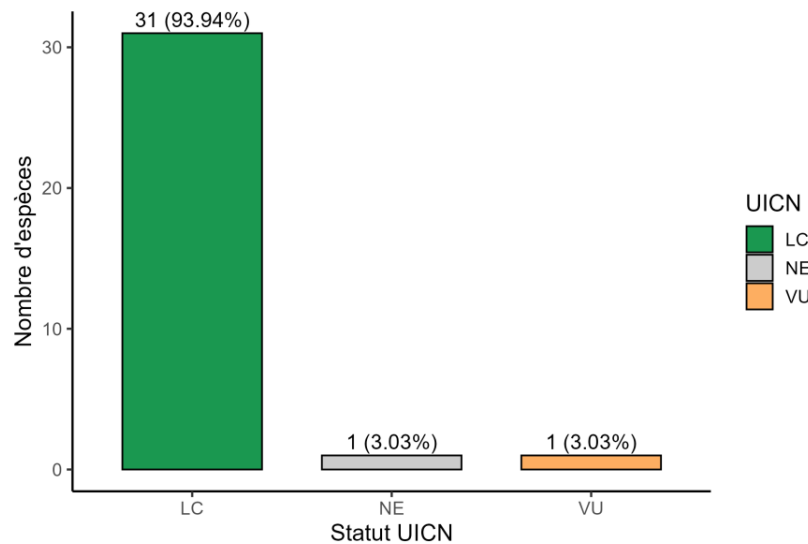


Figure 7 : Répartition des espèces aviaires selon le statut UICN

La répartition des espèces détectées selon le statut de conservation de l'UICN montre une nette dominance des espèces classées en préoccupation mineure (LC).

Au total, 31 espèces détectées appartiennent à la catégorie LC, soit 93,94 % des espèces recensées dans les points d'échantillonnage. Les autres catégories sont faiblement représentées, avec une espèce non évaluée (NE) et une espèce vulnérable (VU), représentant chacune 3,03 % des espèces détectées.

Ainsi, parmi les espèces effectivement observées dans les 18 points d'échantillonnage, la majorité appartient à la catégorie LC, tandis que les espèces à statut particulier restent minoritaires.

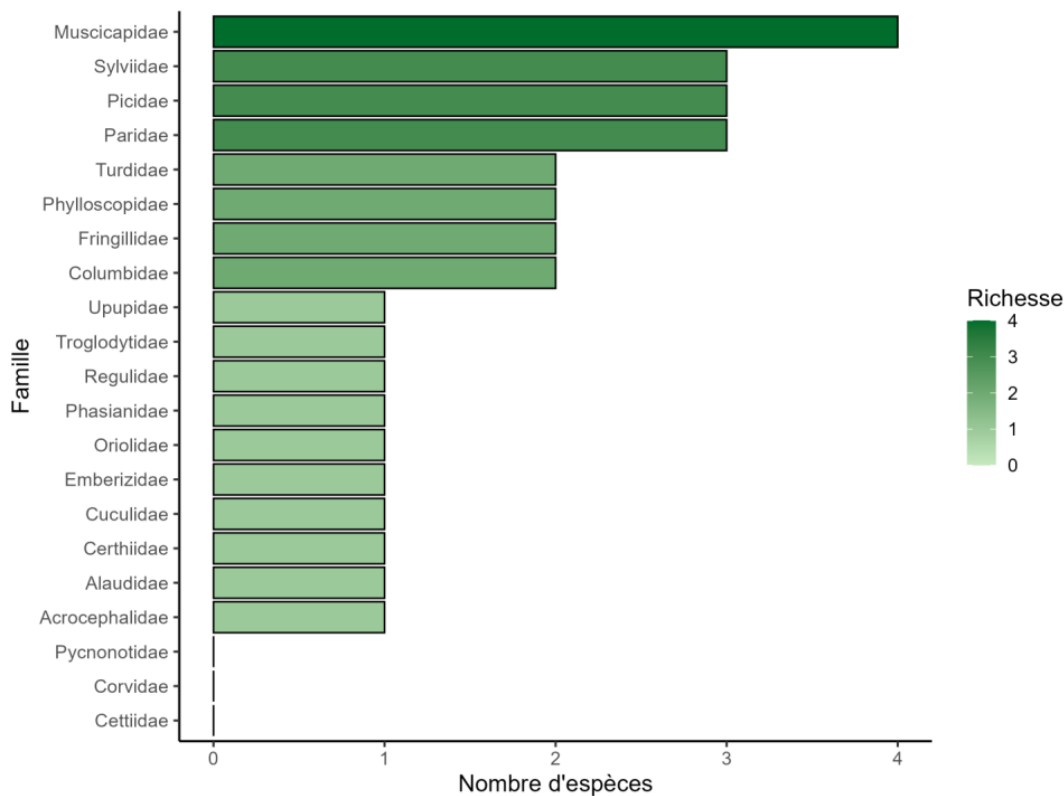


Figure 8 : Richesse spécifique des communautés aviaires selon les familles

La richesse spécifique par famille met en évidence une dominance de certaines familles au sein de la communauté aviaire étudiée. La famille des Muscicapidae est la plus représentée, avec le nombre d'espèces le plus élevé.

Elle est suivie par les familles des Sylviidae, Picidae et Paridae, qui présentent également une richesse spécifique importante. Les familles des Turdidae, Phylloscopidae, Fringillidae et Columbidae présentent une richesse intermédiaire.

À l'inverse, plusieurs familles ne sont représentées que par une seule espèce, notamment les Upupidae, Troglodytidae, Regulidae, Phasianidae, Oriolidae, Emberizidae, Cuculidae, Certhiidae, Alaudidae et Acrocephalidae.

Enfin, certaines familles, telles que les Pycnonotidae, Corvidae et Cettiidae, présentent une richesse spécifique nulle dans l'échantillonnage considéré.

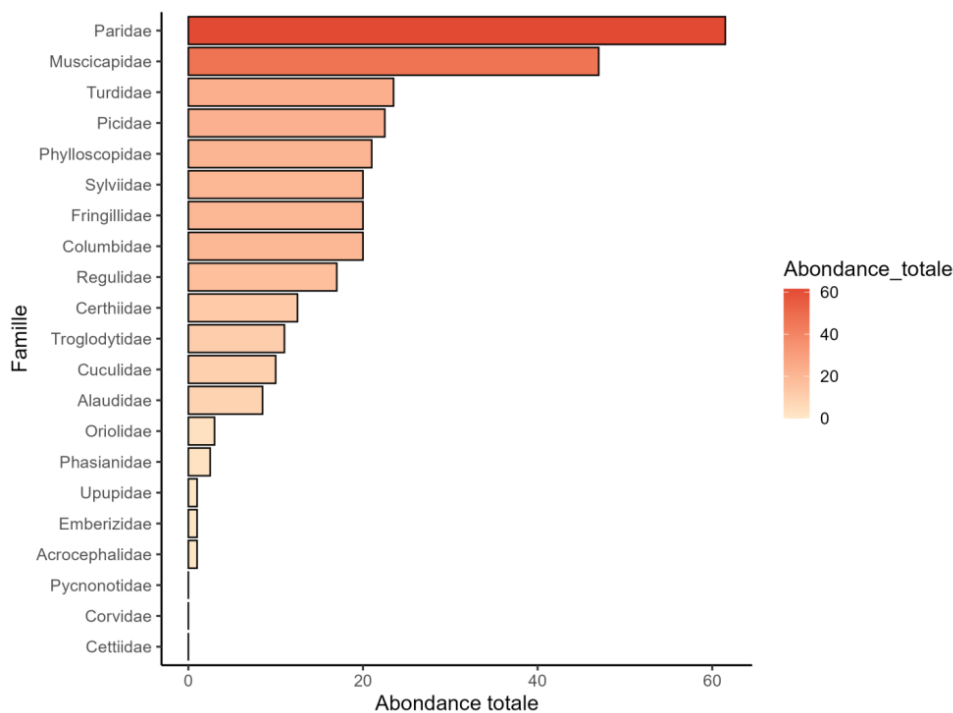


Figure 9 : Abondance totale des communautés aviaires selon les familles

L'analyse de l'abondance totale par famille met en évidence une forte dominance de certaines familles au sein de la communauté aviaire étudiée. La famille des Paridae présente l'abondance la plus élevée, suivie par les Muscicapidae.

Des abondances intermédiaires sont observées pour les familles des Turdidae, Picidae, Phylloscopidae, Sylviidae, Fringillidae et Columbidae, qui contribuent également de manière importante à la structure globale de la communauté.

À l'inverse, plusieurs familles présentent des abondances plus faibles, notamment les Regulidae, Certhiidae, Troglodytidae, Cuculidae et Alaudidae. Certaines familles, telles que les Oriolidae, Phasianidae, Upupidae, Emberizidae et Acrocephalidae, sont faiblement représentées en termes d'abondance.

Enfin, les familles des Pycnonotidae, Corvidae et Cettiidae présentent une abondance nulle dans les données considérées.

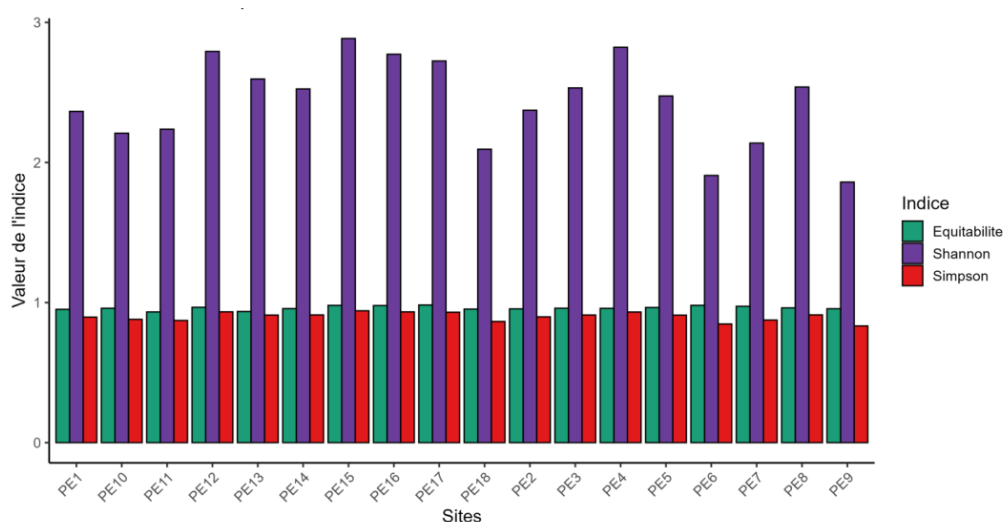


Figure 10 : Variation des indices de diversité (Shannon, Simpson et équitabilité) selon les sites d'étude

L'analyse conjointe des indices de diversité met en évidence des variations modérées de la structure des communautés aviaires entre les différents sites étudiés.

L'indice de Shannon présente les valeurs les plus élevées dans certains sites tels que PE15, PE4, PE12 et PE16, traduisant une diversité spécifique importante associée à une répartition relativement équilibrée des espèces. À l'inverse, des valeurs plus faibles sont observées dans des sites comme PE6 et PE9, indiquant une diversité plus limitée.

L'indice de Simpson, globalement élevé dans l'ensemble des sites, confirme une faible dominance d'une seule espèce et suggère une structure communautaire relativement stable. Toutefois, de légères diminutions dans certains sites traduisent une dominance plus marquée de quelques espèces.

L'équitabilité présente des valeurs proches de 1 dans la majorité des sites, indiquant une distribution homogène des individus entre les espèces. Cela suggère que, même dans les sites à richesse modérée, les espèces sont relativement bien équilibrées en termes d'abondance.

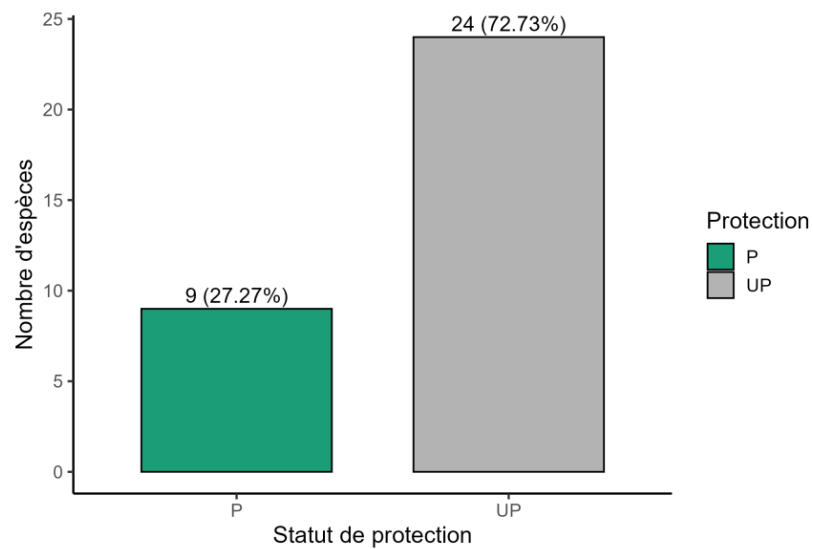


Figure 11 : Répartition des espèces selon leur statut de protection nationale

Au total, 24 espèces détectées sont classées comme non protégées (UP), soit 72,73 % des espèces recensées dans les points d'échantillonnage. En revanche, 9 espèces détectées bénéficient d'un statut de protection nationale (P), représentant 27,27 % de l'ensemble des espèces détectées.

Partie

Discussion

Discussion

La composition taxonomique observée dans notre étude montre une dominance de certaines familles forestières, notamment les Muscicapidae, les Sylviidae, les Picidae et les Paridae. Cette organisation est cohérente avec les résultats de plusieurs travaux réalisés dans les milieux forestiers nord-africains. Dans la région d'El-Kala, Benyacoub (1993) a étudié l'écologie de l'avifaune forestière nicheuse et a montré l'importance des passereaux et des espèces forestières dans la structuration des communautés aviaires. De même, Bellatreche (1994), dans son étude sur l'avifaune forestière nicheuse de la Kabylie des Babors, a mis en évidence la richesse des peuplements forestiers en espèces liées aux formations boisées. Au Maroc, les travaux sur les subéraies ont également montré que les forêts de chêne-liège abritent une avifaune diversifiée, composée notamment d'espèces de passereaux forestiers et de lisière (Cherkaoui et al., 2007). À Tlemcen, Mostefai (2011) a également signalé une richesse importante d'oiseaux nicheurs dans la subéraie de Hafir.

La dominance des espèces insectivores observée dans cette étude peut être expliquée par l'importance des ressources alimentaires disponibles dans les formations forestières étudiées. Les milieux forestiers méditerranéens abritent généralement une grande diversité d'insectes associés aux strates arborées, arbustives et au bois mort, favorisant ainsi l'installation des oiseaux insectivores (Mikusiński et al., 2001). Des résultats similaires ont été observés par Boukherroub et Boubaker (2017), qui ont montré une forte représentation des espèces insectivores dans plusieurs habitats forestiers algériens. Cette dominance des insectivores est souvent considérée comme un indicateur de bon fonctionnement écologique des écosystèmes forestiers.

La fréquence élevée de certaines espèces telles que le Pinson des arbres (*Fringilla coelebs*), la Mésange bleue nord-africaine (*Cyanistes teneriffae*), la Mésange charbonnière (*Parus major*) et le Merle noir (*Turdus merula*) montre que ces espèces présentent une bonne adaptation aux conditions écologiques de la forêt d'El-Ghorra. Ces espèces sont souvent décrites comme relativement tolérantes aux variations des habitats forestiers et capables d'exploiter différentes strates de la végétation (Isenmann et Moali, 2000). La présence régulière du Pic épeiche (*Dendrocopos major*) et du Roitelet à triple bandeau (*Regulus ignicapilla*) traduit également

l'existence de peuplements forestiers offrant des conditions favorables à plusieurs espèces forestières spécialisées.

Les variations observées de la richesse spécifique et de l'abondance entre les différents points d'échantillonnage pourraient être liées à l'hétérogénéité des habitats présents dans la forêt d'El-Ghorra. Les sites présentant les richesses les plus élevées pourraient correspondre à des zones possédant une structure végétale plus complexe et une disponibilité alimentaire plus importante. Selon Gil-Tena et al. (2007), les forêts méditerranéennes caractérisées par une forte hétérogénéité structurale présentent généralement une diversité aviaire plus élevée. De même, la présence du sous-bois, des cavités naturelles et du bois mort favorise l'installation de nombreuses espèces forestières (Delahaye, 2006).

L'analyse de la heatmap montre également une distribution hétérogène des espèces entre les différents points étudiés. Certains sites présentent une composition aviaire relativement riche, tandis que d'autres montrent des abondances plus faibles et une composition plus restreinte. Cette variabilité spatiale pourrait être liée aux différences locales de densité du couvert végétal, au degré d'ouverture des habitats ou encore aux perturbations anthropiques. Santos et al. (2002) soulignent que la fragmentation des habitats forestiers influence fortement la composition et la distribution des communautés aviaires dans les paysages méditerranéens.

Les indices de diversité écologique obtenus dans cette étude montrent globalement une structure communautaire relativement équilibrée. Les valeurs élevées de l'indice de Shannon observées dans certains points traduisent une diversité spécifique importante, alors que les valeurs élevées de l'équitabilité indiquent une répartition relativement homogène des individus entre les espèces recensées. Ces résultats suggèrent que plusieurs secteurs de la forêt d'El-Ghorra présentent des conditions écologiques favorables au maintien des communautés aviaires forestières. Selon Magurran (2004), les communautés présentant des valeurs élevées de diversité et d'équitabilité traduisent généralement une meilleure stabilité écologique des habitats.

La majorité des espèces recensées dans cette étude appartiennent à la catégorie « Préoccupation mineure » (LC) selon l'UICN. Ce résultat indique que la plupart des espèces observées ne présentent actuellement pas de menace majeure à l'échelle mondiale. Toutefois, la présence d'espèces bénéficiant d'un statut de protection nationale souligne l'importance écologique de la forêt d'El-Ghorra pour la conservation de l'avifaune forestière du nord-est

algérien. Les forêts du Parc National d'El Kala constituent en effet des zones de refuge importantes pour plusieurs espèces résidentes et migratrices (Samraoui et al., 2011).

Enfin, les résultats obtenus confirment l'importance écologique des formations forestières d'El-Ghorra dans le maintien de la biodiversité aviaire méditerranéenne. La diversité des habitats forestiers et la richesse des ressources trophiques permettent l'installation de nombreuses espèces appartenant à différentes guildes écologiques. La conservation de ces milieux apparaît donc essentielle afin de préserver les équilibres écologiques et la diversité aviaire dans les écosystèmes forestiers du nord-est algérien.

Conclusion

Générale

Conclusion

La présente étude réalisée dans la forêt d'El-Ghorra, au niveau du Parc National d'El Kala, a permis de mettre en évidence une diversité aviaire relativement importante au sein des formations forestières étudiées. L'inventaire effectué à l'aide de la méthode des Indices Ponctuels d'Abondance (IPA) a permis de recenser plusieurs espèces appartenant à différentes familles aviaires, dominées principalement par les Muscicapidae, les Sylviidae, les Paridae et les Picidae.

Les résultats obtenus montrent une variation de la richesse spécifique et de l'abondance des oiseaux entre les différents points d'échantillonnage, traduisant l'influence de la structure des habitats forestiers et de la disponibilité des ressources écologiques. La dominance des espèces insectivores souligne l'importance des formations forestières méditerranéennes dans le maintien des chaînes trophiques et du fonctionnement écologique des écosystèmes forestiers.

L'analyse des indices de diversité écologique met également en évidence une structure communautaire relativement équilibrée dans plusieurs secteurs de la forêt étudiée. La présence d'espèces forestières caractéristiques telles que le Pinson des arbres (*Fringilla coelebs*), la Mésange bleue nord-africaine (*Cyanistes teneriffae*), le Pic épeiche (*Dendrocopos major*) ou encore le Roitelet à triple bandeau (*Regulus ignicapilla*) confirme l'importance écologique de la forêt d'El-Ghorra pour l'avifaune forestière méditerranéenne.

Par ailleurs, la présence d'espèces bénéficiant d'un statut de protection nationale montre l'intérêt patrimonial de cette région et souligne la nécessité de préserver ces habitats forestiers face aux différentes pressions environnementales, notamment les incendies, la fragmentation des habitats et les perturbations anthropiques.

Enfin, cette étude contribue à améliorer les connaissances sur l'avifaune forestière du nord-est algérien et met en évidence le rôle essentiel des écosystèmes forestiers méditerranéens dans la conservation de la biodiversité aviaire. Des études complémentaires portant sur la dynamique saisonnière des populations, la reproduction ou encore l'influence des facteurs environnementaux permettraient d'approfondir davantage la compréhension du fonctionnement écologique de ces communautés aviaires.

Références

Bibliographiques

Références bibliographiques

1. Bairlein F (2002). How to get fat: nutritional mechanisms of seasonal fat accumulation in migratory songbirds. *Naturwissenschaften*, 89, 1–10.
2. Bellatreche M (1994). Écologie et biogéographie de l'avifaune forestière nicheuse de la Kabylie des Babors. Thèse de doctorat, Université de Bourgogne.
3. Benyacoub S (1993). Écologie de l'avifaune forestière nicheuse de la région d'El-Kala (Nord-est algérien). Thèse de doctorat, Université de Bourgogne, 287 p.
4. Bibby CJ, Burgess ND, Hill DA (1992). *Bird Census Techniques*. London: Academic Press.
5. Bigot L, Bodot P (1973). Contribution à l'étude biocénotique de la garrigue à *Quercus coccifera*. II. Composition biotique du peuplement des invertébrés. *Vie et Milieu*, 23(2), 229–249.
6. Blondel J (1973). Avifaune et végétation : essai d'analyse de la diversité. *Alauda*, 41, 63–84.
7. Blondel J (1975). L'analyse des peuplements d'oiseaux, éléments d'un diagnostic écologique. *La Terre et la Vie*, 29, 533–589.
8. Blondel J (1979). *Biogéographie et écologie*. Paris: Masson, 173 p.
9. Blondel J (1995). *Biogéographie : approche écologique et évolutive*. Paris: Masson.
10. Blondel J (2003). L'avifaune des ripisylves méditerranéennes. *Forêt méditerranéenne*, XXIV(3), 249–258.
11. Blondel J, Aronson J (1999). *Biology and Wildlife of the Mediterranean Region*. Oxford: Oxford University Press.
12. Blondel J, Farré H (1988). The convergent evolution of bird communities in Mediterranean-type ecosystems. *Acta Oecologica/Oecologia Generalis*, 9, 355–370.
13. Blondel J, Ferry C, Frochot B (1970). La méthode des indices ponctuels d'abondance (IPA) ou des relevés d'avifaune par « stations d'écoute ». *Alauda*, 38, 55–71.
14. Blondel J, Ferry C, Frochot B (1973). Avifaune et végétation : essai d'analyse de la diversité. *Alauda*, 41, 63–84.
15. Boukherroub Z, Boubaker Z (2017). Contribution à l'étude écologique de l'avifaune dans les écosystèmes forestiers algériens. Mémoire/Magister, Université algérienne.

16. Cherkaoui SI, Selmi S, Boukhriss J, Rguibi Idrissi H, Thévenot M (2007). Les oiseaux des subéraies marocaines. In: Villemant C, Fraval A (eds), La faune du chêne-liège. Rabat: Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II.
17. Dahmani W, Benhassaini H, Miara MD, Ait Hammou M, Negadi M, Safa O, Latab H, Blake P (2022). Diversity of vertebrates nesting in semi-arid areas of *Pistacia atlantica* Desf. (Tiaret, NW-Algeria). *Genetics and Biodiversity Journal*, 6(2), 74–86.
18. Dajoz R (1982). Précis d'écologie. 4e édition. Paris: Bordas, 503 p.
19. Delahaye L (2006). *Sélection de l'habitat par les oiseaux forestiers et modélisation de leur distribution potentielle en chênaie et hêtraie ardennaises : impact de la composition et de la structure forestière*. Thèse de doctorat, Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, Belgique, 253 p.
20. Devictor V, Julliard R, Jiguet F (2008). Distribution of specialist and generalist species along spatial gradients of habitat disturbance and fragmentation. *Oikos*, 117, 507–514.
21. Direction Générale des Forêts. Parc National El Kala. Superficie totale du parc : 76 438 ha ; création par décret n° 83/458 du 23 juillet 1983.
22. Ehrlich PR, Dobkin DS, Wheye D (1988). *The Birder's Handbook: A Field Guide to the Natural History of North American Birds*. New York: Simon & Schuster.
23. Faaborg J, Holmes RT, Anders AD, Bildstein KL, Dugger KM, Gauthreaux SA Jr, Heglund P, Hobson KA, Jahn AE, Johnson DH, Latta SC, Levey DJ, Marra PP, Merkord CL, Nol E, Rothstein SI, Sherry TW, Sillett TS, Thompson FR III, Warnock N (2010). Conserving migratory land birds in the New World: Do we know enough? *Ecological Applications*, 20(2), 398–418.
24. Fonderflick J (1998). Méthodes d'étude des peuplements d'oiseaux. *Faune Sauvage*, 241, 28–35.
25. Gill FB (2007). *Ornithology*. 3rd edition. New York: W.H. Freeman and Company.
26. Gil-Tena A, Saura S, Brotons L (2007). Effects of forest composition and structure on bird species richness in a Mediterranean context: implications for forest ecosystem management. *Forest Ecology and Management*, 242, 470–476.

27. Gregory RD, Gibbons DW, Donald PF (2004). Bird census and survey techniques. In: Sutherland WJ, Newton I, Green RE (eds), *Bird Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques*. Oxford: Oxford University Press, 17–56.
28. Houston DC, Cooper JE (1975). The digestive tract of the whiteback griffon vulture and its role in disease transmission among wild ungulates. *Journal of Wildlife Diseases*, 11, 306–313.
29. Isenmann P, Moali A (2000). *Oiseaux d'Algérie / Birds of Algeria*. Société d'Études Ornithologiques de France.
30. Jacquet K, Cheylan M (2008). Les effets des incendies sur les oiseaux méditerranéens. Référence à compléter selon la source exacte utilisée.
31. Jansson G (1998). Landscape composition and bird diversity in managed boreal forests. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 13, 242–249.
32. Krebs JR, Davies NB (1993). *An Introduction to Behavioural Ecology*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
33. Lack D (1968). *Ecological Adaptations for Breeding in Birds*. London: Methuen.
34. Lester CW (1975). *The Physical Biology of Birds*. Philadelphia: W.B. Saunders Company.
35. Levey DJ, Silva WR, Galetti M (2002). *Seed Dispersal and Frugivory: Ecology, Evolution and Conservation*. CAB International.
36. Magurran AE (2004). *Measuring Biological Diversity*. Oxford: Blackwell Publishing.
37. McWilliams SR, Karasov WH (2005). Migration takes guts: digestive physiology of migratory birds and its ecological significance. In R. Greenberg & P. P. Marra (eds), *Birds of Two Worlds: The Ecology and Evolution of Migration*, pp. 67–78. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
38. Médail F, Quézel P (1997). Hot-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean Basin. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 84, 112–127.
39. Mikusiński G, Gromadzki M, Chylarecki P (2001). Woodpeckers as indicators of forest bird diversity. *Conservation Biology*, 15(1), 208–217.
40. Mostefai N (2011). Contribution à l'étude de la diversité avienne nicheuse dans la subéraie de Hafir, Tlemcen. Mémoire de Magister/Master, Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen.

41. Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, da Fonseca GAB, Kent J (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853–858.
42. Newton I (2008). *The Migration Ecology of Birds*. London: Academic Press.
43. Opdam P, Wascher D (2004). Climate change meets habitat fragmentation: linking landscape and biogeographical scale levels in research and conservation. *Biological Conservation*, 117, 285–297.
44. Pielou EC (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13, 131–144.
45. Proctor NS, Lynch PJ (1993). *Manual of Ornithology: Avian Structure and Function*. New Haven: Yale University Press.
46. Prodon R (1988). *Dynamique des systèmes avifaune-végétation après déprise rurale et incendies dans les Pyrénées méditerranéennes siliceuses*. Thèse de Doctorat d'État, Université Paris VI.
47. Prodon R, Lebreton JD (1981). Breeding avifauna of a Mediterranean succession: the holm oak and cork oak series in the eastern Pyrenees. *Oikos*, 37, 21–38.
48. Quézel P, Médail F (2003). *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Paris: Elsevier.
49. R Core Team (2024). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
50. Ramade F (2002). *Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement*. 2e édition. Paris: Dunod, 1075 p.
51. Samraoui B, Samraoui F, Bensaci E (2011). The North African wetland and waterbird crisis. *Wildfowl*, 61, 45–70.
52. Santos T, Tellería JL, Carbonell R (2002). Bird conservation in fragmented Mediterranean forests of Spain: effects of geographical location, habitat and landscape degradation. *Biological Conservation*, 105, 113–125.
53. Sarà M, Bellia E, Milazzo A (2006). Fire as a disturbance for bird communities in Mediterranean woodlands. *Forest Ecology and Management*, 221, 1–11.
54. Sarri D, Djellouli Y, Allatou D (2014). Biological diversity of the National Park of El-Kala (Algeria), valorization and protection. *Biodiversity Journal*, 5(4), 525–532.

55. Sarri D. (2002). Étude de la végétation du Parc National d'El Kala ; forêt domaniale du Djebel El Ghorra (Algérie). Mémoire de Magistère, Département de Biologie, Université Ferhat Abbas Sétif, 120 p. + annexes.
56. Schmaljohann H, Eikenaar C, Sapir N (2022). Understanding the ecological and evolutionary function of stopover in migrating birds. *Biological Reviews*, 97, 1231–1252.
57. Sekercioglu CH (2006). Increasing awareness of avian ecological function. *Trends in Ecology & Evolution*, 21(8), 464–471.
58. Shannon CE, Weaver W (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana: University of Illinois Press, 125 p.
59. Snow DW, Snow BK (1988). *Birds and Berries*. Calton: T & AD Poyser.
60. Stiles FG (1981). Geographical aspects of bird-flower coevolution, with particular reference to Central America. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 68, 323–351.
61. Temeles EJ, Kress WJ (2003). Adaptation in a plant-hummingbird association. *Science*, 300, 630–633.
62. Thirgood JV (1981). *Man and the Mediterranean Forest: A History of Resource Depletion*. London: Academic Press.
63. UNESCO. El Kala Biosphere Reserve, Algeria. Man and the Biosphere Programme. Year of nomination: 1990.
64. Verlaque R, Médail F, Quézel P (1997). Endémisme végétal et paléogéographie dans le Bassin méditerranéen. *Geobios*, 30, 159–166.
65. Villard MA (1998). On forest-interior species, edge avoidance, area sensitivity, and dogmas in avian conservation. *The Auk*, 115, 801–805.
66. Villard MA, Guénette JS (2004). Biodiversity relationships in boreal forests: management issues for wildlife. *The Forestry Chronicle*, 80(6), 761–768.
67. Villard MA, Jonsson BG (2009). *Setting Conservation Targets for Managed Forest Landscapes*. Cambridge University Press.
68. Wiens JA (1989). *The Ecology of Bird Communities*. Cambridge University Press.
69. Ydenberg RC, Prins HHT (1981). Spring grazing and the manipulation of food quality by barnacle geese. *Journal of Applied Ecology*, 18, 443–453.