

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A.MIRA-BEJAIA



جامعة بجاية
Tasdawit n Bgayet
Université de Béjaïa

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologiques de l'Environnement
Laboratoire de recherche de rattachement : Laboratoire de Recherche en Écologie et
Environnement

THÈSE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTORAT

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Biologie et Physiologie Animales

Présentée par
M. Mourad ZEMOURI

Thème

**Biologie et Écologie de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti*, espèce endémique de la
Kabylie des Babors (Nord-Est algérien)**

Soutenue le : 08/05/2024

Devant le Jury composé de :

Nom et Prénom Grade

Mr. H. SIDI	MCA	Univ. de Bejaia	Président
Mr. A-F. BOUGAHAM	Pr.	Univ. de Bejaia	Rapporteur
Mme. R. GHERBI-SALMI	MCA	Univ. de Bejaia	Examineur
Mme. F. MARNICHE	Pr.	École NSV El-Harrach	Examineur
Mme. L. AISSAOUI	Pr.	Univ. de Sétif	Examineur

Année Universitaire : 2023/2024

“When a flower doesn't bloom, you fix the environment in which it grows, not
the flower.”

Alexander Den Heijer

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

- Mes chers parents
- Mes deux frères Brahim et Boubekeur
- Ma sœur Hiba
- Mon épouse Loubna
- Et bien sûr mon fils Younes

Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens à remercier tout d'abord le bon Dieu Allah qui m'a donné la volonté et le courage de mener ce présent travail jusqu'à son accomplissement.

Je remercie M. BOUGAHAM A.F, Professeur à l'université de Bejaia, tout d'abord d'avoir accepté de m'encadrer. Je le remercie pour sa disponibilité, ses encouragements, ses conseils et tout le savoir qui m'avait transmis que ça soit dans le cadre de ma thèse et/ou en dehors de ma thèse. Je le remercie aussi pour son assistance durant le nombre énorme de sorties que nous avons effectué, surtout quand j'étais en mise en disponibilité. Je ne lui dirai jamais assez merci.

- Je remercie M. SIDI H, Maitre de Conférence A, à l'université de Bejaia pour avoir accepté de présider le jury de ma soutenance.
- Je remercie Mme. GERBI R, Maitre de Conférence A, à l'université de Bejaia pour avoir accepté d'examiner et de juger mon travail.
- Je remercie Pr. MARNICHE F, Professeur, à Ecole Nationale Supérieur Vétérinaire, El Harrach pour avoir accepté d'examiner et de juger mon travail.
- Je remercie Pr. AISSAOUI L, à l'université de Sétif pour avoir accepté d'examiner et de juger mon travail.
- Je remercie ma famille qui m'a supporté et même soutenu durant la réalisation de ce travail surtout durant la période de ma mise en disponibilité.
- Je remercie la section syndicale SNAPAP, et son Secrétaire Général Hafid AKROUR pour leur soutien durant notre combat de réintégration dans mon poste.
- Enfin, je remercie, Prof. BENIAICHE A, le Recteur de l'Université de Bejaia, de m'avoir autorisé de poursuivre ma formation doctorale.

Liste des tableaux

Tableau 1. Mensurations biométriques selon Vielliards (1976a).....	8
Tableau 2. Mensurations biométriques selon Jacobs <i>et al.</i> (1976).....	8
Tableau 3. Historique de la liste rouge (Birdlife International 2023)	11
Tableau 4. Effectifs de la Sittelle kabyle dans ses habitats connus.....	37
Tableau 5. Densité selon les peuplements (Ledant <i>et al.</i> , 1985).....	40
Tableau 6. Densité selon les peuplements (Zemouri et Bougaham 2022)	41
Tableau 7. Support de la quête alimentaire de la Sittelle kabyle (Gatter et Mattes 1979)	51

Liste des figures

Figure 1a. Photo d'un mâle de la Sittelle kabyle.....	5
Figure 1b. Description physique de la Sittelle kabyle	5
Figure 2. Dimorphisme sexuel chez les oisillons de la Sittelle kabyle	7
Figure 3. Arbre phylogénétique qui montre le lien de parenté de la Sittelle kabyle parmi dix espèces de Sittelles, basée sur le gène cytochrome-b de l'ADN mitochondriale (Pasquet <i>et al.</i> , 1998).....	15
Figure 4.A. Les empires continentaux (Huggett 2002) (modifiée)	18
Figure 4.B. Les divisions biogéographiques de l'Algérie (Quézel et Santa 1962) (modifiée).....	18
Figure 5. Versant Nord de la Forêt du mont Babor. Photo prise à partir de la ligne de crête de Tababort, (Cliché : Zemouri Mourad)	19
Figure 6. Carte de distribution de la Sittelle kabyle dans la Kabylie des Babors	20
Figure 7. Une zone d'étude à limites arbitraires reportée sur deux feuillets du cahier de travail	23
Figure 8. Manière de reporter sur la carte d'espèce les différents symboles adoptés ..	24
Figure 9. Carte de distribution de la Sittelle dans son aire de distribution (Bird Life International 2021) (modifiée)	36
Figure 10.A. Distribution de la Sittelle kabyle dans le monde	38
Figure 10.B. Distribution de la Sittelle kabyle dans le Nord Est Algérien (Kabylie des Babors).....	38
Figure 11. Carte des points d'écoutes réalisés dans la forêt du mont Babor. A : selon le gradient altitudinal de 100m. B : selon la présence ou absence de la Sittelle kabyle	42
Figure 12. Appareil digestif du poulet [(Gadoud <i>et al.</i> , 1992) dans (Rougère 2010)]	56

Figure 13. Classification générale des approches appliquées pour l'évaluation du régime alimentaire. (Da Silveira <i>et al.</i> 2020)	57
Figure 14. Principaux fragments utilisés comme clé d'identification des coléoptères, lépidoptères et Dermaptères (Tatner 1983).....	66

Préambule

Production scientifique générée en relation avec la thèse

Publications internationales (Auteur principal) :

Zemouri M., Asloune L., Adrar A., Bouchareb A. & Bougaham A-F. 2021. Nestling diet of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*, an endemic threatened bird in Babors' Kabylia region (north-eastern Algeria). *Ostrich*. 92(3): 175-183.

<https://doi.org/10.2989/00306525.2021.1923582>.

Zemouri M. & Bougaham A.F. 2022. Distribution and demographic trend of Algerian Nuthatch (*Sitta ledanti*) population of Mount Babor forest in Babor-Tababort National Park. *Ornis Hungarica*. 30(1): 113–125.

<https://sciendo.com/article/10.2478/orhu-2022-0008>.

Zemouri M., Baba-Ahmed M., Meddouri K., Hani L., Beldjoudi M., Tighlit S., ... & Bougaham, A. F. (2023). Potential prey and conservation implications of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti* (Vielliard 1976). *Avian Biology Research*, 16 (03) : 97–106. [DOI:10.1177/17581559231198646](https://doi.org/10.1177/17581559231198646).

Publication internationale (Auteur associé) :

Bougaham A.F., **Zemouri M.**, Hamitouche S. & Bouchareb A. 2021. Découverte dans le Djebel Tababort (nord-est de l'Algérie) d'un nouveau site de reproduction de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti*. A new breeding site of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti* discovered in Djebel Tababort (north-eastern Algeria). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 90 : 241 – 248.

<https://popups.uliege.be/0037-9565/index.php?id=10540>.

Bougaham A.F., Soukkou W., Soukkou O. & **Zemouri M.** 2022. Algerian Nuthatch: new breeding site and current distribution. *Dutch Birding*. 44(4): 288-292.

<https://www.dutchbirding.nl/journal/44/4>.

Communications internationales (Auteur principal):

Zemouri M., Baba-Ahmed M., Meddouri K. & Bougaham A.F. 2021 : Les premières données sur le régime alimentaire des oisillons de la Sittelle Kabyle *Sitta ledanti* (Vielliard, 1976) dans la forêt de Guerrouche (Parc national de Taza, Jijel). International Seminar on Biodiversity, Valorization and Conservation of Urban and Forest Ecosystems :(In support of sustainable development) On 28 and 29 April 2021 in M'sila, Algeria. Communication affichée.

<http://virtuelcampus.univ-msila.dz/facscience/?p=3819>.

Zemouri M., Hani L. & Bougaham A.F. 2022. Contribution à l'étude du régime alimentaire des oisillons de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* (Vielliard, 1976) dans le Parc National Babor-Tababart (Nord-Est algérien). 1st International Webinar of Animal Biodiversity, Protection and Environment " WIBAPE2022 " that has been held online from 26 to 27 May 2022 on National Higher School of Agronomy Algiers, Algeria. Communication affichée.

https://3ac6854e-08a5-470b-badb-387372abf232.filesusr.com/ugd/4c5a91_5a63010774f04f869e0d88c488de5f61.pdf

Communication nationale (Auteur principal) :

ZemouriM., Beldjoudi M. & Bougaham A.F. 2021. Contribution à l'étude de régime alimentaire des oisillons de la Sittelle kabyle dans la Forêt de Larbaâ (Jijel, Kabylie des Babors, Nord-Est algérien). 1^{ère} Web conférence nationale sur la gestion des écosystèmes naturels face aux Changements globaux: A l'occasion de la COP26 à Glasgow (UK) - The 26th session of the Conference of the Parties Organisé à Tlemcen le 11 Novembre 2021. Communication affichée.

<https://snv.univ-tlemcen.dz/fr/actualites/563/1-re-web-conf-rence-nationale-sur-la-gestion-des-cosyst-mes-naturels-face-aux-changements-globaux>

Communications internationales (Auteur associé):

Bougaham A.F., **Zemouri M.**, Hamitouche S. 2021. Du nouveau à propos de l'aire de distribution de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti*. International Seminar on Biodiversity, Valorization and Conservation of Urban and Forest Ecosystems :(In support of sustainable development) On 28 and 29 April 2021 in M'sila, Algeria. Communication affichée.

<http://virtuelcampus.univ-msila.dz/facscience/?p=3819>.

Bougaham A.F., Hamitouche S., Benazouz A & **Zemouri M.** 2022. Découverte d'une nouvelle localité de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* en Algérie. 1st International Webinar of Animal Biodiversity, Protection and Environment " WIBAPE2022 " that has been held online from 26 to 27 May 2022 on National Higher School of Agronomy Algiers, Algeria. Présentation orale.

https://3ac6854e-08a5-470b-badb-387372abf232.filesusr.com/ugd/4c5a91_5a63010774f04f869e0d88c488de5f61.pdf

Bougaham A.F., Beldjoudi M. & **Zemouri M.** 2022. Composition du régime alimentaire des oisillons de la Sittelle kabyle *Sittaledanti* dans la forêt de Djimla (Jijel, Nord-Est algérien). Aux Journées Scientifiques Biodiversité, Santé et Environnement, Bouira le 30/11 et 01/12/2022 à l'Université de Bouira, Algérie. Présentation Orale.

<http://fsnv.univ-bouira.dz/wp-content/uploads/2022/10/sodapdf-converted-2.pdf>.

Table de matière

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

1. Description de la Sittelle kabyle	4
2. Biométrie de la Sittelle kabyle.....	7
3. Nomination scientifique et vernaculaire	8
4 .Classification	9
5 .Chant	10
6. Statut UICN de la Sittelle kabyle.....	11
7. Génétique et phylogéographie	13
8. Étapes de découvertes de la Sittelle kabyle.....	15
9. La région de la Kabylie des Babors	17
10. Méthodes d'échantillonnages et de recensement de l'avifaune	20
10.1. Méthode de recensement à base de « Grille » selon Pough (1950).....	21
10.1.1. Principe du dénombrement.....	22
10.1.2. Méthode de dénombrement.....	22
10.1.3. Conseils et recommandations	24
10.1.4. Exploitation des résultats	25
10. 2. Méthode de recensement à base de ligne transect selon Yapp (1956)	25
10.2.1. Principe et méthode du dénombrement.....	25
10.2.2. Exploitation des résultats	26

10.2.3. Inconvénients de la méthode.....	27
10.3. Méthode des I.K.A (Indice Kilométrique d'Abondance) selon Ferry et Frochot (1958).....	27
10.3. 1. Principe de la méthode.....	27
10.3.2. Méthode du dénombrement.....	27
10.3.3. Exploitation des résultats	28
10.3.4. Conseil et recommandation.....	29
10.3.5. Inconvénients de la méthode I.K.A	30
10.4. Méthode des I.P.A. (Indice Ponctuel d'Abondance) selon Blondel <i>et al.</i> (1970)	30
10.4.1. Avantage de la méthode des I.P.A.....	30
10.4.2. Principe de la méthode.....	31
10.4.3. Méthode de dénombrement	31
10.4.4. Inconvénients de la méthode I.P.A.....	31
10.5. Méthode des Echantillonnages Fréquentiels Progressifs selon Blondel (1975).....	32
10.5.1. Principe de la méthode	32
10.5.2. Avantage de la méthode	32
10.6. Protocole de dénombrement selon d'autres auteurs	33
10.6.1. Principe	33
10.6.2. Méthode de dénombrement.....	33
11. Pourquoi établir un recensement	34
11.1. Selon Pough 1958	34

11.2. Selon Paccaud 1956	34
11.3. Selon Blondel.....	35
12. Recensement, distribution et dynamique des populations de la Sittelle kabyle.....	35
13. Les effectifs de la Sittelle kabyle.....	38
14. Les recensements de la population de la Sittelle kabyle.....	39
14.1. Recensements de la forêt du mont Babor.....	39
14.2. Recensement de la forêt de Guerrouch	43
14.3. Recensements dans les autres habitats	44
14.4. La population la plus dense	48
15. Menu diététique de la Sittelle kabyle.....	50
16. Techniques d'études du régime alimentaire de l'avifaune.....	55
16.1. Définition et intérêt d'une étude d'un régime alimentaire	55
16.2. Système digestif avien.....	55
16.3. Type d'étude du régime alimentaire	56
16.4. Techniques de prises d'échantillons.....	57
16.4.1. Contenu stomacal	57
16.4.2. Méthode émétique (régurgitation forcée et rinçage d'estomac)	58
16.4.3. Observations directes sur terrain.....	60
16.4.4. Observations avec vidéo camera.....	61
16.4.5. Méthodes de ligatures appliquées aux oisillons.....	61
16.4.6. Examen de pelotes de rejections	62
16.4.7. Analyse de la matière fécale	63

16.4.8. Analyse du régime alimentaire via l'analyse des séquences ADN.....	65
16.5. Identification des taxons proies	66

Chapitre 2. Régime alimentaire des oisillons de la Sittelle kabyle

Abrégé article 1	67
Article 1.....	70

Chapitre 3. Distribution et dynamique des populations de la Sittelle kabyle

Abrégé article 2	92
Article 2.....	94
Abrégé article 3	105
Article 3.....	107
Abrégé article 4	114
Article 4.....	119

Chapitre 4. Proies potentielles et conservation de la Sittelle kabyle

Abrégé article 5	141
Article 5.....	146
Conclusion générale et perspectives	170
Références bibliographiques	172
Annexes	185

Production scientifique

Sigles et abréviations

ms : milliseconde

s : seconde

SMIB : Système Mondial d'Information sur la Biodiversité

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

E.F.P : Echantillonnage Fréquentiel Progressif

I.P.A : Indice Ponctuel d'Abondance

I.K.A : Indice Kilométrique d'Abondance

PNT : Parc National de Taza

Ha : Hectare

m : mètre

J.O.R.A : Journal Officiel de la République Algérienne

GPS : Global Positioning System (Système de Positionnement Mondial)

g : gramme

% : pour cent

cc : centimètre cube

ml : millilitre

min : minute

C° : degré Celsius

< : inférieur

> : supérieur

ADN : Acide désoxyribonucléique

PCR : Polymerase Chain Reaction (Amplification en Chaîne de Polymérase)

N : Nord

E : Est

Introduction générale

La Sittelle kabyle (*Sitta ledanti* Vielliard, 1976) est l'unique oiseau endémique strict pour l'Algérie (Isenmann et Moali, 2000). Elle n'a été découverte qu'en 1975 dans la forêt du mont Babor (Vielliard, 1976b ; Ledant, 1977). La découverte de cet oiseau encore méconnu en méditerranée avait engagé une révision mondiale des sittidés (Vielliard, 1978). En effet, il s'agissait de la 28^{ème} et dernière espèce connue des sittelles du groupe des Sittidae (Gill *et al.*, 2020 ; Päckert *et al.*, 2020), Clade Canadansensis (Pasquet, 1998 ; Pasquet *et al.*, 2014), Phylum mésogéen (Vielliard, 1978). Une année après sa découverte, l'oiseau a eu son nom scientifique tel que nous le connaissons aujourd'hui, qui lui a été attribué par le spécialiste des sittelles de l'époque; Jacques Vielliard (Vielliard, 1976a) en l'honneur au Scientifique Belge J. Paul Ledant pionnier de sa découverte.

Après la découverte de ce nouvel oiseau, une théorie de confinement au mont Babor a été vite émise en reliant l'endémisme de la Sittelle kabyle à l'endémisme de son habitat constitué de Sapin de Numidie (*Abies numidica*) et du Peuplier tremble (*Populus tremula*) (Ledant et Jacobs 1977 ; Vielliard 1978 ; Ledant 1981). Une théorie vite remise en cause, en 1989 avec la découverte d'un nouvel habitat de la Sittelle kabyle loin de la forêt du mont Babor dans la forêt de Guerrouch par Chalabi (1989), ensuite dans la forêt de Tamentout (Bellatrèche, 1990) puis dans la forêt de Djimla (Bellatrèche et Chalabi, 1990). Depuis le milieu des années 1990, les explorations ont été freinées par des complications sécuritaires qui ont rendu certaines zones forestières inaccessibles aux chercheurs (Bougaham *et al.*, 2022). En 2018, des travaux de prospection en faveur de notre espèce ont repris aux alentours de son aire de distribution (Kabylie des Babors, Petite Kabylie, Nord-Est algérien). En effet, d'autres contacts dans d'autres habitats ont été signalés jusqu'à en avoir à l'heure actuelle 13 habitats différents. Trois nouveaux biotopes découverts font partie de notre présente thèse où deux papiers leurs ont été consacrés (Bougaham *et al.*, 2021 ; Bougaham *et al.*, 2022).

Beaucoup de scientifiques algériens et étrangers se sont intéressés à la Sittelle kabyle dans les années qui ont suivi sa découverte et surtout après la découverte de

nouveaux biotopes. Après son baptême par Vielliard (1976a), Sittelle de Ledant ; Sa description physique a été réalisée par Vielliard (1976a) ; Jacobs *et al.* (1978) ; Vielliard (1978) ; Gatter et Matte (1979) ; Vielliard (1980) ; Le Fur (1981) ; Van Den Berg (1982) ; Monticelli et Legrand (2009). Ses comportements vocaux ont été détaillés par Burnier (1976) ; Vielliard (1976b ; 1978). Ses mesures biométriques ont été initiées par Vielliard (1976a) et Jacobs *et al.* (1978). Son régime alimentaire via des observations directes sur le terrain a été décrit par Ledant et Jacobs (1977) ; Vieillard (1978) ; Gatter et Mattes (1979) ; Le Fur (1981) ; Ledant (1981) ; Van Den Berg (1985) ; Bellatrèche et Boubaker (1995) et Monticelli et Legrand (2009). Sa Biologie de reproduction et les soins parentaux ont été suivis par Harrap et Quinn (1996) ; Bellatrèche et Boubaker (1995) ; Monticelli (2009) ; Moulaï *et al.* (2017) ; Bougaham *et al.* (2017). Les recensements de ses effectifs et leurs distributions dans ses différents habitats ont été performés par Ledant et Jacobs (1977), Ledant *et al.* (1985) ; Bellatrèche et Chalabi (1990) ; Doumandji et Kisserli (1993) ; Bougaham *et al.* (2018). Sa génétique et sa phylogénie ont été rapportées par Geroudet (1976) ; Heim de Balsac (1976) ; Viellaird (1978) ; Pasquet (1998) et pasquet *et al.* (2014).

Malgré ce nombre important de papiers produits, nous avons identifié trois aspects recherches qui n'ont pas été suivis. Le premier aspect était l'étude du régime alimentaire de l'espèce. Le menu trophique déjà avancé par Ledant et Jacobs (1977) ; Vieillard (1978) ; Gatter et Mattes (1979) ; Le Fur (1981) ; Ledant (1981) ; Van Den Berg (1985) ; Bellatrèche et Boubaker (1995) et Monticelli et Legrand (2009), se résumait à ce que la Sittelle kabyle est granivore en hivers dont le contenu consistait aux graines de conifères et aux glands des chênes. Puis elle est insectivore durant la période de reproduction dont le menu n'a pas été détaillé. La liste la plus longue était composée de quatre taxons proies, et d'ailleurs ces derniers n'étaient pas quantifiés. À cet effet, l'intérêt de notre étude qui a traité, pour la première fois, dans l'un de ces papiers l'étude du régime alimentaire des oisillons de la Sittelle kabyle via l'analyse des sacs fécaux de ses oisillons durant la période de reproduction dans la forêt caduque de Tamentout. Le deuxième aspect avait pris deux volets, le premier volet était l'actualisation de la carte de distribution de notre espèce. Trois habitats ont été découverts et deux papiers ont été produits à l'occasion. Le deuxième volet était la

dynamique des populations de notre oiseau dont les seuls travaux préliminaires qui ont traités la problématique étaient ceux réalisés dans la forêt du mont Babor (Vielliard, 1976a ; Ledant, 1977 ; Ledant et Jacob, 1977 ; Gatter et Mattes, 1979). Vielliard (1978) avance qu'il y a une fluctuation dans le nombre d'individus (12 à 70 couples) qui varie d'une année à l'autre à cause du taux de mortalité élevé causé par le froid des hivers. Zemouri et Bougaham (2022) stipulent que ces différences étaient juste liées aux efforts d'échantillonnage sur le terrain. D'où l'intérêt de notre étude qui a traité dans l'un de ces papiers la dynamique de la population de la forêt du massif de Babor en analysant le sujet avec plus de précision. Enfin, le troisième aspect était l'élargissement de l'étude trophique sur cinq habitats et la mise en relation des proies potentielles (niche trophique) avec les implications pour la conservation de l'espèce et de son habitat.

Afin de présenter nos résultats, nous avons divisé le contenu de cette thèse en quatre chapitres. Le premier chapitre est une synthèse bibliographique sur les différents paramètres des populations de la Sittelle kabyle, les méthodes d'échantillonnages de l'avifaune forestière et les méthodes d'études du régime alimentaire des oiseaux. Le deuxième chapitre est consacré aux résultats obtenus sur la composition du régime alimentaire des oisillons de l'espèce dans une seule forêt caducifoliée de Tamentout. Le troisième chapitre traite la carte de distribution de l'espèce, ainsi que la comparaison entre les résultats des deux recensements effectués en 1982 et 2020 sur la population de l'espèce au mont Babor dans le but de vérifier l'essor démographique de la Sittelle kabyle. Le quatrième chapitre a pour objectif de déterminer les proies potentielles consommées par l'espèce et de voir l'intérêt d'étudier cet aspect dans le contexte de la conservation de la Sittelle kabyle et de son habitat.

Enfin, notre thèse se termine par une conclusion générale et des perspectives de recherche.

Chapitre 1. Synthèse bibliographique

1. Description de la Sittelle kabyle

La Sittelle kabyle est une espèce nicheuse (Burnier 1976 ; Vielliard 1976a), sédentaire, terrestre avec une haute dépendance aux forêts (Burnier 1976 ; Vielliard 1976b ; BirdLife International 2023). Elle fait partie des sittelles mésogéennes (Vielliard 1978). Ces dernières sont toutes classées dans la catégorie « petites sittelles » (Päckert *et al.* 2020). Elles sont caractérisées par un bec fort avec la mandibule inférieure biseautée, une calotte noire et un sourcil blanc (Vielliard 1976a).

Avant de commencer de parler sur la description physique de notre oiseau, la Figure 1B montre les différentes parties morphologiques de la Sittelle kabyle. La toute première description de la Sittelle kabyle a été faite par Vielliard (1976a), lors de son baptême comme *Sitta ledanti* spp. nov. (Aves : Sittidae). Cette description a été faite via un holotype et un paratype collecté dans la forêt du mont Babor. L'holotype était un spécimen mâle dont le même auteur l'avait discerné de *Sitta kruperi*, juste du dessous qui a été uniformément lavé de beige clair, l'iris brun-noir et les pattes d'un gris plomb. Le paratype, était des jeunes femelles semblables au mâle, sauf la calotte fuligineuse et réduite. Le même auteur en 1978 Vielliard (1978), rajoute des détails concernant la morphologie de *Sitta ledanti* Vielliard 1976 (Fig. 1A) en touchant les autres parties de son corps qui sont comme suit : le dessus du corps est gris-bleu franc, mais assez clair, la femelle apparaît un peu plus pâle que le mâle, son plumage étant fauve jaunâtre clair. Le dessous du corps est assez uniformément lavé de beige saumoné clair, jusqu'aux sous-caudales incluses qui laissent toutefois apparaître leurs bases grises. La calotte est noire chez les deux sexes. Elle est plus fuligineuse et légèrement réduite chez la femelle. Elle est bordée par un sourcil blanc et ne descendant pas sur l'occiput. Une ligne noire passe au niveau de l'œil et s'élargit en arrière sur les couvertures auriculaires qui sont pointillées de noir. Les joues, le menton et la gorge sont blanchâtres. La queue est marquée sur les côtés d'une petite bande blanche sub-terminale, bordée de beige à l'extrémité. Le bec, gris bleuté à pointe noirâtre, sensiblement plus épais et plus caréné chez le mâle que chez la femelle. Le tarse et les doigts, bien développés, sont gris plomb ; l'iris brun noir. En conclusion, le même auteur conclut qu'il n'y a pas de dimorphisme sexuel marqué entre les adultes

comme il y a absence de dimorphisme juvénile. Les oisillons sortent du nid avec plumage semblable à celui des adultes et puis avec une calotte déjà parfaitement nette. Seuls ; le bec jaunâtre et court et les pattes claires qui permettent de les différencier des adultes. En 1980, le même auteur Vielliard (1980) confirme toujours que le seul dimorphisme qui existe entre les adultes est juste la calotte fuligineuse et réduite chez la femelle par rapport à celle du mâle. Chez les juvéniles à la sortie du nid, la présence d'une calotte noir est déjà visible avec un plumage similaire à celui des adultes.

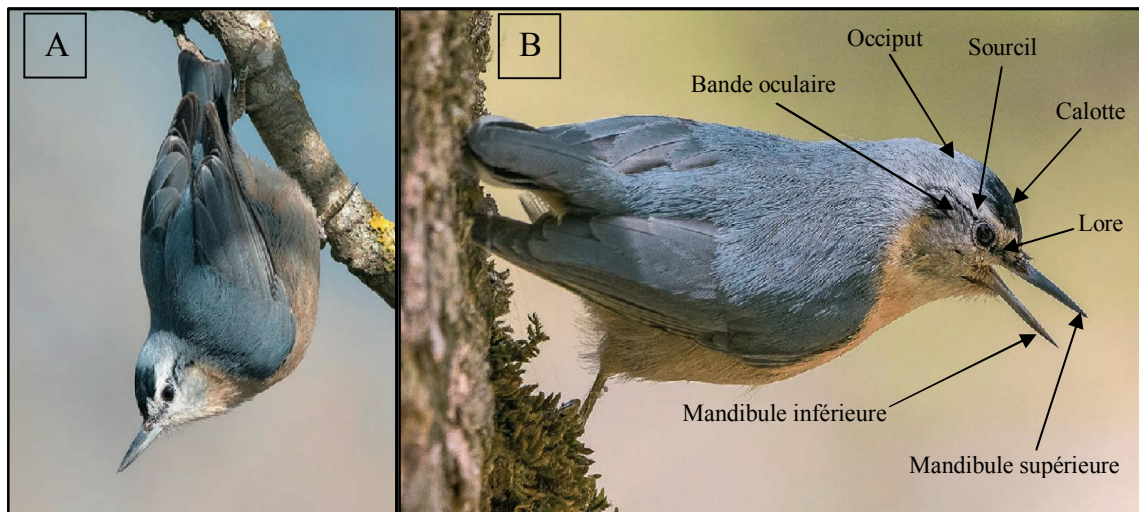


Figure 1. A. Photo d'un mâle de la Sittelle kabyle. B. Description physique de la Sittelle kabyle (Bougaham *et al.* 2022) (modifié).

Pour Jacobs *et al.* (1978), chez les juvéniles la calotte noire est absente. Chez les adultes, il a enregistré une différence de plumage entre quatre individus capturés et bagués en mois de novembre. Ces derniers étaient décrits comme suit ; deux individus à calotte noire, un individu avec un bec jaune et une calotte grise et un individu avec une calotte noire et courte. Les deux premiers individus étaient similaires aux adultes mâles décrits par Vielliard (1976). Le troisième individu est similaire aux juvéniles observés par le même auteur en mois de juin. Le quatrième individu la partie non noire de la calotte était de couleur gris. Selon ces observations et des mesures biométriques faites pour les quatre individus, le même auteur avance deux hypothèses concernant les différents types de plumages en mois de novembre : la première stipule à ce que la calotte noire s'acquise chez la Sittelle kabyle avec l'usure du plumage parce que l'individu capturé à calotte grise est peut-être un jeune. Le même auteur vite retire

cette première parce qu'il y a l'individu à calotte noire courte, ainsi, il avance sa deuxième hypothèse qui stipule que la calotte noire apparaît durant l'hivers et le printemps après avoir laissé tomber la calotte grise après la période de la mue.

Pour Gatter et Matte (1979), après l'analyse de 30 femelles, ils ont constaté deux types de calottes chez la femelle. Ces dernières, une partie avaient une tête totalement Bleu-gris et les autres individus présentaient une partie de la racine du bec et la limite du front sont noirâtres et les reste de la tête est grise. Sinon pour la calotte du mâle est même que celle décrite par Vielliard (1978). Van Den Berg (1982) décrit les individus qu'il avait observés dans la forêt du mont Babor comme décrit dans Vielliard (1980). Il a photographié un nombre égal d'individus à calotte noire et grise. Il remarqua chez certains d'entre eux que les sourcils et les bandes oculaires étaient mal définis, les parties inférieures étaient de couleur chamois pâle et que leur comportement était assez confiant. Il les a considéré comme des Juvéniles comme Jacobs *et al.* (1978) et Le Fur (1981). Van Den Berg (1982) affirme lui aussi l'absence d'une calotte noire et sourcil blanc chez les juvéniles à la sortie du nid. Cette anomalie est expliquée via Hans Lohrl dans le texte de Van Den Berg (1982) par l'existence d'une double ponte durant les années favorables. C'est pour cela qu'on voit des jeunes avec un plumage après une mue qui ressemble aux adultes et des jeunes avec un plumage différent de celui des adultes sans la mue. La femelle de la Sittelle kabyle, selon le même auteur, a une calotte bleu-gris, un plumage plus propre, des sourcils blancs nets et une bande oculaire grise bien définie.

Pour Monticelli et Legrand (2009), la calotte du mâle est divisée en deux parties dont chacune a sa propre couleur (bicolore). La partie avant est de couleur noire frappante et la partie arrière est de couleur gris bleuâtre. Les deux parties se contrastent entre elles. Son sourcil blanchâtre est large situé au-dessus d'un lore et d'une bande oculaire noirs bien définis. Le bec est de couleur noirâtre, dont la mandibule inférieure est grise approximativement sur deux tiers de sa taille totale. Selon toujours le même auteur, la femelle, a moins de couleur sur la tête. Sa calotte est presque entièrement grise, le noir de l'avant partie étant remplacé par une zone plus petite et diffuse gris noirâtre. Le sourcil blanchâtre est toujours large, mais légèrement

plus court par rapport à celui du mâle. Il est situé au-dessus d'un lore et une bande oculaire gris noirâtre mal définis. Pour le bec, la partie noire foncé chez le mâle est gris bleuâtre foncé chez la femelle. Les parties inférieures chez la femelle comme la gorge, le ventre et la zone sous la queue sont légèrement plus pâle que chez le mâle.

Lors de notre étude, nous étions en contact avec grand nombre de sittelles kabyles dans différents habitats, dont, nous avons noté un dimorphisme sexuel entre un mâle et une femelle adulte au niveau de la calotte. Cette partie est plus noire et plus développée chez le mâle que la femelle. Nous avons noté aussi un dimorphisme sexuel chez les oisillons même avant l'envol (Fig. 2). Nous avons observé des individus du même âge, de la même nichée, dont certain portent une calotte noire bien nette et d'autre la calotte était grise (Fig. 2). À base de la différence des adultes, nous avons considéré les oisillons avec une calotte noire comme mâle et avec calotte grise comme femelle.



Figure 2. Dimorphisme sexuel chez les oisillons de la Sittelle kabyle avant leur sortie du nid.
À gauche: oisillons de la forêt de Tamentout, À droite: les oisillons de la forêt de Djimla. (Clichés : Zemouri Mourad).

2. Biométrie de la Sittelle kabyle

À notre connaissance, aucune étude biométrique approfondie n'a été engagée pour le compte de notre espèce. Les données partielles que nous avons trouvées sont datées des années justes après sa découverte. Les premières données ont été rapportées par

Vielliard (1976a). Ce dernier avait procédé à la mensuration de l'holotype mâle et le paratype femelle capturés et récupérés dans la forêt du mont Babor. Les paramètres pris en charge sont : le poids, la longueur alaire, la longueur du culmen et la longueur du tarse. Les données sont consignées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1. Mensurations biométriques selon Vielliards (1976a).

	Poids (g)	Longueur Alaire (mm)	Longueur du Culmen (mm)	Longueur du Tarse (mm)
Mâle ♂	18,0	81	16	19
Femelle ♀	16,5	79	16	-

Une autre étude s'est portée sur quatre individus capturés en mois de novembre de l'année 1977 dans la même forêt par Jacobs *et al.* (1978). Les moyennes des mesures de différentes parties des quatre individus capturés sont comme suit :

Tableau 2. Mensurations biométriques selon Jacobs *et al.* (1978).

	Longueur Alaire (mm)	Longueur du Culmen (mm)	Longueur du Tarse (mm)	Longueur Ongle du pouce
Individu 1	80	17,5	21	9
Individu 2	83	16,5	22	10
Individu 3	77	17	19	10
Individu 4	81	16,5	21	9

Cette deuxième étude biométrique a été réalisée à cause de la différence de la couleur de la calotte. Les auteurs cherchaient un dimorphisme sexuel qui correspondait entre la couleur de la calotte et les longueurs entre les membres de l'oiseau.

3. Nomination scientifique et vernaculaire

Nom scientifique. Notre espèce a été baptisée *Sitta ledanti* Vielliard 1976 comme nom scientifique par Vielliard (1976a).

Noms vernaculaires. Notre espèce porte le nom vernaculaire en Français Sittelle kabyle (Vielliard 1978 ; J.O.R.A 1983 ; J.O.R.A 2012), en Anglais Algerian Nuthatch, Kabyle Nuthatch, Kabylie Nuthatch (Gill *et al.* 2020 ; Birdlife International 2021), en arabe académique: كاسر الجوز القبائلي (J.O.R.A 2012) en arabe algérien النسيبة الزرقاء. En Amazigh : Adeggal azegzaw.

4. Classification

Après la découverte de cette nouvelle sittelle en 1975, les sittelles mésogéennes sont devenues désormais trois à savoir ; Sittelle de Krüper, Sittelle Corse *Sitta Whiteheadi* et la Sittelle kabyle. Les premières études phylogénétiques basée sur la description physique l'avait mise sœur avec la Sittelle corse plutôt qu'avec la Sittelle de Krüper (Vielliard 1978).

Cette classification est restée valable jusqu'à l'arrivée de la biologie moléculaire qui a tranché pour la mettre dans le groupe de sittelles *Canadensis* sœur avec Sittelle de Krüper (Pasquet 1998 ; Pasquet *et al.* 2014) dans le Clade IV des petites sittelles (Päckert *et al.* 2020) du phylum mésogéen (Vieillard 1976b).

Selon Gill *et al.* (2020) ; elle fait partie du Règne : Animalia ; Embranchement : Chordata ; Classe : Aves ; Ordre : Passeriformes ; Famille : Sittidae ; Genre : *Sitta* ; Espèce : *Sitta ledanti* Vielliard 1976.

Selon le Système d'Information Taxonomique Intégré SITI, 2023 :

Règne	Animalia - Animal, animaux, animals
Sous-Règne	Bilateria - triploblasts
Infra-Règne	Deuterostomia
Embranchement	Chordata - cordés, cordado, chordates
Sous- Embranchement	Vertebrata - vertebrado, vertébrés, vertebrates
Infra- Embranchement	Gnathostomata
Superclasse	Tetrapoda
Classe	Aves - Birds, oiseaux
Ordre	Passeriformes - PerchingBirds, passereaux
Famille	Sittidae Lesson, 1828 - Nuthatches
Genre	<i>Sitta</i> Linnaeus, 1758 - Nuthatches
Espèce	<i>Sitta ledanti</i> Vielliard, 1976 - Algerian Nuthatch

Enfin, récemment, il a été découvert que la Sittelle kabyle est une espèce non monotypique. Elle présente des différences de structures génétiques entre cinq de ses populations les plus denses (en préparation). Ces populations importantes sont de l'ordre de cinq à savoir ; forêt du mont Babor, forêt domaniale de Tamentout, forêt domaniale de Guerrouch, forêt de Djimla et forêt de Larbaâ.

5. Chant

Un chant territorial émis seulement par le mâle consiste à une succession rapide d'éléments sonores identiques, il consiste en la répétition de 7 à 12 notes assez pures et un peu modulées, précédées (sauf la première) de 2 notes brèves (de 40 à 60 ms) : les phrases durent 2,2 à 4,0 s avec des intervalles de 3 à 7 s; seul le S émet ce chant (Vielliard 1976b).

Burnier (1976) identifie deux types de cris pour la Sittelle kabyle dont le premier est un cri d'oiseau sous forme d'un appel très sonore, répété plusieurs fois par minute, légèrement crescendo, composé de 7 à 8 notes parfois flûtées, parfois plus nasillardes: « klieu-klieu-klieu-klieu-... » ou « klien-klien-klien-klien-... ». Un deuxième est émis une fois plus près de l'oiseau, un cri, grinçant, ressemblant un peu à celui du Geai: « tchaêêê... » ou « gjaêêê... ».

Vielliard (1978) identifie deux types de chants et deux types de cri à savoir : (1) un chant spontané émis sous forme de strophes qui comptent généralement 7 à 12 phonèmes et durent 2,2 à 4,0 s avec des intervalles de 3 à 7 s pendant les périodes de chant. (2) un chant excité (tonalité plus aigue) émise seulement par le mâle après une repasse de ses vocalisations au magnétophone dans un but de reconnaissance spécifique et défense territoriale. (3) Un cri chuinté émis par les adultes (mâle et femelle), surtout par le mâle. Ce cri est utilisé au même temps comme signal de présence, signal d'agressivité, surtout pour la défense territoriale. Le même cri ou un chant émis au magnétophone, provoque le même type de cri chez la Sittelle kabyle. (4) un cri de contact qui est un cri de faible intensité (doux) émis lors de la quête alimentaire ou en vol, tout près du nid ou du conjoint.

Harrap (2002) considère que la Sittelle kabyle possède un vocabulaire complexe dont elles émettent un « kna » calme, doux et nasillard en vol et lors de la quête alimentaire, un « vschrr, vschrr » ou « schrr, schrr-schrr » dur et rauque en cas d'excitation ou en défense de territoire et un « chwa-chwa-chwa » quand elles sont plus agitées. Un « quair-di, quair-di, quair-di.. » ou « verdi-verdi-verdi... », avec

répétition de 7 à 12 phrases, tantôt nasales, tantôt flûtées, d'une durée de 2 à 4 secondes quand elles chantent.

6. Statut UICN de la Sittelle kabyle

L'UICN est l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature qui classe les espèces qui risquent de s'éteindre à l'échelle mondiale dans une liste appelée liste rouge de l'UICN et cela selon un système simple et facile en se basant sur des catégories et critères (UICN 2012).

La Sittelle kabyle, depuis sa découverte en 1975, Bird Life International fait évaluer son statut de conservation selon les critères de l'UICN depuis 1988 et la dernière évaluation a été faite en 2021 (Birdlife International 2023). Au fait, la Sittelle kabyle a été dès le départ dans la liste rouge de l'IUCN, seule la catégorie et les critères qui changeaient. Le résumé de ses évaluations et leurs évolutions sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3. Historique de la liste rouge (Birdlife International 2023).

Année	Catégorie	Critères
2021	En danger	C2a(i)
2016	En danger	B1ab(iii,v) ; C2a(i)
2012	En danger	B1ab(iii,v) ; C2a(i)
2008	En danger	B1a+b(iii,v) ; C2a(i)
2004	En danger	
2000	En danger	
1996	En danger	
1994	En danger	
1988	Menacée	

La première évaluation en 1988 s'est basée seulement sur l'existence d'un seul habitat qui est celui découvert en 1975 avec un effectif de 80 couples (Ledant *et al.*, 1985), ce qui a fait d'elle une espèce menacée (Threatened). En 1994 jusqu'à 2004 a été catégorisée dans la catégorie EN Danger (Endangered) et le nombre d'habitat était de quatre (Babor, Parc National de Guerrouch, Tamentout et Djimla). À partir de 2008, elle est apparue avec la même catégorie EN Danger (Endangered) avec les critères B1a+b(iii,v); C2a(i) qui sont :

B. Répartition géographique, qu'il s'agisse de B1 (zone d'occurrence) OU B2 (zone d'occupation) OU des deux :

1. Zone d'occurrence estimée inférieure à 5000 km², et estimations indiquant au moins deux des possibilités a) à c) suivantes :
 - a. Population gravement fragmentée ou présente dans cinq localités au plus.
 - b. Déclin continu, constaté, déduit ou prévu de l'un des éléments suivants :
 - (i) zone d'occurrence
 - (ii) zone d'occupation
 - (iii) superficie, étendue et/ou qualité de l'habitat
 - (iv) nombre de localités ou de sous-populations
 - (v) nombre d'individus matures.

C. Population estimée à moins de 2500 individus matures et présentant l'un ou l'autre des phénomènes suivants :

1. Un déclin continu estimé à 20% au moins en cinq ans ou deux générations, selon la période la plus longue (maximum de 100 ans dans l'avenir), OU
2. Un déclin continu, constaté, prévu ou déduit du nombre d'individus matures et l'une au moins des caractéristiques (a, b) :
 - a. Structure de la population se présentant sous l'une des formes suivantes :
 - (i) aucune sous-population estimée à plus de 250 individus matures, OU
 - (ii) 95% au moins des individus matures sont réunis en une sous-population.

Durant l'évaluation de 2021, elle est restée toujours dans la catégorie EN Danger (Endangered) avec la perte du critère B avec ses sous éléments mais elle garde toujours le critère C et de ses sous éléments 2a(i). Cette actualisation avec critère de danger en moins est le fruit de la découverte de huit autres habitats qui sont respectivement les forêts de ; Larbaâ, El Djarda, Tazegzaout, Tloundène, Sendouh, Coudia, Tababort et Bouhanch ce qui a fait 12 habitats en 2021 et actuellement avec la découverte d'un autre habitat dans la forêt d'El-Arem (Bougaham *et al.* 2022), la Sittelle kabyle, désormais dispose de 13 habitats de reproduction (Fig. 6).

Enfin, via notre étude nous pouvons actualiser deux critères à savoir : (1) enlever le critère **a(i)**, qui est possible après avoir recensé la forêt du Mont Babor avec un effectif qui dépasse 250 individus mature (275 individus) (Zemouri et Bougaham 2022). (2) Agrandir son aire de distribution et le nombre de ses habitats qui sont actuellement du nombre de 13, cependant ceux signalés par Birlife International 2023 sont de six (Fig. 9).

7. Génétique et phylogéographie

Sur la base de critères morphologiques, la première définition du groupe *Canadensis* a été donnée par Vaurie (1957). Il avait mis ce qu'il considérait comme petites sittelles à savoir Sittelle de kruperi, Sittelle de yunnan et la Sittelle à poitrine rousse avec la Sittelle de chine et la Sittelle corse dans même groupe qui avait nommé Groupe «*Canadensis*».

En 1976, Vieillards (1976b), a mis en évidence le lien de parenté de la Sittelle kabyle par rapport aux autres sittelles déjà existantes. Il l'a mis dans le phylum mésogéen avec la Sittelle corse et la Sittelle de Krüperi. À cette époque, le même auteur l'avait considérée, sur la base de critères morphologiques, qu'elle était plus proche de la Sittelle corse que de la Sittelle de Krüper. En plus, le même auteur signale aussi, sa similitude à la Sittelle à poitrine rousse *Sitta canadensis* dont cette dernière est déjà classée avec deux autres sittelles à savoir Sittelle de yunnan *Sitta yunnanensis* et la Sittelle de chine *Sitta villosa*. Ainsi, la Sittelle kabyle sont trois dans le phylum mésogéen et sont six dans le groupe *Canedensis*.

Cependant, Géroutet (1976), l'avait mise dans le groupe *Canadensis* avec six autres espèces de sittelles. Pour cet auteur, le groupe *Canadensis* est constitué de sept sittelles, dont *Sitta leucopsis* Sittelle à joues blanches est en plus du groupe *Canadensis* défini par Vielliard (1976b).

La première étude phylogénétique portée sur notre espèce datait de 1998. Cette dernière a été menée par Pasquet (1998). Cette présente étude a mis en évidence ses liens de parentés parmi dix autres Sittelles analysées à savoir ; Sittelle à front velouté *Sitta frontalis*, Sittelle pygmée *Sitta pygmaea*, Sittelle à poitrine rousse *Sitta*

canadensis, Sittelle corse *Sitta whiteheadi*, Sittelle de chine *Sitta villosa*, Sittelle de Krüper *Sitta kruperi*, Sittelle Torchepot *Sitta europaea*, Sittelle à poitrine blanche *Sitta carolinensis*, Sittelle d'Himalaya *Sitta himalayensis* avec deux autres espèces d'un autre ordre qui présentaient le Out Group qui sont la fauvette mélanocéphale *Sylvia melanocephala* et la mésange noire *Periparus ater*. Cette étude a été menée via les séquences de 491 bases-pairs (bp) du gène cytochrome-b (cyt b) de l'ADN mitochondriale. L'arbre phylogénétique a été déduit selon les étapes suivantes (Fig. 3):

- 1- arbres phylogénétique ont été créés à l'aide d'une analyse de parcimonie, et
- 2- les méthodes de Neighbour-joining, et
- 3- les évaluations de la robustesse se sont basées sur une analyse bootstrap

Selon l'arbre phylogénétique généré, la Sittelle kabyle est monophylétique avec Sittelle de Krüper. Le groupe *Canadensis* est constitué de cinq sittelles à savoir ; Sittelle à poitrine rousse, Sittelle kabyle, Sittelle de Krüper, Sittelle corse et la Sittelle de chine. Enfin, contrairement à ce qu'espérait Vielliard (1976b) et en accord avec Heim De Balsac (1976) la Sittelle kabyle est sortie dans le même clade (sœur) avec la Sittelle de Krüper et non avec la Sittelle corse.

Une autre étude phylogénétique a été réalisée par Pasquet *et al.* (2014). Cette étude s'est basée sur un autre gène mitochondrial cytochrome oxydase subunit I (COI) et un gène nucléaire RAG1 en plus du gène mitochondrial Cyt-b utilisé durant l'étude de Pasquet (1998). Selon la même étude de 2014, la Sittelle kabyle est toujours dans le groupe *Canadensis* avec une sixième Sittelle qui s'est ajoutée au groupe à savoir Sittelle de yunnan.

En 2020, Päckert *et al.* (2020) ont révisé les relations phylogénétiques des sittelles. Durant cette révision les auteurs ont utilisé 68 échantillons pris à partir de 27 espèces de sittelles reconnues par Gill *et al.* (2020). Cette présente étude a permis de prendre toutes les sittelles manquées dans l'étude de Pasquet *et al.* (2014).

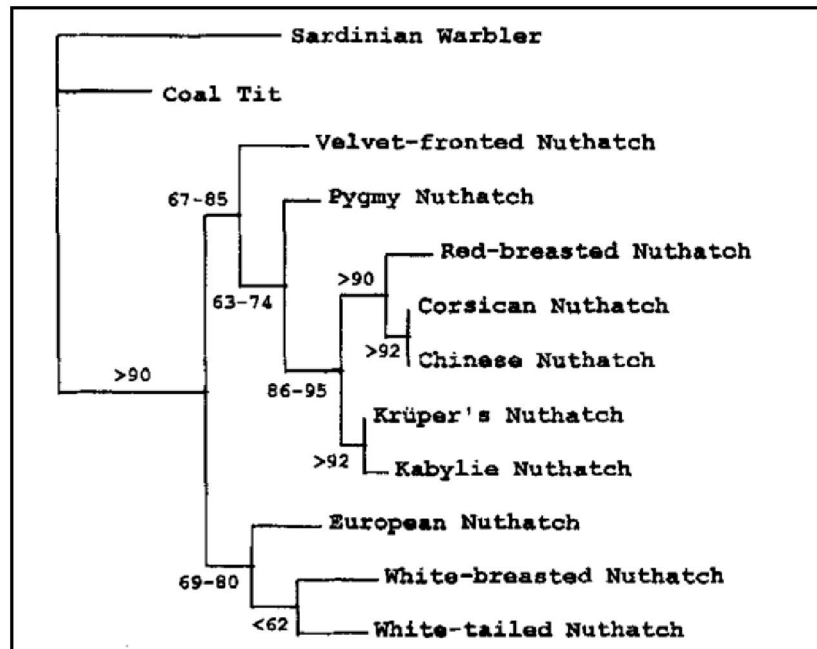


Figure 3. Arbre phylogénétique qui montre le lien de parenté de la Sittelle kabyle parmi dix espèces de Sittelles, basée sur le gène cytochrome-b de l'ADN mitochondriale (Pasquet *et al.*, 1998).

Désormais les séquences génétiques des 27 sittelles sont disponibles dans la banque de données de GenBank. Pour un souci de comparaison, les auteurs avaient pris les mêmes gènes utilisés durant l'analyse de Pasquet *et al.* (2014). Comme résultat des mêmes auteurs; la Sittelle kabyle est sortie dans le clade IV des petites sittelles avec sept autres sittelles dont la Sittelle à tête brune *Sitta pusilla* et la Sittelle pygmée *Sitta pygmaea* sont rajoutés aux sittelles du groupe *Canadensis* défini par Pasquet *et al.* (2014).

8. Étapes de découvertes de la Sittelle kabyle

De toutes les espèces d'oiseaux du Paléarctique occidental, la Sittelle kabyle est l'oiseau qui dispose d'une aire de répartition la plus restreinte (Monticelli et Legrand 2009). Elle est endémique à 13 habitats (Fig. 6) séparés par des habitats inhospitaliers (Harrap 2002). Ces derniers sont tous situés dans la région de la Kabylie des Babors, Petite Kabylie, Nord-Est Algérien (Montecelli et Legrand 2009, Bougaham *et al.* 2022). La Sittelle kabyle a été découverte durant une expédition dans la forêt du mont Babor, Wilaya de Sétif, le 05/10/1975 par Jean-Paul Ledant et son équipe (Ledant

1977). Elle a été ensuite baptisée par Viellard (1976a) comme *Sitta ledanti* à l'honneur de son découvreur. Cependant, elle a été découverte le 19/06/1976 par Eric Burnier et son équipe durant une expédition indépendante de celle de Jean Paul Ledant dans la forêt du mont Babor (Burnier 1976 ; Géroutet 1976). À cette époque, un endémisme au Djebel Babor a été supposé (Viellard 1976b). Cet endémisme est peut-être dû à son habitat constitué d'espèces végétales endémiques ; le Sapin de Numidie *Abies numidica* et le Peuplier Tremble *Populus tremula* et au gradient altitudinale situé entre 1750-2004 (Ledant 1977). Néanmoins, Gatter et Mattes (1979), avaient déjà signalé que la Sittelle kabyle dans la forêt du Mont Babor existait au-dessous de 1550 m d'altitude dans des peuplements forestiers où le Sapin et le Peuplier tremble sont absent. Il a fallu attendre 14 ans pour que Chalabi (1989) la découvre le 16 juin 1989 dans un autre biotope constitué de Chêne zéen *Quercus canariensis* et Chêne afares *Quercus afares* et même dans une subéraie pure *Quercus suber* dans la Wilaya de Jijel. Ce nouvel habitat est situé dans le massif forestier de Guerrouch, Parc national de Taza (canton Djebel El Kerne) à une trentaine de kilomètres du premier (forêt du mont de Babor) sur une altitude comprise entre 50 et 1121 m (Chalabi 1989). La présence de la Sittelle kabyle dans ce nouvel habitat a vite cassé le mythe de sa présence lié exclusivement aux espèces végétales aussi bien endémiques et rares du mont Babor et de son gradient altitudinal. Cette nouvelle découverte avait donné l'idée d'aller la chercher ailleurs encore dans d'autres habitats dans la zone de la Kabylie des Babors. Une année après, le 12/06/1990, un troisième biotope a été découvert à une altitude située entre 1050 et 1400m dans une formation végétale constituée principalement par chêne zéen et chêne afares par Bellatrèche (1990) dans la forêt de Tamentout située à cheval entre la Wilaya de Jijel, Sétif et Mila, et en mois de juillet de la même année dans la forêt de Djimla (Bellatrèche 1991) dans Wilaya de Jijel et Mila. Durant la décennie noire où l'insécurité régnait dans cette région, avait rendu impossible d'organiser des sorties d'exploration dans les forêts susceptibles d'abriter la Sittelle kabyle (Hamitouche 2022). De ce fait, il a fallu attendre l'année de 2018 pour qu'elle soit redécouverte dans un autre habitat (forêt de Larbaâ) par Moulai et Mayache (2018) dans la Wilaya de Jijel. En mois de juin de la même année a été découverte par Haddad et Aftouni (2018) dans la forêt de d'El Djarda dans la Wilaya de Jijel. En mois

de juillet de l'année 2019 trois nouveaux habitats ont été découverts à savoir Tazegzeout, Tloundène et Sendouh par Bougaham *et al.* (2020) dans la Wilaya de Jijel. En mois de septembre 2019 a été découverte dans la forêt de Coudia par Bougaham *et al.* (2021) dans la Wilaya de Jijel. En mois d'avril l'espèce a été aussi découverte par Bougaham *et al.* (2021) dans la forêt de Tababort, dans la Wilaya de Bejaia, juste à 4 kms à vol d'oiseau de son premier habitat découvert en 1975. En septembre 2021, Mayache *et al.* (2021) l'ont découvert dans la forêt de Bouhanch appartenant au massif forestier de Guerrouch dans la Wilaya de Jijel. Enfin un treizième habitat a été découvert par Bougaham *et al.* (2022) dans la forêt d'El Arem dans la Wilaya de Jijel.

9. La région de la Kabylie des Babors

Selon les empires continentaux; la région de la Kabylie des Babors est située dans l'Empire Holarctique, Sous Empire Mesogéen dans la région Méditerranéenne, dans la sous-région de Méditerranéenne Est. (Quezel 1978) (Fig. 4A).

Selon les divisions biogéographiques de l'Algérie, la Kabylie des Babors fait partie du sous-secteur de la Petite Kabylie (K2). Le K2 fait partie du secteur Kabylie et Numidien (K) (Quézel et Santa 1962) (Fig. 4B).

La Kabylie des Babors est limitée, au Nord, par le littoral de Béjaïa et au Sud, par les Hautes Plaines sétifiennes. Elle se situe entre la vallée de la Soummam, à l'Ouest et une ligne qui va d'El Aouana à Oued Deheb, au sud de Taxana à l'Est (Gherzouli et Djellouli 2005).

La Kabylie des Babors est une région de pénétration très difficile (Bernard et Ficheur 1902). Elle est considérée comme la suite de la chaîne des montagnes de Djurdjura (Bernard et Ficheur 1902 ; Duplan 1952). Elle est limitée par l'Ouest par la vallée de la Soummam (Bernard et Ficheur 1902). Sa limite Sud approximative est une dépression assez marquée, qui sépare les Babors de la chaîne des Bibans (Bernard et Ficheur 1902 ; Lapie 1914), cette dépression est parcourue par l'Oued Bou-Sellam ensuite passe au Sud des Beni-Ourtlane, touchant le Nord d'Aïn-Roua et vers Amoucha et elle longe le flanc Nord du Djebel Megriss (Bernard et Ficheur 1902).

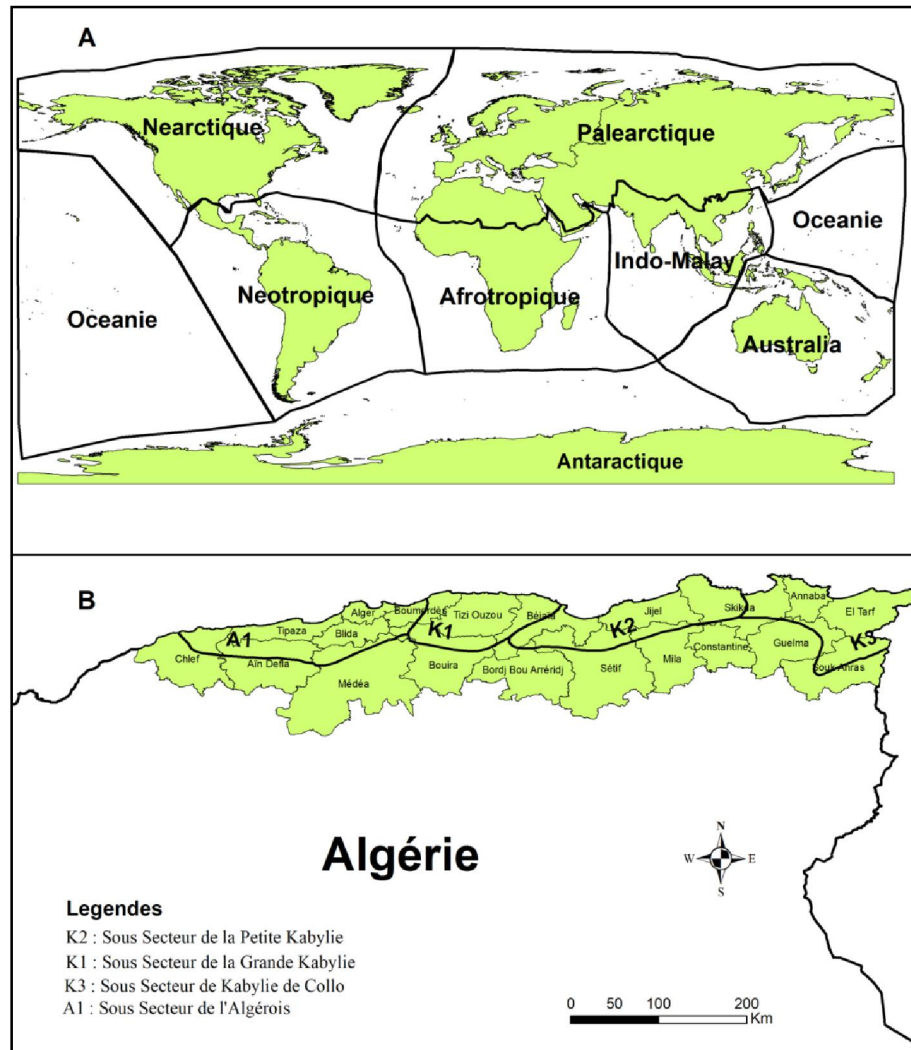


Figure 4. A. Les empires continentaux (Huggett 2002) (modifiée). B. Les divisions biogéographiques de l'Algérie (Quézel et Santa 1962) (modifiée).

À l'Est, la limite conventionnelle peut être indiquée par une ligne menée du cap Cavallo à l'Oued-Deheb (Bernard et Ficheur 1902). Au Nord, elle limitée par le golf de Bejaia et le littoral (Bernard et Ficheur 1902).

La chaine de montagnes de la Kabylie des Babors ou la Chaine des Babors est constituée de djebels organisés en chaînons sensiblement parallèles (Duplan 1952) dont le point culminant est le mont de Babor (2004 m) (Zemouri et Bougaham 2022) (Fig. 5).



Figure 5. Versant Nord de la Forêt du mont Babor. Photo prise à partir de la ligne de crête de Tababort, (Cliché : Zemouri Mourad).

Les 13 sites de reproduction de la Sittelle kabyle, connus à ce jour, sont tous situés et confinés dans la Kabylie des Babors orientale [(Obert 1984) dans (Machane *et al.* 2009)] (Fig. 6).

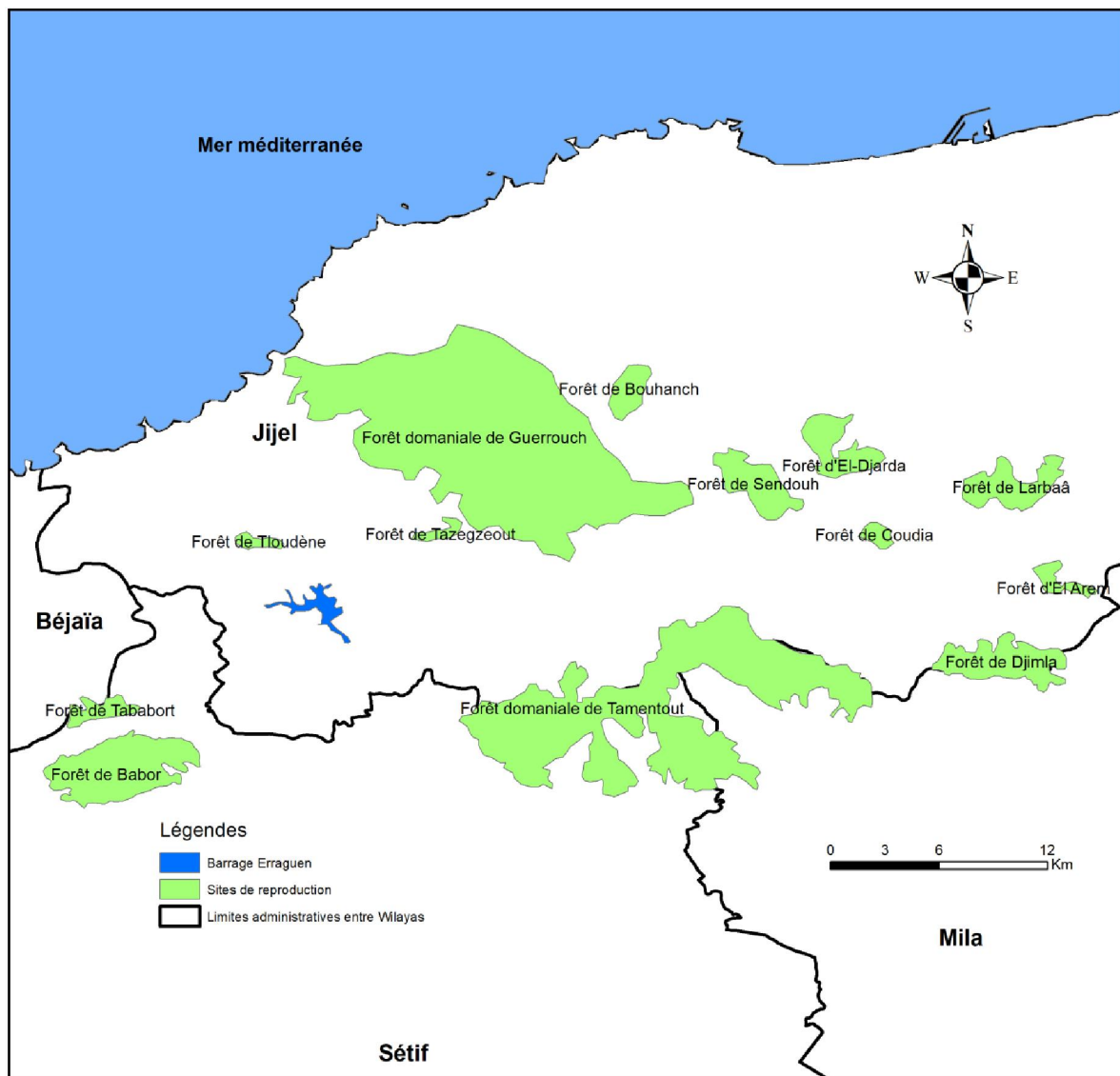


Figure 6. Carte de distribution de la Sittelle kabyle dans la Kabylie des Babors.

10. Méthodes d'échantillonnages et de recensement de l'avifaune

Dans une population d'oiseaux, le paramètre biologique le plus suivi est son abondance. Ce paramètre est quantifié via le recensement du nombre d'individus ou de couples nicheurs de l'espèce dans un secteur bien défini (Frochot 2010). La technique de recensement choisie doit être assez simple, claire et bien décrite pour éviter des confusions à travers le temps, les modifications méthodologiques ou changements du recenseur. Elle doit être aussi standardisée et peu coûteuse pour qu'elle soit utilisée durablement et à grand échelle (Frochot 2010).

Selon Pough (1950), un recensement d'oiseau est recommandé d'être réalisé pendant la saison de nidification parce qu'à cette période, la plupart des oiseaux se cantonnent à un territoire bien défini, aux alentours de leurs nids. Le même auteur préconise aussi, de le réaliser tôt dans la saison de reproduction, durant la période nuptiale et la défense du territoire parce qu'après, les oiseaux seront occupés par leurs nids et leurs contenus (œufs et oisillons). D'autant, il ne faudrait pas arrêter le recensement précocement parce qu'il y a des pentes tardives et un recensement en mois de juillet et août permettra de les détecter.

Ainsi, la méthode la plus simple pour dénombrer les oiseaux, dans une superficie donnée, est le dénombrement direct des nids. Malheureusement, sur des faits réels sur terrain ; il sera impossible de les détecter tous. Cependant, nous pouvons déduire via la présence d'un mâle chanteur, résidant toujours dans un même territoire, la présence d'un couple nicheur. Au final que chaque mâle chanteur détecté peut ne pas être apparié avec une femelle, ne serait-ce que le nombre de mâles sans compagnes n'est pas important et stable dans une population d'oiseau (Pough 1950 ; Paccaud 1956).

Selon Ferry et Frochot (1958), il y a beaucoup de techniques de recensement pour l'avifaune cependant ces deux auteurs les réunissent en deux types principaux qui sont ; le premier type est basé sur le traçage de quadrats de superficie donnée sur un lieu donné et d'en rapporter sur un plan toutes les données trouvées comme : les oiseaux, les nids observés (voir section 10.1). Cette méthode est appelée méthodes des « quadrats » ou « plans quadrillés » qui a été bien décrite par Pough (1950). Le deuxième type de méthode est linéaire. Cette méthode est basée sur le fait, que dans un milieu donné, un recenseur marche en ligne droite sur une distance donnée, en notant tous les oiseaux observés ou entendus. Elle est souvent appelée méthode de « transects » (voir section 10.2).

10.1. Méthode de recensement à base de « Grille » selon Pough (1950)

Afin d'effectuer un recensement exhaustif sur la totalité d'une zone d'étude donnée, en définissant les territoires des mâles nidificateurs, une méthode sur la base de grille a été proposée par Pough (1950).

10.1.1. Principe du dénombrement

Une grille est érigée à base de l'intersection à angle droit des droites parallèles. Les lignes parallèles orientées Nord-Sud sont espacées de 60 mètres se croisant perpendiculairement avec d'autres lignes Orientées Est-ouest, donnent une « grille » de carrés de 60 mètres de côté chacun.

10.1.2. Méthode de dénombrement

Une fois sur terrain, après établissement du repère de démarrage, via une boussole, marcher en lignes droite Nord-Sud ou Est-Ouest et vérifier les distances avec une corde ou mètre métallique afin de marquer des points tous les 60 mètres. En cas où la végétation est dense envoyer un aide muni d'un bâton coloré et vérifier vous-même la direction et la distance. Une fois le bâton planté rejoignez le et recommencer jusqu'à l'autre bout de la zone d'étude, ainsi vous allez avoir la première ligne de base de votre grille.

Ensuite, recommencer la même opération en traçant d'autres lignes de base, avec le même protocole, à partir des bâtons distants de 60 mètres. Vous recommencez jusqu'au bout et d'une façon perpendiculaire à la première ligne de base (Fig. 7). Ainsi, vous recommencez jusqu'à finalisation de la grille. Enfin, afin de délimiter les intersections des lignes de base physiquement sur le terrain planter un bâton en terre ou marquer un tronc d'arbre avec de la peinture. Dans le cas où le recensement est situé dans un habitat avec une végétation dense, il est possible d'espacer les jalons

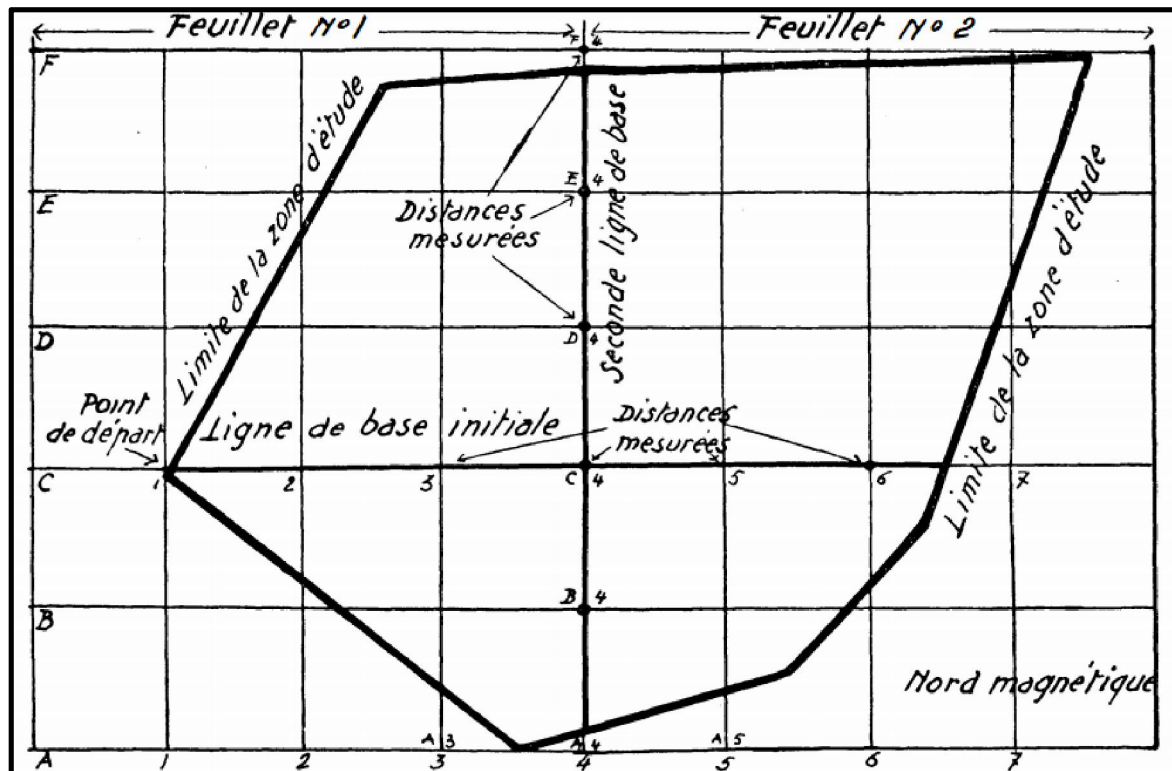


Figure 7. Une zone d'étude à limites arbitraires reportée sur deux feuillets du cahier de travail.

chaque 30 mètres ou plus souvent selon les besoins du recenseur dans les conditions réelles du terrain.

Afin de se repérer facilement dans la Grille, il est pratique de nommer les intersections des lignes de bases Nord-Sud et Est-Ouest (Fig. 8), plus précisément, donner des chiffres pour les lignes de bases orientées Nord-Sud et des lettres pour les lignes orientées Est-Ouest. Ainsi, chaque intersection aura un repère constitué d'une lettre et d'un chiffre comme A1 ou F7.

Finaliser le travail en réalisant une carte d'espèce sur la grille finalisée au préalable. Sur une feuille blanche ou au maximum deux feuillets de votre cahier à feuilles mobiles ; reporter votre grille avec une échelle de 1 cm pour 10 mètres. Vous reportez l'emplacement des ruisseaux, murs, grands arbres, limites de formations végétales et autres repères importants rencontré sur le terrain. Ainsi, la même carte est tirée plusieurs fois selon le nombre d'espèce qui se trouve dans la zone d'étude, pour que chaque espèce soit recensée séparément sur une carte.

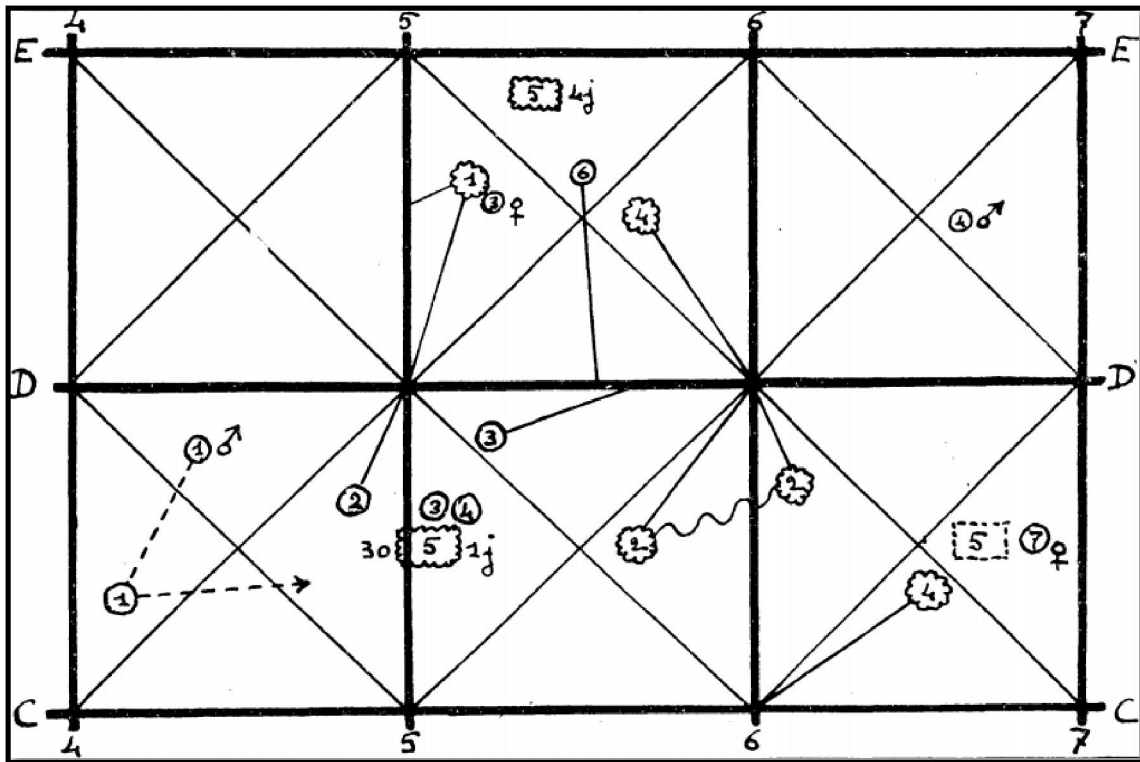


Figure 8. Manière de reporter sur la carte d'espèce les différents symboles adoptés.

Enfin, rajouter l'emplacement des territoires qui seront établis selon la provenance des chants ainsi que les symboles appropriés pour chaque cas (Fig. 8).

Via cette présente méthode nous n'avons pas besoin de voir les oiseaux parce que la méthode du recensement et d'identification d'oiseaux sont basées sur l'écoute des sons. Cependant, en cas d'enregistrement de chants d'oiseaux nouveaux, il est recommandé de l'identifier visuellement. Dans le cas où vous doutez de votre capacité d'identification via l'ouïe, commencez au préalable avant le commencement officiel de votre recensement à se familiariser avec les chants des oiseaux de votre zone d'étude.

10.1.3. Conseils et recommandations

Au commencement de traçage de lignes, établir un repère permanent et visible pour permettre aux scientifiques de l'époque et futures de détecter la « grille » même après plusieurs années d'écart et même dans le cas où la végétation subira un

changement important. Dans la situation difficile, situer la « grille » sur la carte via des repères naturels permanant voisin comme les : rochers, cours d'eau, collines, etc.

Dans le monde de l'avifaune, il a été observé qu'un même oiseau peut chanter plus fortement à des moments et emplacements différents, ce qui rend difficile de repérer l'emplacement exact de l'oiseau chanteur via l'intensité de son chant. De ce faite, le même auteur préconise à ce que le recenseur durant son recensement sur terrain se positionne plus souvent aux intersections de la Grille. Une fois l'oiseau commence à chanter, repérer la direction de la provenance du chant et mettre un repère physique de sa direction. Sur la carte d'espèce correspondant à l'oiseau identifié, tracer un léger trait au crayon reliant le point d'intersection et le point de départ du chant et mettre le symbole approprié.

En plus, pour un repérage plus précis du territoire de l'oiseau dans sa carte d'espèce, utiliser le repérage par triangulation. Cette opération consiste à déterminer la direction du chant à partir de plusieurs angles du même carré dans la « grille ». Tracer un trait pour chaque nouvelle direction. L'intersection de ces traits de crayon indiquera avec plus de précision l'emplacement du mâle chanteur.

10.1.4. Exploitation des données

Enfin, le moment crucial est venu pour donner un chiffre pour chaque recensement de chaque espèce qui abrite votre zone d'étude. Ceci sera le cumule des mâle chanteur et nids signalé dans vos cartes d'espèce établies au préalable.

10. 2. Méthode de recensement à base de ligne transect selon Yapp (1956)

La méthode d'échantillonnage par transects linéaires a été créée pour la première fois par les botanistes, cependant une forme pour échantillonner les populations d'oiseaux a été adaptée et puis largement utilisée (Yapp 1956).

10.2.1. Principe et méthode du dénombrement

Le principe de cette méthode est basé sur le faite qu'un observateur dans un site donné, se déplace à l'intérieur en ligne droite en notant les oiseaux qu'il voit ou entend.

Ainsi vers la fin, il obtiendra comme résultat les fréquences relatives des oiseaux dans l'habitat échantillonné.

10.2.2. Exploitation des données

Dans cette présente étude de Yapp (1956), il a été donné une formule mathématique pour pouvoir effectuer une analyse théorique appropriée :

$$D = \frac{Z}{2R(\bar{u}^2 + \bar{w}^2)^{\frac{1}{2}}}$$

où : D est la densité d'un organisme dans une unité de surface; Z est le nombre de contacts entre l'observateur et l'organisme dans unité de temps ; R est le rayon d'action effectif de l'organisme considéré ; $\bar{u}$ la vitesse moyenne de l'organisme, et $\bar{w}$ est la vitesse moyenne de l'observateur.

Pour déterminer comment cette formule théorique peut être appliquée sur le terrain, nous devons prendre en considération chacun des éléments de l'équation à savoir ;

1. La densité (D), à cause du phénomène d'immigration et d'émigration des oiseaux ; les transects linéaires sont sensés générer de meilleurs résultats en été, parce que les effectifs sont relativement stables par rapport à l'hiver.
2. Le nombre d'observateurs est fixé à un seul dont progresse sur terrain avec une vitesse standard ($\bar{w}$) de 2 miles par heure. Cette vitesse est adaptée à la plupart des types de reliefs et son maintien aide l'observateur à ne pas manquer des identifications.
3. La vitesse de l'organisme ($\bar{u}$) est difficile à déterminer, surtout qu'elle varie selon les espèces, les saisons de l'année et les moments de la même journée.
4. Le rayon d'action effectif de l'organisme (R), peut être détecté auditivement ou visuellement.
5. Z, le nombre de contacts qui sont le cumul des contacts auditifs et/ou visuels avec l'organisme considéré.

10.2.3. Inconvénients de la méthode

Enfin l'auteur conclut que cette formule n'est possible d'application que lorsque tous les éléments de l'équation sont connus, cependant à l'heure actuelle, nous ne disposons pas de telles connaissances.

10.3. Méthode des I.K.A (Indice Kilométrique d'Abondance) selon Ferry et Frochot (1958)

Après deux ans, Ferry et Frochot (1958) propose une autre variante de la méthode de recensement linéaire pour dénombrer et comparer des populations d'oiseaux nicheurs de la même espèce qui occupent des milieux forestiers différents. Néanmoins cette approche élimine certains inconvénients du « line transect ». Cette méthode est décrite comme suit :

10.3. 1. Principe de la méthode

Dans chaque zone, afin d'effectuer le dénombrement, nous prenons un trajet rectiligne avec une vitesse moyenne comprise entre 1 à 2 km/heure. L'itinéraire se fait suivre en principe sur un sentier ou un layon d'une longueur connue, elle aussi, comprise entre 500 et 1000m. Pour la largeur du trajet, c'est une largeur qui est d'un seul côté et doit avoir une largeur suffisante d'au moins 200 m.

10.3.2. Méthode du dénombrement

Sur terrain, pour le dénombrement des oiseaux, il sera recommandé de passer, durant des horaires précis, qui fluctuent selon les mois à savoir ; vers 7-8 h En mars-avril et vers 6h en mai-juin.

Les trajets sont réalisés à pied avec une vitesse lente comprise entre 1 à 2 km par heure, faire des arrêts tous les 20 mètres environs. Ainsi prendre note de tous les oiseaux entendus ou vus, et tous les nids trouvés. Tout ce travail sera fait d'un seul côté (l'aller) de la zone choisie. Le retour ne sert qu'à la confirmation des notes prises à l'aller.

Une journée favorable qui aidera à la réalisation d'un bon dénombrement est une journée où il fait plus beau et plus chaud, etc. d'autre part ; les oiseaux se manifestent aussi selon des dates différentes durant la saison. Afin de remédier à ce problème et dans le but de recenser tous les oiseaux qui peuvent fréquenter notre parcelle, il a été admis de performer deux mêmes séries de recensement, dont la première en début de saison et la deuxième en fin de saison. En termes de date ; il a été choisi la date du 20-25 avril comme période qui sépare entre la première et la deuxième série de recensement. Exemple ; durant la première partie de la saison nous enregistrons au plus les manifestations des mésanges, grives, sittelles, pics, etc., la deuxième partie, aura enregistré les manifestations des fauvettes, pouillots, rossignols, tourterelles et autres migrateurs.

En fin de saison, pour chaque parcelle examinée, nous aurons aux moins deux dénombrements dont un est avant le 25 avril et l'autre après. Durant ce type de recensements il y aura différenciation entre les oiseaux vus, les oiseaux entendus criant ou chantant, les oiseaux bâtissant, les nids occupés et les groupes familiaux, de sorte que nous allons prendre :

Un oiseau vu ou entendu criant	0,5 couple
Un mâle chantant	1 couple
Un oiseau bâtissant	1 couple
Un nid occupé	1 couple
Un groupe familial	1 couple

10.3.3. Exploitation des données

Le nombre de couples obtenu selon la méthode de Yapp (1956) sera divisé par la longueur du trajet de dénombrement, l'unité de mesure de la distance du trajet est exprimée en kilomètres. Cette opération sera répétée pour chaque espèce. Ceci donnera un chiffre que nous appellerons «Indice kilométrique d'Abondance» ou I.K.A. En d'autres termes, l'I.K.A., est le nombre de couples nicheurs dans un rectangle qui a 1 km de long et une largeur «R» de l'équation de Yapp (1956).

Pour chaque espèce, nous ne retiendrons que l'I.K.A. le plus élevé, ce dernier sera son Indice dans la parcelle considérée en cette saison donnée. L'I.K.A de chaque

espèce est proportionnel à la densité absolue. Cette dernière peut être obtenue en multipliant l'I.K.A. trouvé par un coefficient spécifique rendant compte de la distance à laquelle cette espèce est accessible à l'observateur. Alors que la densité réelle peut être calculé via la méthode de plan quadrillé dont le dénombrement est performé par l'I.K.A.

Les I.K.A. obtenus ne permettent pas une comparaison entre les I.K.A. de deux espèces différentes, parce que chaque espèce a sa propre distance pour qu'elle soit repérée visuellement et/ou auditivement. Cependant, ces chiffres obtenus permettent une comparaison entre I.K.A. de la même espèce donnée dans différents habitats. Ne serait-ce que, cette comparaison ne sera valable qu'en cas que le changement du couvert végétal n'influence pas la distance du repérage de cette espèce par l'observateur.

Les I.K.A. d'espèces obtenues au fils des années peuvent être présenté sous forme de courbes. Ces chiffres et ces courbes peuvent désormais apporter une information de plus de la fluctuation des effectifs d'une espèce par rapport aux conditions écologiques régnant dans son milieu. Ces conditions écologiques sont résumées par : 1- Influence du tapis végétal qui est défini par les associations végétales qui le constitue, 2- Influence de la physionomie du milieu dont la différence de physionomie est imposé par l'âge du peuplement, 3- influence des conditions alimentaires où les auteurs préconisent de comparer entre les courbes d'abondance des insectes pour la comparer à celles des oiseaux du milieu donnée dans une année donnée et enfin, 4- D'autres facteurs accidentels comme le facteur climatique qui peut réduire à moitié une population d'oiseau de l'année via un hivers rigoureux.

10.3.4. Conseil et recommandation

Afin de remédier à ce problème ; durant le déplacement sur terrain lors d'un dénombrement, avant de noter le prochain oiseau chanteur il est recommandé de se placer à un endroit du trajet où les oiseaux soient audibles séparément et distinctement. Comme il est possible de rater un oiseau quand il s'agit d'une espèce discrète. Néanmoins, selon Palmgren (1930) [dans (Ferry et Frochot 1958)] un dénombrement

permet de couvrir 60% d'oiseaux et le double dénombrement préconisé dans cette méthode permet une couverture de 80% d'oiseaux et quatre dénombrements permettent de recenser 96%.

10.3.5. Inconvénients de la méthode I.K.A.

D'une part, les inconvénients des comptes linéaires est le fait que les oiseaux chantent et se manifestent selon les conditions de la journée. D'autre part, les effectifs cumulés via la présente technique peuvent présenter des erreurs. Lors d'un dénombrement, il pourrait compter le même oiseau deux fois ou au contraire le rater carrément. Il est possible de recenser deux fois le même oiseau chanteur dans deux cas, le premier cas est quand l'oiseau se déplace vite et le deuxième cas quand l'oiseau possède un vaste canton.

10.4. Méthode des I.P.A. (Indice Ponctuel d'Abondance) selon Blondel *et al.* (1970)

Après 12 ans de l'apparition de la méthode I.K.A de Ferry et Frochot (1958), Blondel *et al.* (1970) viennent et proposent une autre méthode pour estimation des abondances des oiseaux via un Indice Ponctuel et non kilométrique appelé communément « I.P.A. ».

10.4.1. Avantage de la méthode des I.P.A

Cette méthode est apparue pour deux raisons : (1) Simplifier la méthode des I.K.A., dont cette méthode est exigeante sur la nature de terrain et de son recouvrement végétal, de sorte que, les trajets linéaires suivi par l'observateur doivent avoir une longueur d'au moins d'un kilomètre ce qui ne respecte pas la vraie nature du terrain qui peut être accidenté, inaccessible avec effet de lisières. Entre autres, la méthode des I.K.A. a été conçue pour la première fois dans une forêt de sylviculture où les parcelles étaient bien définies et séparés avec des cheminements (layons) rectilignes avec une forme géométrique quadrillées. (2) Convertir les indices relatifs d'abondance en densités absolues avec une marge d'erreur acceptable.

10.4.2. Principe de la méthode

Dans le but de quantifier l'avifaune d'une zone donnée d'une année donnée, la méthode en question a pour principe l'utilisation des «stations d'écoutes» qui est un procédé de stations ponctuelles. Elle est voisine de la méthode des « I.K.A. ». La différence entre les deux méthodes est qu'au lieu de marcher et de noter les oiseaux contactés comme dans la méthode des I.K.A. cette présente méthode l'observateur s'immobilise pendant une durée déterminée (15-20 minutes) et enregistrer tous les oiseaux vus ou entendus.

10.4.3. Méthode de dénombrement

À cause de la relation entre oiseaux et la végétation qui compose leurs habitats, il est vivement recommandé de décrire en détail l'habitat avant de commencer le dénombrement en question. Les auteurs proposent, dans le but de décrire objectivement cet habitat, un formulaire à remplir. La façon de noter les oiseaux est la même que celle dans la méthode des I.K.A. décrite par Ferry et Frochot (1958). Cependant, la méthode des I.P.A. n'est pas exigeante en termes de grandeur des superficies et de l'homogénéité des milieux à échantillonner. Elle peut être appliquée sur des milieux beaucoup plus morcelés et/ou accidenté. Elle n'est pas exigeante en termes de cheminement rectilignes préparé au préalable. Dans la méthode des I.P.A. l'observateur immobile doit faire attention juste au facteur temps qui ne pose pas de problème alors que l'observateur mobile de la méthode des I.K.A. doit faire attention en plus du facteur temps aux deux facteurs ; distance et vitesse de la marche entre deux points.

10.4.4. Inconvénients de la méthode I.P.A.

Comme toute méthode, la méthode des I.P.A présente aussi des points faibles dont une partie est en commun avec les autres méthodes de dénombrement et d'autres qui lui sont propre. Parmi ces derniers nous citerons ; (1) La méthode est moins précise quand la densité et la diversité de l'avifaune sont élevées. Dans ce cas-là, il est très facile de confondre les différents oiseaux chanteurs après un petit laps de temps et d'ailleurs c'est pour cela qu'il est préconisé de limiter la durée du point d'écoute entre

15 à 20 minutes. (2) Inversement, dans les milieux moins denses et ouverts, les stations d'écoutes immobiles peuvent rapporter des résultats incomplets contrairement à la méthode des I.K.A. qui permette de dénicher plus d'oiseaux à cause de la mobilité de l'observateur durant son recensement. Enfin, l'inconvénient en commun des méthodes de dénombrement de l'avifaune, qui est considéré comme majeur par les mêmes auteurs, est l'expérience des observateurs lors des contacts avec les oiseaux. Il s'agit de la capacité à d'identifier visuellement et/ou auditivement le même oiseau avec le même nom. En d'autres termes, est ce que deux observateurs différents dans un même milieu vont identifier les mêmes oiseaux de la même façon.

10.5. Méthode des Echantillonnages Fréquentiels Progressifs selon Blondel (1975)

Après cinq ans, Blondel (1975) propose une autre méthode pour l'analyse des peuplements d'oiseaux.

10.5.1. Principe de la méthode

Cette méthode est la dérivée de la méthode des I.P.A. Elle se base sur des Echantillonnages Fréquentiels Progressifs qui sont appelés conventionnellement « E.F.P. ». Le qualificatif «progressif» indique que la qualité des résultats est proportionnelle à l'intensité de l'échantillonnage. Les résultats sont de grande précision quand l'échantillonnage est de grande intensité.

10.5.2. Avantage de la méthode

L'apport de cette présente méthode est qu'elle dénombre les oiseaux par un protocole de relevé avec présence-absence. Ce dernier offre un allègement méthodologique qui permet une meilleure évaluation des effectifs des peuplements d'oiseaux. Ces avantages et allègements sont résumés comme suit : (1) Les relevés en présence-absence sont assez souples et peuvent être aussi appliqués aux autres groupes d'oiseaux et non pas seulement aux passereaux. (2) Permet d'envisager une réelle cartographie des espèces et des avifaunes parce que l'observateur dispose d'un temps utile plus important que pour les autres méthodes de dénombrement. (3) La durée de temps donnée pour chaque point d'écoute (20 minutes) est adéquate pour détecter

chaque espèce durant des dénombrements réalisés durant différentes saisons, ou durant différents temps de la même journée. Ce laps de temps permet aussi de détecter des espèces avec des coefficients de détection différents et des périmètres d'action différents.

10.6. Protocole de dénombrement de la Sittelle kabyle selon d'autres auteurs (Ledant *et al.*, 1985 ; Bougaham *et al.* 2018 ; Hamitouche *et al.*, 2020 ; Hamitouche *et al.*, 2021 ; Zemouri et Bougaham 2022)

10.6.1. Principe

Un échantillonnage selon la méthode des E.F.P (Blondel 1975) avec un paramétrage de la méthode. Cet échantillonnage est réalisé via des points d'écoutes pratiqués sur une ligne de trajet (transect) d'une façon à recouvrir l'ensemble de la forêt.

10.6.2. Méthode de dénombrement

Chaque point d'écoute le chant de l'espèce (chant et cri d'alarme) est lancé via un magnétophone pour provoquer l'oiseau (le mâle) dans le but de le stimuler (réaction de défense de territoire) et de l'observer. Les points d'écoutes sur la ligne de trajet sont espacés de 200 à 300 mètres environ sauf en cas de franchissement de la ligne de crête, de fermeture du milieu ou en cas de lisière. Cette distance d'espacement entre deux points est dans le but d'éviter de compter le même individu deux fois. Dans chaque point d'écoute après avoir lancé le chant de l'espèce, une durée de 20 minutes est observée sur place. Durant les 20 minutes nous notons d'abord la présence ou l'absence de l'espèce via une identification visuelle. En cas de présence, nous notons s'il s'agit d'un couple ou d'un solitaire. Nous notons couple quand l'un ou les deux parents émettent un cri d'alarme. Quand le mâle chante seulement, nous attendons à ce que la femelle se présente si non nous notons seulement un seul individu (solitaire). Enfin, dans chaque point d'écoute, on note : les coordonnées GPS, l'altitude, l'exposition, les espèces d'arbres présentes et le type de peuplement.

11. Pourquoi établir un recensement

11.1. Selon Pough 1958

Une estimation globale des chiffres d'oiseaux qui occupe un pays mixé avec des cartes botanique et pédologique nous donne une idée sur l'importance des populations avienne avec sa distribution selon les conditions abiotiques. Cela nous aide à connaître leurs besoins écologiques dans le but de programme de conservations futures.

Quand une espèce est recensée dans différentes régions biogéographique, la population la plus dense indique l'habitat qui offre les conditions optimales en termes de climat de l'espèce. Ces données seront même utilisées pour d'éventuelles introductions ou de réintroductions des populations aviennes.

Plusieurs recensements du même peuplement d'oiseaux dans le même habitat, espacé dans le temps, via la variation des effectifs ou du nombre d'espèces, en cas de diminution, nous avertir s'il s'agit d'une fluctuation normale ou s'il s'agit d'une phase déclin.

Un recensement peut constituer une preuve quantitative de l'impact des activités humaines. Un recensement réalisé dans une zone vierge de toutes interventions de l'homme, peut constituer une référence par rapport aux troubles anthropiques portée dans la même zone.

Dans le cas des oiseaux cavicoles, un recensement donnera une idée de combien de bûches nichoirs qu'il faudrait déposer dans un milieu donné afin que la population soit maximale.

Un recensement donne une estimation avec des chiffres précis et non de simples impressions. Ces chiffres nous permettent de considérer une population comme abondante, assez commune ou rare.

11.2. Selon Paccaud 1956

En connaissant le milieu qui offre les exigences optimales qui convient à une espèce via un recensement qui indiquera la population la plus dense. Une diminution

des effectifs de la même espèce dans un autre habitat, détecté par un autre recensement, contribue à sa protection via l'apport des exigences de la population mère.

Un recensement est une étude quantitative qui quantifie le nombre d'une population d'oiseaux via des chiffres précis. Ces derniers permettent une comparaison précise des populations d'oiseaux qui occupent des habitats voisins.

Un recensement contribue à démontrer empiriquement un impact positif ou négatif d'une modification rapide ou lente dans un milieu forestier, sur les oiseaux qui le peuplent. Exemple une coupe importante ou croissance normale d'une plantation.

11.3. Selon Blondel

Un recensement de l'avifaune permet : (1) un inventaire qualitatif des oiseaux présents dans un site donné, (2) de mettre en évidence l'aire de répartition des espèces et leurs distribution selon des variables écologiques, (3) une quantification (composition et structure) des peuplements en fonction des paysages végétaux, enfin (4) des études de dynamique et essor démographique.

12. Recensement, distribution et dynamique des populations de la Sittelle kabyle

La taille d'une population est donnée uniquement par le nombre total d'individus matures comptés d'un taxon (UICN 2012). Jusqu'à nos jours, la Sittelle kabyle dispose de 13 habitats différents dont via ce manuscrit nous signalons l'Aire de l'oiseau endémique (AOE) actualisée (Fig. 6) avec estimation de ses effectifs (Tab. 3).

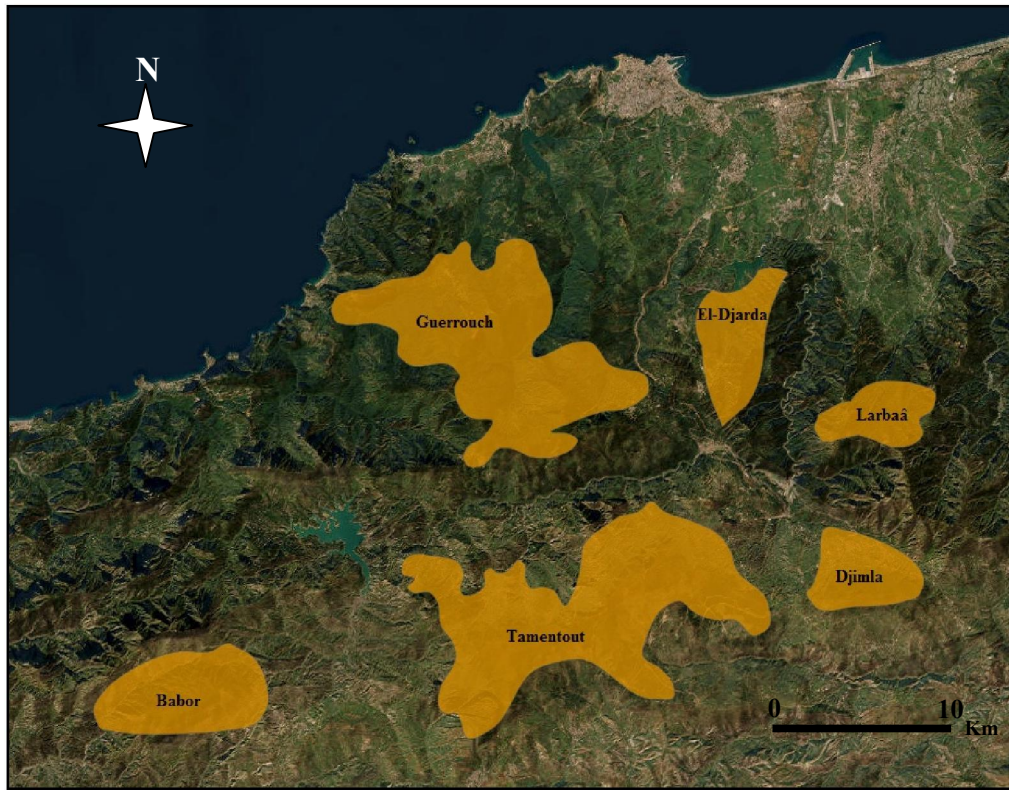


Figure 9. Carte de distribution de la Sittelle dans son aire de distribution (Bird Life International 2021) (modifiée).

Ces derniers, sont tous situés dans la région de la Kabylie des Babors, Nord-Est algérien. Cependant, 7/13 habitats présentent des effectifs réduits (Tab. 3) où ces effectifs prédisent une extinction dans un avenir proche de l'espèce (Bougaham *et al.* 2020) parce que ces populations ne peuvent pas se maintenir à effectifs trop réduit (Ledant 1977).

Tableau 4. Effectifs de la Sittelle kabyle dans ses habitats connus.

Forêts	Total d'individus*	Références	Superficie (ha)	Références
Babor	275	(Zemouri et Bougaham 2022)	1268	(Ledant <i>et al.</i> 1985)
Guerrouch	109	(Hamitouche <i>et al.</i> , in press)	10 859,7	(Bellatrèche et Chalabi 1990)
Tamentout	187	(Hamitouche <i>et al.</i> , 2020)	9688	(Boudy 1955 in Bellatrèche 1990)
Djimla	60	(Bougaham <i>et al.</i> 2018)	1000	(Bougaham <i>et al.</i> 2018)
Larbaâ	40	(Hamitouche <i>et al.</i> 2021)	700	(Hamitouche <i>et al.</i> 2021)
El Djarda	10	(Hamitouche 2022)	306,79	(Hamitouche 2022)
Sendouh	9	(Bougaham <i>et al.</i> 2020)	102	(Hamitouche 2022)
Tloundène	7	(Bougaham <i>et al.</i> 2020)	75	(Hamitouche 2022)
Tababort	4	(Bougaham <i>et al.</i> 2021)	1036	(Hamitouche 2022)
Coudia	3	(Bougaham <i>et al.</i> 2021)	64,56	(Bougaham <i>et al.</i> 2021)
Tazegzeout	3	(Bougaham <i>et al.</i> 2020)	48	(Hamitouche 2022 ; Bougaham <i>et al.</i> 2020)
El Arem	4	(Bougaham <i>et al.</i> 2022)	51,7	(Bougaham <i>et al.</i> 2022)
Total	693		14 340,05	

* : (Nombre de couples X 2) + nombre de solitaires.

Comme indiqué dans le tableau 4, la superficie de distribution de notre espèce est toujours inférieure à 5000 km². Ce qui fait d'elle, d'une part, elle reste toujours endémique (Fig. 10) non seulement à l'Algérie mais à une petite région du Nord-Est algérien qui est la région de la Kabylie des Babors (Isenmann et Moali 2000 ; Bougaham *et al.* 2022 ; SMIB 2023) et d'autre part est considérée comme un oiseau rare. Malgré tous ses nouveaux habitats découverts et le comptage de leurs effectifs, l'Union International pour la Conservation de la Biodiversité, la Sittelle kabyle est toujours classée dans sa liste rouge d'espèces qui risque de s'éteindre à l'échelle mondiale avec un statut En Danger (EN) (Bird Life International 2021) selon les critères (UICN 2012 vers.3.1).

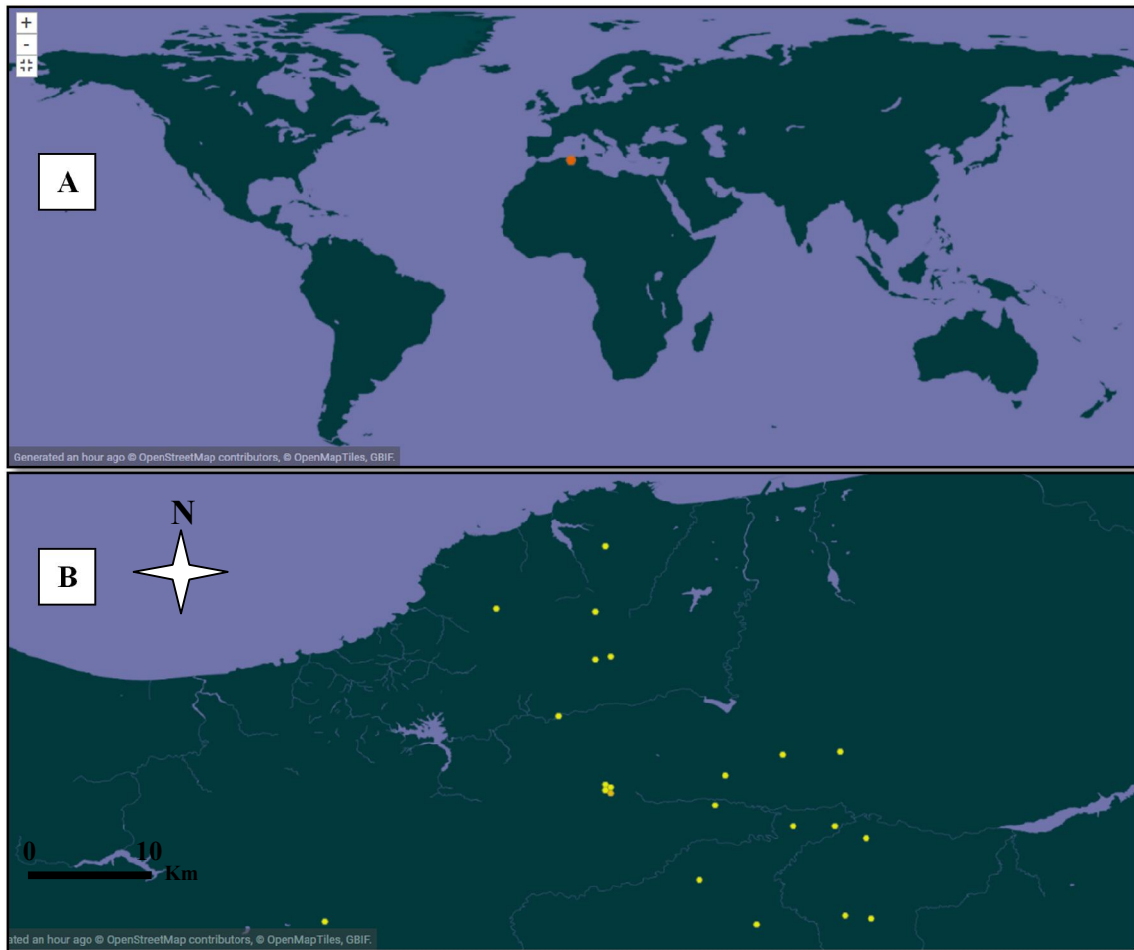


Figure 10. Distribution de la Sittelle kabyle dans le monde. B : Distribution de la Sittelle kabyle dans le Nord Est Algérien (Kabylie des Babors). (SMIB 2023).

Les effectifs de notre oiseau restent toujours inférieurs à 2500 individus (Tab. 4) ce qui fait de lui, toujours, un oiseau rare en danger selon les critères de classement de l'UICN (2012).

13. Les effectifs de la Sittelle kabyle

Comme sus-mentionné, la Sittelle kabyle reste endémique à une région restreinte, distribuée dans des habitats séparés par des habitats hostiles qui ne peuvent être utilisés par notre oiseau pour se reproduire. Maintenant qu'est ce qu'il y en est des habitats qui abritent la Sittelle kabyle ?

La superficie que couvrent les 13 habitats occupés par la Sittelle kabyle est de l'ordre de 14 340,05 ha (Tab. 4), alors que les superficies protégées via les deux parcs nationaux de Taza et Babor-Tababort sont de l'ordre de 3807 ha et 23 656 ha respectivement (Bellatrèche et Chalabi 1990 ; J.O.R.A. 2019). Les deux parcs nationaux abritent deux populations importantes de la Sittelle kabyle (Tab. 4). Le parc national Babor-Tababort abritent seulement deux habitats de la Sittelle kabyle qui sont la forêt du Mont Babor et Tababort avec une superficie totale de 2304 ha (Ledant *et al.* 1985 ; Hamitouche 2022). Le parc national de Taza situé dans massif forestier de Guerrouch protège seulement 3807 ha sur une superficie totale de 8577 ha du massif [(Bouddy 1955) dans (Bellatrèche 1990)]. Malheureusement, les concentrations importantes sont sises en dehors des limites du PN Taza. En conclusion les deux parcs nationaux ne protègent qu'une superficie de 6111 ha sur un total de 14340, 05 ha.

14. Les recensements des populations de la Sittelle kabyle

14.1. Recensements de la forêt du mont Babor

La Sittelle kabyle a été découverte 91 ans après la découverte de la Sittelle corse en 1884 (Ledant 1977). Après sa découverte en 1975 par Jean Paul Ledant ; le premier recensement effectué était par Vielliard (1976a) entre le 3 et le 10 du mois du juillet de l'année de 1976. Ce recensement a été signalé dans le même papier où Vielliard avait décrit et baptisé la Sittelle nouvellement trouvé en *Sitta ledanti* Vielliard 1976. Ce dernier avait signalé la présence de 12 couples dans la forêt du mont Babor. Le même auteur termine par une perspective d'une étude de dynamique qui va contribuer à la conservation de l'espèce surtout à l'époque où il croit à un confinement de l'espèce à la forêt du mont Babor.

Ensuite, un deuxième recensement a été effectué par Ledant (1977) en mois de juillet de l'année de 1976 via des enregistrements et appels. Neuf à dix couples ont été repérés à des altitudes pas moins de 1750 m et souvent au-dessus de 1900 m, avec une préférence aux peuplements chênaie-sapinière qu'aux cédraies.

Après, en juin 1977, Ledant et Jacobs (1977), effectuent un troisième recensement et vite ils remarquèrent que les limites de distributions concluent en 1976 selon un gradient situé entre 1750 m et 2004 m d'altitude (Viellard 1976a ; Ledant 1977) étaient fausses. Ces derniers, ont descendus à des altitudes de 1450 à 1500 m d'altitude avec des biotopes de chêne zéen et cédraie mélangé à des chênes verts. Les mêmes auteurs estiment la population à environ 20 couples avec une densité de 1 couple/10 ha en bas de l'ubac contre 1 couple/4 ha dans la zone sommitale riche.

Puis, c'est au tour de Gatter et Mattes (1979), qui dépêchèrent en Algérie pour investigation sur la Sittelle kabyle après avoir eu une confirmation de la part de Dr. H. Löhrl de l'existence d'une nouvelle espèce de Sittelle. Les deux auteurs ont organisé deux expéditions durant l'année 1978 ; une en mois de mars et l'autre en mois de juin. Ils ont réalisé un quatrième recensement qui s'est étalé plus en profondeur en touchant la partie Ouest de la forêt et ils ont estimé le nombre de couples à 70. Selon les mêmes auteurs la Sittelle kabyle se distribuent entre 1500 et 2004 m d'altitudes avec des densités élevées de l'ordre de 4couples/10 Ha vers le centre de la forêt avec les peuplements mixtes riche en sous-bois et une densité de 1 couple/10ha dans les altitudes basses de 1500 à 1600 m d'altitude avec des peuplements purs de cèdre.

En moi de mai de l'année 1982, un cinquième recensement a été effectué par Ledant *et al.* (1985). Plus d'efforts ont été fournis durant ce recensement pour englober toute la superficie de la forêt. Selon toujours les mêmes auteurs ; le nombre total de couples recensés étaient de 82 couples, dont les densités et les effectifs sont réparties selon les peuplements forestiers comme suit dans le tableau 5 :

Tableau 5. Densité selon les peuplements (Ledant *et al.*, 1985)

Type de peuplement	Densité absolue (couples /100 Ha)	Nombre de couples
Forêt sommitale	30	11,4
Cédraie mixte	15	3
Chênaie-sapinière	12	20,4
Chênaie caducifoliée	15	42
Cédraie	2	5,6
Yeuseraie	00	00
Total		82

A partir de ce tableau 5, le nombre de couple enregistrés était le plus important par ordre décroissant ; dans la Chênaie caducifoliée (42 couples), puis dans la Chênaie-sapinière (20,4 couples), ensuite dans la Forêt sommitale (11,4 couples) après des nombres de couples inférieurs à 10 étaient enregistrés dans la Cédraie (5,6 couples) et Cédraie mixte (3 couples) et enfin une absence totale de la Sittelle kabyle a été enregistré dans la Yeuseraie. Ce travail de Ledant *et al.* (1985) a été utilisé comme travail de référence pour une étude de dynamique des populations (Zemouri et Bougaham 2022).

Les différences d'effectifs (12-82 couples) trouvé par les différents auteurs dans un laps de temps petit (1976-1982) est peut-être dû à la différence d'effort d'échantillonnage durant les recensements (Zemouri et Bougaham 2022).

Après 38 ans du recensement de Ledant *et al.* (1985), un sixième recensement a été effectué en période de reproduction du 04 juin 2020 jusqu'à 11 juillet 2020 (Zemouri et Bougaham 2022). Un recensement effectué à base de points d'écoutes (Ledant *et al.* 1985 ; Frochot 2010; Bougaham *et al.* 2018 ; Hamitouche *et al.* 2020) (Zemouri et Bougaham 2022). Via le protocole utilisé durant ce recensement ; les deux auteurs ont pu compter même les solitaires en plus des couples. Le résultat final avait donné 133 couples et neuf solitaires ; ce qui fait un total de 275 individus avec une biomasse 4950g-6050g. (Fig. 11).

Les mêmes auteurs donnent aussi les effectifs selon les types d'habitats qui sont comme suit dans le Tableau 5:

Tableau 6. Densité selon les peuplements (Zemouri et Bougaham 2022).

Type du peuplement	Couples	Solitaires	Total d'individus
Cédraie mixte	85	4	174
Cédraie	30	5	65
Chênaie	10	0	20
Chênaie-Sapinière	6	0	12
Forêt sommital	2	0	4
Yeuseraie	0	0	0
Totaux	133	9	275

Selon les présents résultats le nombre élevé d'effectifs a été enregistré dans la cédraie mixte (174 individus) ; ensuite dans la Cédraie (65 individus) ; puis dans Chênaie (20 individus) et dans la Chênaie-Sapinière (12 individus) ; enfin absence de la Sittelle kabyle dans la Yeuseraie. Durant cette étude, il a été fait exprès de traiter le sujet de la même approche que celle de Ledant *et al.* (1985) dans le but de réaliser une étude de dynamique de populations (Zemouri et Bougaham 2022).

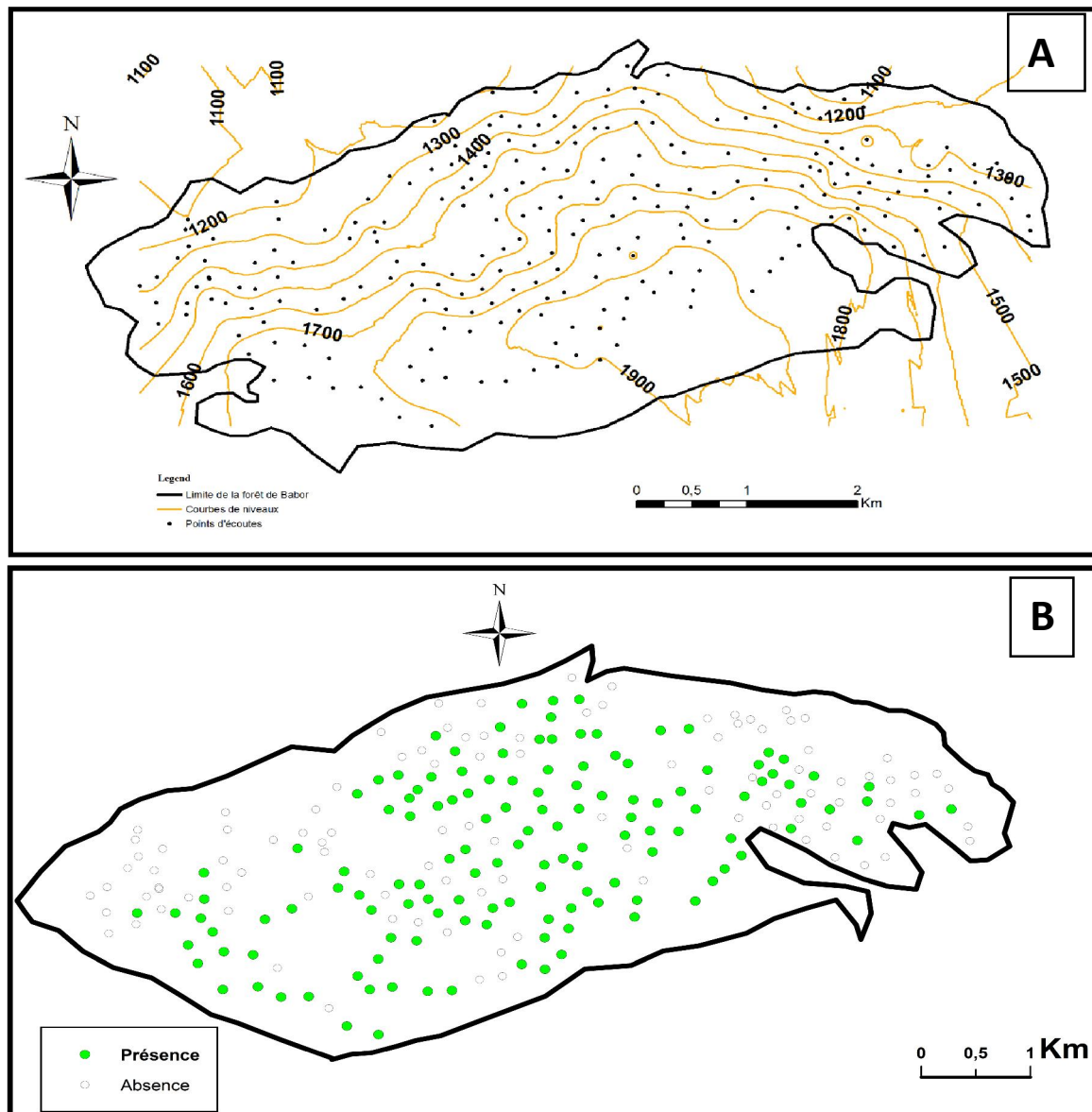


Figure 11. Carte des points d'écoutes réalisés dans la forêt du mont Babor. A : selon le gradient altitudinal de 100m. B : selon la présence ou absence de la Sittelle kabyle. (Cartes : Zemouri Mourad).

14.2. Recensement de la forêt de Guerrouch

Le recensement effectué dans la forêt de Guerrouch (Parc National de Taza) a été entrepris avant la sortie du papier de sa découverte dans un nouveau biotope autre de celui de la forêt du mont Babor (Bellatrèche et Chalabi 1990). La Sittelle kabyle a été découverte, durant l'année 1989, par Chalabi (1990) dans le canton forestier de Djebel El Kerne, Parc National de Taza dans la Wilaya de Jijel. Cette découverte a été enregistré dans un peuplement autre que le peuplement chênaie-Sapinière et un gradient altitudinale inférieur à 1450 m. Ces deux facteurs étaient supposés être indispensable pour son existence, dont que la forêt du mont Babor les offraient.

Le premier recensement réalisé dans le massif forestier de Guerrouch a été au même temps de sa découverte dans son nouveau biotope (Chalabi 1990). Le recensement avait touché le canton forestier de sa découverte. Ce dernier a été fait à base d'appel et a révélé la présence d'une vingtaine d'individus. Selon le même auteur, les sittelles ont été trouvé fréquenter des habitats mixtes de Chêne zéen ; chêne afares et chêne liège et même des habitats de chêne liège purs.

Une année après ; Bellatrèche et Chalabi (1990) ; refond un recensement, entre le 20 et le 23 juin 1990, avec plus d'envergure pour toucher 800 ha de superficie sur 3807 ha de superficie totale du PNT. Ce dernier a été fait via des stations d'écoute ou points-contact, dont cette méthode consistait à rester pendant 20 minutes dans chaque station et de noter les individus observés et/ou entendus. Les deux auteurs ont pu dénombrer 91 individus dans les 800 ha prospecté et avec extrapolation sur l'ensemble de la partie forestière du PNT ils retiennent un chiffre de 364 individus repartis entre 350 m et 1121 m d'altitude. Enfin ; les deux auteurs précisent que le chiffre final (364 individus) est un chiffre de grandeur et pas un chiffre précis.

Deux ans plus tard, après la découverte d'un troisième biotope de reproduction de la Sittelle kabyle ; deux autres chercheurs s'intéressent à l'écologie de l'espèce, et ils performement un deuxième recensement dans le PNT (Doumandji et Kesserli 1993). Ce recensement avait pour but de déterminer l'Indice Ponctuel d'Abondance moyen (IPAm) selon la méthode de Blondel *et al.* (1970) et les densités des Sittelles. Le

protocole consistait à Choisir deux stations de chênaie mixte à 750 m d'altitudes espacé de quelques kilomètres. Trois séries d'IPA ont été réalisés entre le 15 mars et le 20 mai 1992. Les points d'écoutes et d'observations de 20 minutes étaient espacés de 300 m. Les densités, les auteurs ont utilisé la méthode décrite dans le Symposium d'Amarnas (International Bird Census Committee, 1969) complété par Kesserli (1992). Enfin comme résultats les deux auteurs trouvent ; dans la première chênaie mixte (Chêne zéen, Chêne afares) une IPA maximale de 0,93 et une densité de 3,25 couples/10 ha, et dans la deuxième Chênaie mixte (Chêne zéen, Chêne afares et Chêne liège) ; une IPA maximale de 3,5 et une densité de 1,46 couples 3,5/10 ha.

En perspective de Bellatrèche et Chalabi (1990), qui signalèrent déjà à cette époque que la Sittelle kabyle débordait des limites du PNT, un troisième recensement a été effectué pour toucher les autres cantons forestiers du massif forestier de Guerrouch situés en dehors des limites du PNT (Hamitouche *et al.* Travail en cours). Le recensement a été effectué durant la saison de reproduction de l'année 2021. Le protocole du recensement a été réalisé selon la méthode décrite par (Zemouri et Bougaham 2022). Sur un total de 219 points d'écoutes performés dans le massif forestier de Guerrouch ; les mêmes auteurs signalent la présence de 52 couples et 5 solitaires qui étaient repartis comme suit ; 16 couples et deux solitaires dans les limites du PNT contre 36 couples et cinq solitaires à l'extérieur des limites du PNT.

14.3. Recensements dans les autres habitats

Dans la forêt de Djimla ; le recensement a été réalisé par Bougaham *et al.* (2018), durant la saison de reproduction de l'année 2018 (du 3 mars au 19 mai). Ce recensement a été réalisé selon la méthode de points d'écoutes par transect Echantillonnage Fréquentiel Progressif (EFP). Les auteurs signalent une grandeur de la population de la forêt de Djimla estimée à 27 couples nicheurs et six solitaires. Selon les mêmes auteurs, les Sittelles étaient distribuées avec 18 couples et cinq solitaires dans les peuplements forestiers dominés par le chêne zéen, trois couples dans les peuplements forestiers dominés par le chêne afares, Six couples dans les peuplements

forestiers mixte de chêne zéen et chêne afares et enfin la Sittelle kabyle a été absente dans les peuplements forestiers dominés par le chêne liège.

Dans la forêt de Tamentout ; la première estimation de ses effectifs était faite par Bellatrèche (1990) lors de la découverte de ce nouveau biotope de distribution de la Sittelle kabyle. Cette découverte et estimation ont été faites durant la période de reproduction de l'année 1990. Le même auteur, avait estimé sa population d'une grandeur de 350 individus qui a été similaire de celle de Guerrouch estimé par Bellatrèche et Chalabi (1990). Après 29 ans Hamitouche *et al.* (2020), refont un deuxième recensement qui déroulé entre 17 mai et 15 juin 2019, selon la méthode E.F.P et points d'écoutes sur tout l'ensemble de la forêt de Tamentout. Les mêmes auteurs divulguent un résultat de 80 couples et 27 solitaires. Cet effectif, selon les mêmes auteurs, est reparti comme suit ; 46 couples et dix solitaires dans les peuplements forestiers dominés par le chêne zéen, 23 couples et 12 solitaires dans les peuplements forestiers mixte de chêne zéen et chêne afares, Dix couples et cinq solitaires dans les peuplements forestiers dominés par le chêne afares, enfin un seul couple dans les peuplements forestiers mixte de chêne zéen ; érable et alisier torminale.

Dans la forêt de Larbaâ aussi appelé Ghabet Ezzane ; ses effectifs en terme de Sittelle kabyle ont été compté par Hamitouche *et al.* (2021). Ces derniers ont opté, durant la période de reproduction de 2019, à la méthode de l'échantillonnage Fréquentiel Progressive et les points d'écoutes pour recenser l'oiseau sur l'ensemble de la forêt susceptible de l'abriter. Les mêmes auteurs avaient compté 13 couples et 14 solitaires, qui sont répartis comme suit ; Huit couples et 11 solitaires dans les peuplements forestiers dominés par le chêne afares, deux couples et deux solitaires dans les peuplements forestiers mixte de chêne afares et de chêne liège, deux couples et un solitaire dans les peuplements forestiers mixte de chêne zéen et chêne afares et enfin un seul couple dans les peuplements forestiers dominé par le chêne zéen. Une préférence de reproduction de la Sittelle dans les peuplements forestiers dominés par le chêne afares malgré le chêne zéen est le meilleur support de quête alimentaire durant la période de reproduction (Gatter et Mattes 1979 ; Bellatrèche et Boubaker 1995).

Cette préférence est peut être dû au fait que la forêt de Larbaâ est dominée par le chêne afares ce que peut qu'offrir à la Sittelle kabyle. Le nombre de solitaire est aussi élevé qu'à la forêt de Tamentout ce qui peut être expliqué par l'état dégradé de cette forêt via l'action tropique riveraine qui consistait à la coupe du bois vivant et/ou mort, dont ce dernier est le support de nidification.

Dans la forêt d'El Djarda, Haddad et Aftouni (2019), font l'objet, via leurs papiers, de signaler un nouvel habitat et un recensement. En tout cas, les deux auteurs signalent la présence de la Sittelle kabyle dans une pure subéraie, un type de peuplement forestier qui a été enregistré pour la deuxième fois comme habitat pour la Sittelle kabyle, en plus, ils ont photographié quatre mâles différents et une femelle, ce qui confirme la présence d'au moins cinq individus dans la forêt d'El Djarada.

En 2019, trois nouveaux habitats ont été découverts à savoir forêt de Tloundène, Tazegzeout et Sendouhoù la Sittelle kabyle désormais compte son troisième habitat dans une subéraie pure (Bougaham *et al* 2020). À l'occasion de ses découverts Bougaham *et al.* Sus.men ; ont opté aussi à un recensement dans chaque nouvel habitat selon la méthode de l'échantillonnage Fréquentiel Progressive et les points d'écoutes. Les mêmes auteurs donnent leurs résultats qu'ils ont noté ; la Sittelle kabyle était présente dans deux points sur les sept points réalisés dans l'afaraissaie de Tazegzeout, dans quatre points sur dix points réalisés dans la zénaie de Tloundène et enfin dans cinq points sur les 22 points réalisé dans la subéraie de Sendouh.

En 2020, deux autres nouveaux habitats ont été signalés par Bougaham *et al.* (2021). Les deux habitats en question sont la Forêt de Coudia et celle de Tababort. Via ce dernier habitat, la Sittelle kabyle s'étends désormais sur une quatrième wilaya d'Algérie qui est Bejaia en plus de Sétif, Jijel et Mila. La forêt de Tababort, vu sa proximité de la forêt du mont Babor a suscité la curiosité de scientifique juste après sa découverte en 1975, Hélas cette prospection était infructueuse (Ledant et Jacobs 1977). Le recensement des auteurs sus nommé a été réalisé dans la forêt de Tababort via la méthode de l'échantillonnage Fréquentiel Progressive et les points d'écoutes. Via le résultat de ce recensement, les mêmes auteurs ont signalé la présence de deux couples dont un avait niché dans un peuplement forestier mixte de chêne zéen et de

Cèdre de l'Atlas et un couple avait niché dans un peuplement forestier dominé par le Cèdre de l'Atlas. Ce qui fait la forêt du mont Tababort abrite au moins deux couples de la Sittelle kabyle. Les points d'écoute performés dans la sapinière (22/32) de Tababort avaient affichés zéro présence. Concernant le canton forestier de Coudia, les mêmes auteurs ont signalé que la découverte de la Sittelle dans ce canton en 2019 a été faite par Bougaham A.F et Bouchareb A. À cet effet, la Sittelle kabyle vient d'être signalé dans un quatrième habitat composé exclusivement de Chêne liège. Ces deux derniers ont confirmé l'existence d'au moins deux couples dans ce canton.

Durant la même année de 2020, Mayache et Moulaï (2021), découvrent la Sittelle kabyle dans un nouveau biotope mixte en Chêne zéen et Chêne liège dans un petit patch forestier situé à 6 kms de la forêt domaniale de Guerrouch appelé la forêt de Bouhanch. Ces deux auteurs signalent la présence d'au moins de trois individus.

Enfin, le dernier habitat découvert et recensé à ce jour (23 avril 2022) est celui de la forêt d'El-Arem située dans la wilaya de Jijel. Bougaham *et al.* (2022), à l'occasion de cette découverte ont aussi effectué un recensement via la méthode d'Echantillonnage Fréquentiel Progressif et les points d'écoutes. Les auteurs en question avaient sillonné ce petit patch forestier relictuel qui comportait un peuplement forestier mixte en Chêne zéen, Chêne afares et de l'Érable obtus, en effectuant un total de six points d'écoutes. Comme résultat, les mêmes auteurs signalent la présence de la Sittelle kabyle dans deux points d'écoutes, qui veut dire deux couples.

Concernant la dynamique des populations de la Sittelle kabyle, une seule étude a été dédiée pour la matière. Elle a été réalisée pour le compte de la population de la forêt du mont Babor. En effet une comparaison entre l'effectif de cette forêt en 1982 qui a été estimé par Ledant *et al.* (1985) avec 164 individus (82 couples) avec celui de 2020 qui a été estimé par Zemouri et Bougaham (2022) avec 275 individus (133 couples et neuf solitaires). À travers ces chiffres, nous constatons une croissance faible des effectifs de la population sur un laps de temps de 38 ans. Les deux auteurs ont aussi calculé la croissance en question via le calcul de deux taux ; Taux moyen de

Multiplication Annuelle et Taux de Croissance Annuelle. Ces deux derniers ont été calculés comme suit :

1- Taux moyen de Multiplication Annuelle (TMA), selon Migot et Linard (1984) :

$$\text{Formule (1) : } TMA = \sqrt[n]{Ef/Ei}$$

n = nombre d'années entre deux recensements; Ef = effectif final; Ei = effectif initial ;

TMA = 1 : Taille de la population est stable ;

TMA > 1 : Taille de la population augmente ;

TMA < 1 : Taille de la population décline.

2- Taux de Croissance Annuelle (%) (TCA) selon Gibbs (2006)

$$\text{Formule (2) : } TCA (\%) = \frac{Ln(Nt) - Ln(N0)}{t}$$

t = nombre d'années entre deux recensements ; Nt = Effectif final ; N0 = Effectif initial ; Ln = Logarithme naturel ;

TCA ≈ 0 : Taille de la population est stable ;

TCA > 0 : Taille de la population augmente ;

TCA < 0 : Taille de la population décline.

Comme résultat les deux auteurs avancent le TMA = 1,01 et le TCA (%) = 1,36%. Les deux chiffres positifs à peine supérieurs à un indiquent que la taille de la population du mont Babor a été en démographie faible durant la période entre l'année de 1982 et 2020.

14.4. La population la plus dense

Après tous les recensements réalisés dans les 13 habitats connus à ce jour de la Sittelle kabyle, la forêt du mont Babor reste la forêt la plus peuplée en Sittelle kabyle depuis sa découverte en 1975. Dans ses 1268 Ha se trouvent 275 individus (Zemouri et Bougaham 2022), contre 187 individus dans la forêt domaniale de Tamentout avec une superficie estimée à 9688 ha (Hamitouche *et al.* 2020) et 109 individus dans le

domaine forestier de Guerrouch avec une superficie estimée à (3197 ha comme superficie forestière du PNT + 800 ha superficie de distribution hors PNT) (Bellatrèche et Chalabi 1990 ; Hamitouche *et al.* Travail en cours). Malgré les différences énormes en terme de superficie entre les forêts; la forêt de Guerrouch fait plus le triple de la forêt de Babor et la forêt de Tamentout fait presque huit fois la forêt de Babor. Rien n'empêche, la forêt de Babor abrite la population la plus dense en Sittelle kabyle.

À l'occasion, cet habitat (habitat le plus dense) nous donne la possibilité d'évaluer les besoins exacts et d'en connaître l'habitat et le climat optimal de l'espèce (Pough 1950).

Cette densité élevée est peut-être expliquée, d'une part, par le faite que la forêt de Babor offrait un peuplement forestier mixte en espèces résineuses et caducifoliées dominé par le cèdre où Blondel (1975) stipule qu'en France méditerranéenne les peuplements forestiers les plus dense en oiseaux sont ceux dominés par le cèdre. Par contre, les deux autres forêts offraient une mixture en peuplements forestiers caducifoliés. D'autre part, selon Blondel (1975) des facteurs écologiques de nature biotique ou abiotique peuvent influencer la composition et la structure de l'avifaune dont une biodiversité en espèces d'arbre (peuplement caducifolié et sempervirent) est observée dans la forêt de Babor par rapport aux deux autres forêt qui possède uniquement des peuplements forestiers caducifoliées. Un autre facteur, pourrait expliquer cette disproportion entre les superficies et les effectifs qui est dû au fait que la forêt de Babor est la forêt la mieux conservée de tous les habitats de la Sittelle kabyle (Ledant *et al.* 1985) ajoutant à cela la décennie noire qui empêchait toute fréquentation et toute nuisance qui pourrait déranger la quiétude de la Sittelle kabyle surtout durant sa période de reproduction.

Concernant les facteurs abiotiques ; les premiers scientifiques après sa découverte ont interprété son existence exclusive dans le mont Babor par l'existence d'espèces végétales endémiques qui s'y trouvent que dans la forêt du mont Babor, cette théorie a été controversée par la suite (voir section 8), ne serai ce qu'à l'heure actuel, après 49 ans de sa découverte et les 12 autres habitats découvert, c'est une évidence qu'il y a

une corrélation positive entre la Sittelle kabyle est un habitat sempervirent résineux. Concernant les facteurs biotiques, le premier qui pourrait contribuer à cette abondance est le système foliaire persistant qui offrait une meilleure protection du froid pour les adultes et surtout les juvéniles durant la saison hivernale surtout les hivers rigoureux ; ce qui donne un taux mortalité des oisillons de l'année moins important par rapport aux autres habitats caducifoliés (Vieillard 1978). Le deuxième facteur biotique est son régime alimentaire durant les différentes saisons de l'année. En hivers : la présence d'espèces de conifère comme le cèdre de l'atlas ; le Sapin de Numidie, l'If *Taxus baccata* qui offre une garnison de nourriture plus importante et diversifié durant l'hiver (Ledant 1981), parce que le régime alimentaire de sittelle kabyle est granivore durant l'hiver (Ledant 1977). Durant la période de reproduction, Zemouri *et al.* (2021) et Zemouri *et al.* (2023) ; apportent un nouvel élément de son menu diététique dans cinq de ses habitats les plus denses. Ils avancent que malgré, le support de recherche alimentaire est le chêne zéen dans la forêt caducifolié (Bellatrèche et Boubakeur 1995) et dans la forêt sempervirente de Babor (Gatter et Mattes 1978) ; les taxons proies préférés sont toujours les mêmes. Maintenant en terme de disponibilité et d'abondance de ces taxons proies entre les différents types d'habitat, il est recommandé d'effectuer des études de disponibilités alimentaires pour voir est ce qu'un habitat offre en terme d'abondance et à porter de bec plus de proies potentielles qu'un autre habitat. Enfin, les données qui peuvent être récolté dans la forêt de Babor, qui est l'habitat le plus peuplé, peuvent servir selon Pough (1950) dans le choix d'habitat en cas d'introduction de l'espèce.

15. Menu diététique de la Sittelle kabyle

La Sittelle kabyle s'alimente aussi bien d'insectes que de graines (Van Den Berg 1985). Ledant (1981) ; donnais plus de détails dont il précise qu'en été elle se nourrit d'insectes collectés sur les chênes zéen et en hivers se nourrit de glands et de graines des conifères à savoir le cèdre et le sapin. Ledant et Jacobs (1977), affirment que la Sittelle kabyle ne chasse jamais en vol. Son terrain de fouille alimentaire est les ramures ou les feuillages des chênes zéen. Les deux auteurs donnent la nature des prises dont quelques de ses dernières étaient des ailés de l'ordre des hyménoptères,

enfin, ils ont remarqué aussi de nombreuses graines de cèdre insérer entre les anfractuosités des écorces des chênes zéen situés juste à côté des nids. Monticelli et Legrand (2009) apportent un autre détail qu'ils ont vu durant la période de reproduction de 2009 au niveau de la forêt de Tamentout que les proies apportées à la nichée par la Sittelle kabyle variaient d'araignées, chenilles jusqu'aux grands coléoptères. Gatter et Mattes (1979), dans la forêt de Babor rapportent plus de détails concernant le support et le menu de la Sittelle lors de sa quête alimentaire durant la période de reproduction. Le support de recherche se différent selon les saisons, les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 7. Support de la quête alimentaire de la Sittelle kabyle (Gatter et Mattes 1979)

	Mars	Juin
Chêne	24%	90%
Cèdre	32%	4%
Sapin	22%	6%

Les arbres à forte croissance en mousse et lichens étaient les cibles préférées des prédateurs dont les parties la plus prisée de ces dernières durant les deux saisons étaient le tronc puis les branches mais absente dans les petites branches. Pour la saison de l'hiver l'oiseau glane durant la quête alimentaire surtout sur les vieux bois et les bois pourris. Les glands de chêne et les graines de cèdre, sapin et d'érable obtus stockées dans des coussins de mousse sont utilisé comme denrée alimentaire durant la saison du froid. Concernant le menu offert pour les oisillons, les adultes rapportent les larves de lépidoptères comme suit ; Grandes larves marrons de Geometridae à 37%, petites larves marrons de Geometridae à 20% et les larves de Noctuidae à 6%. Les Coléoptères (Coleoptera) à 4%, les araignées à 1 %, perce-oreilles (Dermaptera) à 1%, arthropodes non identifiés à 13 % et enfin les auteurs signalent que les graines étaient apportées à 19%. Le Fur (1981) raffine l'identification du Dermaptère et stipule avoir vu la Sittelle kabyle mangeait un Forficule (*Forficula* sp.) dans la forêt du mont Babor. Selon Vieillard (1978), en hiver, la Sittelle kabyle se nourrit uniquement de graines de conifères. En été, le régime devient insectivore. La chasse de l'oiseau se fait essentiellement sur les strates supérieures à 2 ou 3 mètres (très rarement au sol) avec une préférence pour le Chêne zéen comme support de chasse. Le menu d'adultes est

constitué principalement de chenilles tordeuses de chêne, les oisillons ont été nourrit par des insectes ailés, enfin, une seul fois l'oiseau a été observé manger une graine de cèdre. Bellatrèche et Boubaker (1995) ont analysé de près le comportement alimentaire de la Sittelle kabyle en période de reproduction. Cette étude a été réalisée dans le parc national de Taza wilaya de Jijel. Durant la quête alimentaire, les deux auteurs rapportent que la Sittelle kabyle ne pratique pas de chasse en plein vol et les strates buissonnantes et herbacées des différents biotopes ne sont pas utilisées. Le chêne zéen, d'âge moyen est l'essence préférée dont la frondaison (les branches de petites tailles), la zone de contact du tronc et de la frondaison est plus utilisée que le tronc. Concernant les techniques de chasse ; la Sittelle kabyle est un oiseau qui glane (43,4 %) plus qu'il creuse (23,9 %), fouille (17 %) ou pique (15,7 %). Lors de sa quête alimentaire un effort plus intense est fourni par le mâle (75%) que par la femelle (25%). Enfin, les deux auteurs ont déterminé le menu offert aux oisillons via des observations visuelles sur terrain, ce menu consistait à beaucoup de fourmis, des araignées, des lépidoptères, et des chenilles de différentes tailles, notamment celles de *Lymantria dispar* (ravageur du Chêne liège).

Toutes les études précédentes se joignent sur le type de la méthode utilisé pour identifier les proies consommées ou données par la Sittelle kabyle aux oisillons durant la période de reproduction. Cette méthode unique utilisée par tous les auteurs est la méthode des observations directes sur terrain qui est utilisé surtout pour les oiseaux frugivores (Moermond et Denslow 1985). Cette dernière ne liste pas toutes les proies consommées parce que d'après Bellatrèche et Boubaker (1995) et Rundle (1982) la détermination des proies par simple observation visuelle n'est pas chose facile où de nombreuses proies petites et peu visibles seront négligées. En plus, elle ne permet pas une quantification du menu alimentaire de l'oiseau. Pour éviter ces lacunes il a été proposé une autre approche d'étude non invasive (Oehm *et al.* 2016) basée sur l'analyse des sacs fécaux (Rosenberg et Cooper 1990) des oisillons récupérés directe dans les nids après envol (Zemouri *et al.* 2021). Le choix de cette méthode était motivé aussi par le statut de l'espèce dont son nom est inscrit dans la liste rouge UICN avec catégorie «En Danger». Ainsi les oisillons ne sont ni tués ni même pas dérangés. En plus de la méthode d'observation directe, cette présente méthode permet de déterminer

la stratégie de chasse du prédateur durant la quête alimentaire (information qualitative) et de déterminer les proportions des proies consommées (information quantitative). Cette méthode a été utilisée par Zemouri *et al.* 2021 et Zemouri *et al.* 2023 pour analyser le régime alimentaire de la Sittelle kabyle dans cinq de ces habitats les plus dense à savoir ; la forêt domaniale de Tamentout (Hamitouche *et al.* 2020), la forêt de Guerrouch (Hamitouche *et al.* en préparation), la forêt de Djimla (Bougaham *et al.* 2018), la forêt de Larbaâ (Hamitouche *et al.* 2022) et la forêt du mont Babor (Zemouri *et al.* 2022). Dans les deux études de Zemouri *et al.* (2021) et Zemouri *et al.* (2023) les résultats sont sortis ainsi :

- La Sittelle kabyle est spécialiste durant sa quête alimentaire. Elle s'acharne sur un Dermaptère (*Forficula auricularia*) et un Coléoptère (*Oxythyrea funesta*) dans les cinq forêts, malgré le changement du type du peuplement forestier dans la forêt du mont Babor.
- L'amplitude du régime alimentaire des oisillons a été quantifiée via l'indice de Levin B_i (Niche Breadth) dont ce dernier a montré un chiffre très petit (0,017) qui indique une niche alimentaire étroite et renforce la théorie de la spécialisation de la Sittelle kabyle durant la quête alimentaire.
- Le régime alimentaire des oisillons est constitué de 89 taxons proies différents.
- En termes d'embranchements ; leur régime est constitué de deux embranchements ; les arthropodes et les mollusques
- En termes de classes leur régime est constitué de trois classes à savoir ; les Insectes, les araignées et le Gastéropodes avec des proportions de : 81/89 taxons proies, 7/89 taxons proies et 1/89 taxons proies, respectivement.
- En termes d'ordres leur régime est constitué de huit ordres dont l'ordre des Coléoptères est le plus riche avec 49/81 taxons proies, ensuite celui des Lépidoptères 11/89 taxons proies, puis l'ordre des Hyménoptères avec 10/89 taxons proies, et les autres ordres ont enregistré une richesse totale inférieure à dix taxons proies.
- La classe de taille des taxons proies prise par les oisillons était celle comprise entre [11-15,75[.

- La moyenne des taxons proies par sac fécal était entre 4,44 jusqu'à 6,01 taxons proies.

D'après ces résultats, il est clair que la méthode d'analyse de sacs fécaux avait apporté un spectre alimentaire plus large et plus détaillé du régime alimentaire des oisillons de la Sittelle kabyle par rapport à la méthode d'observation directe sur terrain utilisée jusque-là. Ces résultats peuvent être adaptés aux adultes parce que selon Pravosudov et Pravosudova (1996), un oiseau adulte donne à ces petits ce que lui mange aussi. Ainsi, nous avons des informations vitales concernant un facteur biotique qui constitue la niche écologique trophique de notre espèce. Cette information peut contribuer à la compréhension du pourquoi de son absence dans des milieux similaires à ceux où elle existe ? Ou conseiller un habitat avant son introduction par exemple. Enfin, la sittelle kabyle avait montré un intérêt économique via l'apparition de deux types de larves un lépidoptère dans son menu selon Gatter et Mattes (1979). Dans l'étude de Bellatrèche et Boubaker (1995), les deux auteurs affirment que le lépidoptère s'agit du ravageur du Chêne liège *Lymantria dispar*. De notre côté, nous avons pu identifier 11 lépidoptères différents mais notre identification est restée à l'échelle de l'ordre à cause du manque de guides. À cet effet, nous ne pourrions pas être catégoriques si l'un de ces lépidoptères s'agit d'un ravageur de forêts. À l'occasion nous laisserons deux perspectives. La première est d'étudier le régime alimentaire des oisillons depuis l'éclosion jusqu'à l'envol pour ramasser tous les lépidoptères donnés par les adultes. À cause de la collecte des sacs fécaux après envol des oisillons, ces derniers étaient des sacs fécaux rejetés au maximum cinq jours avant l'envol qui veut dire que nous avons raté les lépidoptères donnés avant ces dates. La deuxième est d'essayer de mener les identifications des lépidoptères plus bas qu'à l'échelle de l'ordre.

Enfin, après confirmation de cette spécialisation de la Sittelle kabyle durant sa quête alimentaire, nous pouvons rajouter un autre facteur de risque qui pourra jouer contre sa préservation. Il a été prouvé que les spécialistes sont plus sujets à l'extinction que les généralistes (Sherry 1990).

16. Techniques d'études du régime alimentaire de l'avifaune

16.1. Définition et intérêt d'une étude d'un régime alimentaire

Les régimes alimentaires des oiseaux comportent une terminologie plus précise dont 23 catégories ont été identifiées par Lopes *et al.* (2016). Ces derniers rassemblent les 23 catégories dans trois grandes catégories à savoir ; les oiseaux qui se nourrissent de matière végétale, de matière animale ou de nourriture anthropique. Le régime alimentaire d'un oiseau veut dire ce qu'ils mangent (Da Salveira *et al.* 2020) et une étude du régime alimentaire ramène des informations sur la composition de son menu alimentaire (Ashmole et Ashmole 1967) et dévoile ses proies potentielles (Le Louarn 1974).

Une étude diététique constitue la base des études trophiques (Da Salveira *et al.* 2010) et l'évaluation du régime alimentaire des prédateurs au sommet de la chaîne alimentaire est essentielle à la compréhension des réseaux trophiques (Krahn *et al.* 2007). La connaissance du menu alimentaire des animaux résout les problèmes liés à leur écologie, leur biologie et leur comportement (Bell 1990 ; Baker *et al.* 2014). Elle est une condition essentielle pour comprendre les interactions entre les espèces, la structure du réseau trophique et la dynamique écologique (Nielsen *et al.* 2017) et facilite la compréhension de leurs adaptations comportementales et de leurs besoins (Jordan 2005). Une connaissance précise du régime alimentaire est essentielle à de nombreuses études sur la biologie et l'écologie aviaire (Rosenberg et Cooper 1990). La nourriture est un facteur ultime qui oblige la femelle de l'oiseau à se reproduire, de la même manière que l'arrivée des oisillons doit correspondre au moment de disponibilité maximale de nourriture (Chabi 1998). Par la composition du menu des espèces d'oiseaux, on peut même connaître les habitudes de chaque individu d'un groupe vivant dans une même région (Le Louarn 1974).

16.2. Système digestif avien

L'appareil digestif chez les oiseaux (Fig. 12) est constitué de : (1) œsophage (2) jabot (3) proventricule : estomac chimique (5) gésier : estomac mécanique (6) intestin :

la notion de l'intestin grêle et du gros intestin est absente. Il est composé d'un duodénum, d'un jéjunum, d'un iléon, de deux caecums ou caeca et d'un rectum débouchant dans un cloaque (Lezzard 2018).

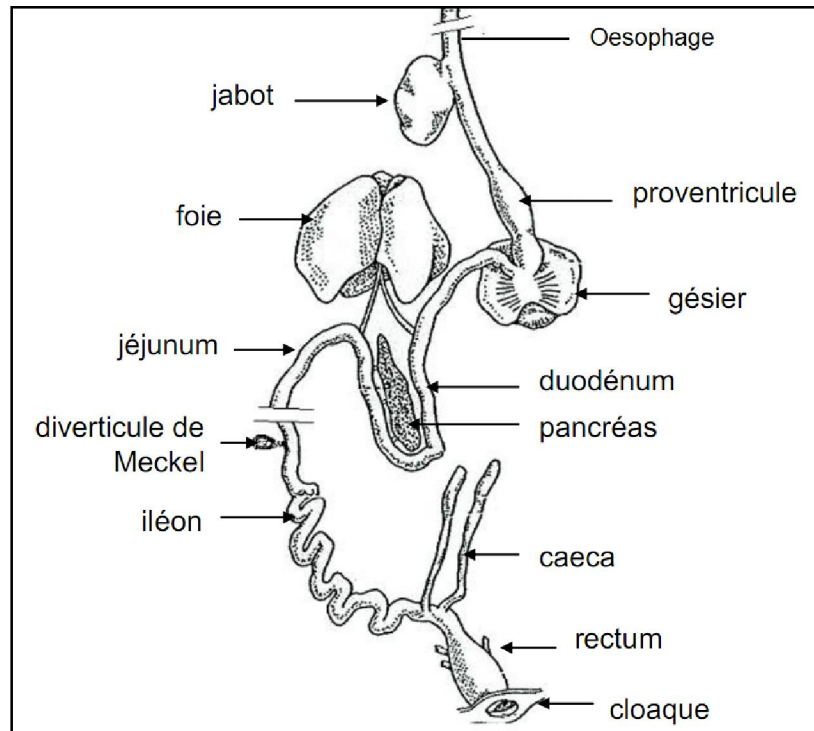


Figure 12. Appareil digestif du poulet [(Gadoud *et al.*, 1992) dans (Rougière 2010)].

16.3. Type d'étude du régime alimentaire

Da Silveira *et al.* (2020) partage les études de régime alimentaire en deux types à savoir des études invasives (portent atteinte à l'animale) et d'autres considérées non-invasive (ne portent pas atteinte à l'animal) (Fig. 13).

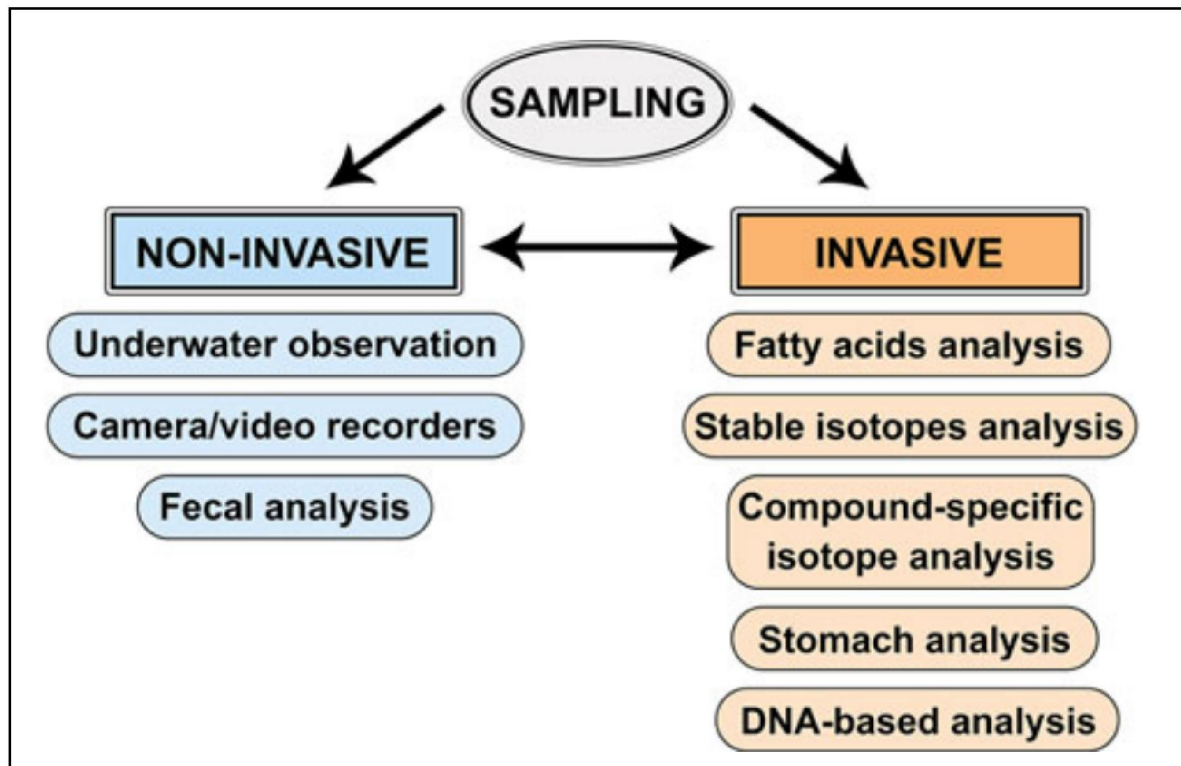


Figure 13. Classification générale des approches appliquées pour l'évaluation du régime alimentaire (Da Silveira *et al.* 2020).

16.4. Techniques de prises d'échantillons

16.4.1. Contenu stomacal

Principe. La méthode la plus courante pour la prise d'échantillons pour une étude du régime alimentaire avienne est la prise directe du contenu du tube digestif de l'oiseau (Rosenberg et Cooper 1990). Ces échantillons peuvent être trouvés dans l'œsophage, le jabot, le proventricule, le gésier ou les petits intestins (Rosenberg et Cooper 1990 ; Barrett *et al.* 2007).

Avantages. Son principal avantage est l'obtention facile et totale d'un échantillon adéquat (contenu de l'intestin) (Rosenberg et Cooper 1990). Les contenus qui se trouvent du proventricule jusqu'à la cavité buccale, peuvent être échantillonné souvent par lavage sans nuire à l'oiseau (Barlett *et al.* 2007).

Conservation d'échantillons. Les échantillons d'estomac sont placés dans des sacs individuels et congelés pour les transporter dans le laboratoire (Pütz 1995 ; Hedd et

Montevecchi 2006). Une fois dans le laboratoire, les échantillons d'estomac sont décongelés et pesés (Pütz 1995) avant et après le séchage pour estimer la contribution massique des matériaux liquides et solides (Hedd et Montevecchi 2006). Ensuite, les matières solides sont lavées à travers une série de tamis empilés de différentes mailles. Une fois lavées, elles sont placées dans un plateau de tri et séparées en grandes classes de proies. Chaque classe de proies est pesée pour estimer de nouveau les proportions de poids (Hedd et Montevecchi 2006) puis stocké dans de l'éthanol à 70 % (Pütz 1995). Enfin, Au sein de chaque classe, les taxons proies sont identifiés, selon leurs états, à l'échelle le plus bas possible puis les items sont comptées (Hedd et Montevecchi 2006).

Inconvénients. Les parties dures non digérées des proies consommées qui se trouvent dans le gésier et les intestins, leurs prélèvements, n'est possible qu'à partir de spécimens morts et disséqués (Rosenberg et Cooper 1990 ; Barrett *et al.* 2007). Cette nécessité de sacrifier les oiseaux et la récupération d'items trop digérer qui rends leur identification difficile, constituent les deux inconvénients de cette présente méthode (Rosenberg et Cooper 1990).

16.4.2. Méthode émétique (régurgitation forcée et rinçage d'estomac)

Avantages. Dans de nombreux cas, le sacrifice d'oiseaux pour la collecte du contenu stomacal est éthiquement mal considéré du fait des dommages causés aux populations locales, ainsi plusieurs approches permettent un échantillonnage partiel du contenu intestinal par régurgitation ou par rinçage du tube digestif d'oiseaux vivants (Rosenberg et Cooper 1990).

Principe. Afin de stimuler la régurgitation ; un irritant local pour l'estomac, le tartre émétique (tartrate d'antimoine et de potassium), est administré pour un oiseau par voie orale avec une dose de 0,4 cc à 0,5%, ensuite l'oiseau sera placé dans une boîte sombre recouverte d'un plateau en plastique pendant 15 minutes.

Conseils et recommandation, Selon Durães et Marini (2003) :

- La capture d'oiseaux est évitée en fin de journée pour permettre aux oiseaux traités de récupérer et de se nourrir à nouveau avant la tombée de la nuit.
- La solution est administrée par voie orale à l'aide d'un tube en silicone d'environ 2 mm de diamètre connecté à une seringue de 1 ml.
- Le tube est lentement introduit jusqu'à l'extrémité de l'œsophage pour éviter l'injection du liquide dans les voies respiratoires.
- La solution de tartre émétique est administrée à la dose de 0,8 ml/100 g de masse corporelle avec un débit approximatif de 0,02 à 0,03 ml/s.
- L'oiseau est maintenu au maximum pendant une heure dans une boîte sombre, aérée avec vérifications périodiques jusqu'à régurgitation et le matériel régurgité est conservé dans de l'alcool à 70%.
- Enfin, Les oiseaux sont relâchés à proximité du point de capture que lorsqu'ils ne présentaient aucun signe d'effet secondaire du tartre émétique (sommolence, désorientation) et qu'ils pouvaient voler normalement.

Conservation. Les aliments régurgités sont stockés dans des flacons contenant une solution de formol à 10 % (Gavett et Wakeley 1986) ou de l'éthanol à 70% (Carlisle et Holberton 2006).

Identification. Dans le laboratoire, chaque échantillon régurgité a été placé dans une boîte de Pétri de 10 cm de diamètre, sous un microscope à dissection de laboratoire, les fragments sont soigneusement séparés et identifiés au niveau taxonomique le plus bas possible (Mallet-Rodrigues 2001).

Inconvénients. La régurgitation forcée chez les oiseaux permet une étude du régime alimentaire tout en minimisant la mortalité mais cependant le taux de mortalité arrive des fois jusqu'à 10 % d'individus échantillonnés (Durães et Marini 2003).

16.4.3. Observations directes sur terrain

La méthode d'observation directe sur terrain est l'une des méthodes non-invasives pour l'étude de régime alimentaire des oiseaux (Da Silveira *et al.* 2020). Cette méthode peut différer d'un groupe d'oiseau à un autre :

Oiseaux d'eaux. Pour quelques oiseaux d'eaux, la technique utilisée pour mesurer la composition de leur menu alimentaire durant la période de reproduction est « observations de la charge du bec » ; Étant donné que ces oiseaux transportent de la nourriture dans leur bec jusqu'à leurs petits, via des jumelles et à partir d'abris camouflés d'observations, la composition du régime alimentaire peut être obtenue par observation directe des adultes lorsqu'ils reviennent et déverse le contenu de leurs charges du bec aux oisillons (Collis *et al.* 2002).

Passereaux. Une autre technique d'échantillonnage par observation, utilisée pour les passereaux, appelé «échantillonnage Un-Zéro». Ce protocole consiste à mettre des temps d'observations (d'échantillonnage) de 20 min divisé en unités de temps de 15 secondes qui peuvent être répétés deux fois par jour (Altmann 1974 ; Fleischer *et al.* 2003). Durant ces temps ; enregistrer tous les items manipulés avec le bec (d'origine animale, végétale ou anthropique) comme nourriture consommée par l'oiseau (Fleischer *et al.* 2003).

Vautours. Une autre technique d'échantillonnage par observation, basée sur un système de télescope, est utilisée pour l'identification du régime alimentaire des vautours. Ce présent principe est l'observation des proies amenées au nid par les oiseaux durant la période de reproduction, couvrant toutes les heures du jour, avec une fréquence d'observations d'au moins deux visites par semaine et par nid, depuis l'éclosion jusqu'à l'envol. L'identification des items est réalisée par observations au nid durant le nourrissage des oisillons d'une distance de 100 m à partir d'un abri camouflé (Margalida *et al.* 2005).

Inconvénients. Une quantification du menu d'oiseaux est possible via les observations directes (Fleischer *et al.*, 2003) cependant il existe deux inconvénients : (1)

l'identification des petites proies peu visibles peuvent être ratées sur la base d'une simple observation sur terrain (Bellatrèche et Boubaker 1995), (2) elles ne fournissent généralement pas une quantification précise des éléments consommées (Durães et Marini 2003).

16.4.4. Observations avec vidéo camera

Ce type d'études utilise les technologies numériques et les équipements de vidéo surveillance, dans les travaux de recherche sur la faune, notamment les études ornithologiques (Reif et Tornberg 2006).

Principe. Cette méthode permet d'étudier le régime alimentaire des oisillons en photographiant des adultes revenant avec leurs proies pour les donner à la nichée (Gaglio *et al.* 2017).

Méthode d'enregistrement. Les enregistrements sont obtenus via une caméra avec un objectif et un film couleur. La caméra est aussi dotée d'un capteur de mouvement inclus dans son circuit d'alimentation et installé à côté du nid. Ce capteur allume la caméra lorsque l'oiseau adulte se posait sur le nid. Ensuite, la caméra filme pendant environ 15 à 20 minutes. Les piles sont remplacées périodiquement sur le site. La Caméra est fixée sur une branche au-dessus ou à côté du nid dans son voisinage immédiat (1 = 2 m à part) et orienté de manière à ce que le nid soit visible (Tornberg et Reif 2007).

Identification. L'identification des taxons proies ramenés aux oisillons est réalisée par le visionnage des enregistrements vidéo sur un téléviseur ou sur un écran d'ordinateur (Tornberg et Reif 2007).

16.4.5. Méthodes de ligatures appliquées aux oisillons

Principe. La méthode de ligature consiste à appliquer une bande de constriction autour du cou d'un oisillon avec une pression suffisante sur le proventricule pour empêcher l'individu d'avaler la nourriture apportée au nid par les parents (Mellott et Woods 1993) mais sans lui empêcher de respirer (Reinhardt 1998).

Avantage. La méthode de la ligature au cou permet d'analyser des proies non digérées (Sutherland *et al.* 2004).

Méthode de ligature. Les détails du protocole sont résumés par Ceia *et al.* (2016) ;

- Cette méthode consiste à positionner un fil enduit de coton autour du cou des oisillons (âgés de 5 à 16 jours, ou de 5 à 21 jours selon les espèces), ce qui empêche d'avaler les proies mais permet une respiration normale.
- Ensuite, la collecte des aliments se fait à l'aide des pinces directement dans l'œsophage des oisillons.
- Les ligatures sont posées une fois par jour, et ne sont pas maintenues en place plus de 2 heures sans arrêt, Une période jugée non dérangeante pour l'oiseau.
- Chaque nid échantillonné une fois par jour, en moyenne pendant 3 jours.

Conservation et identification. Les échantillons de régime alimentaire ont été conservés dans de l'éthanol à 70 % et ensuite identifiés en laboratoire à l'aide d'un microscope binoculaire doté d'une loupe 60X. La mesure de la longueur du corps est réalisée à l'aide de papier millimétré avec une précision de 0,1 mm (Ceia *et al.* 2016).

Les inconvénients. D'une part, Cette méthode peut présenter des erreurs dans la composition du régime parce que les petites proies glissent à travers la ligature, et d'autre part la ligature dérange les oisillons à cause de sa strangulation et empêchent les oisillons de bailler correctement (Moore 1986). Selon Little *et al.* (2009), La méthode de collier au cou (ligature) ne cause pas de mortalité cependant ils la considèrent invasive plus que nous le croyons vu l'agressivité et le stress provoqué chez les oisillons et les parents.

16.4.6. Examen de pelotes de rejections

Définition. Les éléments non digérés dans le gésier des rapaces (poils, plumes, ossements ...) après assimilation des parties essentielles, se transforment en pelote puis sont rejetées par le bec sous forme de "pelote de réjection" (Le Louarn 1974).

Collecte d'échantillons. La collecte de pelotes de rejections est réalisée au-dessous des perchoirs diurne (site de repos) ou dorts nocturnes identifiés au préalable de ces oiseaux (Leyman 2019).

Conservation des échantillons. Les échantillons sont conservés dans des enveloppes en papier étiqueté avec la date et le lieu de récolte (Souttou *et al.* 2015).

Identification. Les pelotes régurgités secs sont macérés dans l'eau pendant une dizaine de minutes, ensuite délicatement séparés à l'aide d'une pince entomologique afin d'identifier les proies ingérées parmi les éléments séparés (os, fragments d'arthropodes, poils, plumes...) (Hadj Benamane *et al.* 2019). L'identification des taxons proies est réalisée sous une loupe binoculaire et l'estimation de la taille des fragments des arthropodes et des ossements des vertébrés sont réalisés avec du papier millimétré (Bounaceur *et al.* 2019).

16.4.7. Analyse de la matière fécale

La matière fécale d'un oiseau analysé durant une étude de régime alimentaire, peut être des fientes des adultes ou de sacs fécaux des oisillons.

Collecte des fientes via la capture d'oiseaux adultes.

Capture d'oiseaux. Un filet ornithologique de dimension de 12x2, 8 m et une maille de 36 mm est placé durant la période entre septembre jusqu'à juillet de 6h :30 jusqu'à 15h :30 et vérifié chaque 15minutes (Sainz-Borgo 2016) sauf en cas de températures extrêmes ($>32^{\circ}\text{C}$ ou $<0^{\circ}\text{C}$), de vents violents ou de précipitations continues (Carlisle *et al.* 2005).

Collecte d'échantillons. Afin de récupérer les excréments, les oiseaux capturés sont placés individuellement dans des récipients en plastique durant une période dont laquelle ils lâchent leurs matières fécales (Ralph *et al.* 1985). Après avoir relâché l'oiseau, les fientes sont ramassées séparément dans des tubes en verre contenant 4 ml d'éthanol à 70% (Sainz-Borgo 2016).

Il existe une autre approche de collecte de Fiente d'oiseaux adultes qui ne nécessite pas la capture de l'oiseau. Afin de récupérer les fientes, les perchoirs de l'espèce sont identifiés dans ses territoires de présence (Boudrissa *et al.* 2023). Les déjections sont ramassées à proximité immédiate des nids pour ne pas les confondre avec celles d'autres espèces (Belkacem *et al.* 2019). Enfin, les fientes sont plus faciles à localiser pendant la période de reproduction, car les adultes montraient une activité limitée autour du nid (Bougaham *et al.* 2019).

Conservation. Une fois identifiés les échantillons fécaux sont collectés et stockés individuellement dans des tubes Eppendorf (Boudrissa *et al.* 2023) contenant de l'éthanol à 70% avec indication de la date et le lieu (Bougaham *et al.* 2019).

La collecte de sacs fécaux des oisillons

Un autre type de matière fécale, à savoir, les sacs fécaux des oisillons est utilisée pour l'analyse du régime alimentaire de l'avifaune.

Avantage. La collecte de matière fécale des oiseaux ne nécessite ni de tuer ni de déranger (Zemouri *et al.* 2021) les parents ou les oisillons. Elle donne des résultats similaires à ceux donnée par une méthode basée sur l'analyse d'items non digérés (la méthode de ligature) (Moreby et Stoate 2000). Elle permet une quantification du régime alimentaire et une mesure de longueur de proies consommées (Calver et Wooler 1982).

Collecte d'échantillons. La collecte de sacs fécaux se fait directement dans le nid quand les oisillons ont environ deux semaines à trois semaines d'âge (Rytkönen *et al.* 2018), comme elle se peut se faire après envol des oisillons (Bougaham *et al.* 2017).

Protocole. L'identification des nids en activité est performé durant la période de reproduction afin d'assurer qu'il s'agit de l'espèce étudiée, ensuite, après envol des oisillons, une autre sortie est réalisée sur les lieux pour récolter les sacs fécaux directement dans les nids (Zemouri *et al.* 2021). Chaque sac fécal est mis dans un tube Eppendorf étiqueté en attendant de les analyser dans le laboratoire (Zemouri *et al.* 2021).

Analyse et identification. Une fois au laboratoire l'analyse des sacs fécaux et l'identification des taxons proies se font sous une loupe trinoculaire branché à un appareil photo adapté, les meilleurs fragments sont photographiés à l'aide de l'appareil photo et mesurés à l'aide du papier millimétré (Zemouri *et al.* 2023).

16.4.8. Analyse du régime alimentaire via l'analyse des séquences ADN

Les séquences d'ADN sont uniques pour chaque espèce (Jarman *et al.* 2004).

Origine. Ce principe a été largement appliqué en médecine légale (Hoelzel 2001) ensuite les séquences d'ADN sont même de plus en plus acceptées, de préférence aux méthodes taxonomiques traditionnelles, comme outil taxonomique permettant d'identifier des macro-organismes intacts (Tautz *et al.*, 2003).

Principe. Par la suite, il a été offert via les séquences d'ADN d'étudier la diversité des proies trouvées dans le contenu de l'estomac et les excréments des prédateurs en identifiant les proies consommées même quand une identification morphologique est impossible à cause de la digestion presque complète (Jarman *et al.* 2004 ; Dunn *et al.* 2010).

Protocole. Le protocole d'extraction a été résumé par Jarman *et al.* (2002a) :

- Les contenus stomacaux sont stockés dans l'éthanol à température ambiante et les échantillons de matières fécales sont conservés par congélation à -20°C jusqu'à extraction d'ADN.
- Conception d'amorces PCR adéquate selon les espèces.
- Purification de l'ADN du contenu de l'estomac ou des excréments.
- Amplification PCR de LSUE9 à partir du contenu de l'estomac ou de l'ADN fécal.
- Méthodes électrophorétiques pour séparer les produits de PCR de kLSUE9f et kLSUE9r.
- Séquençage d'ADN

Identification. Enfin, les séquences trouvées sont comparées avec celles disponibles dans GenBank (Jarman *et al.* 2004).

16.5. Identification des taxons proies

Les taxons proies sont identifié par l'utilisation de guides (Charrier 2002; Chinery 2005; Albouy et Richard 2017), clés taxonomiques (Calver et Wooller 1982 ; Tatner 1983 ; Ralph *et al.* 1985) ou par consultation d'experts dans le domaine de compétences.

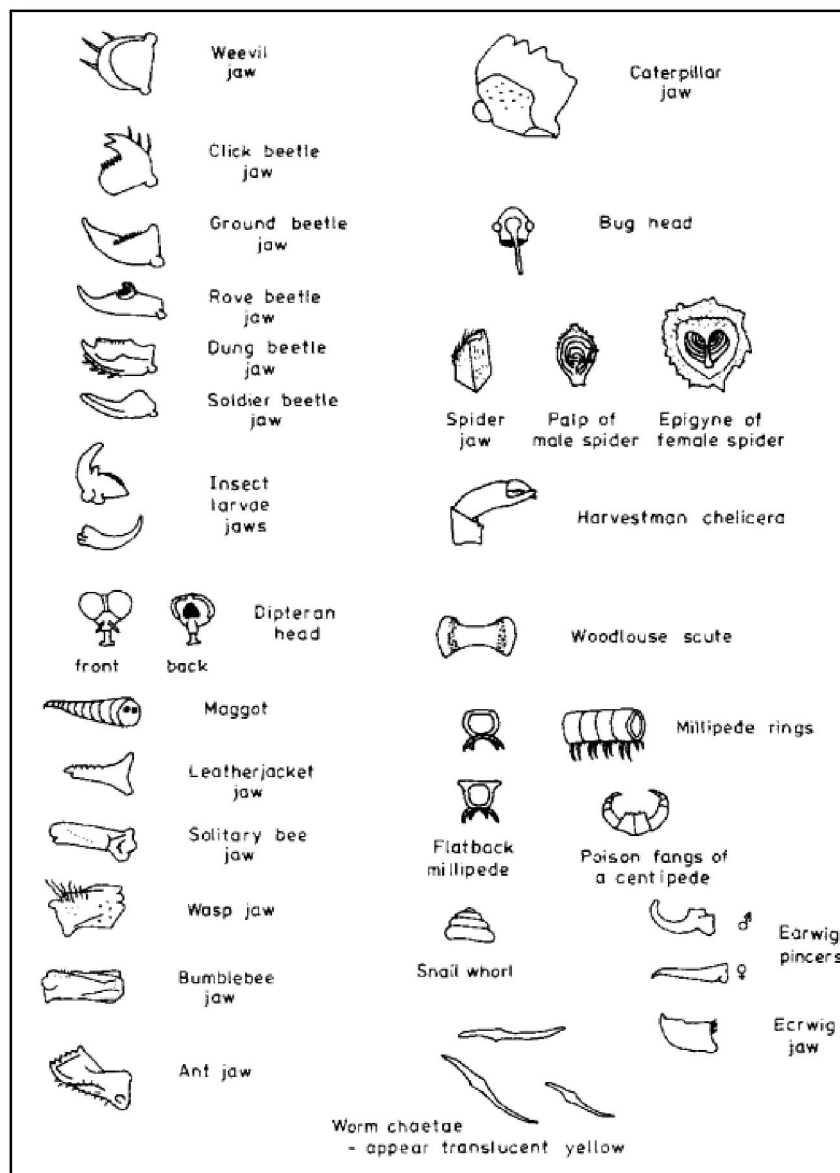


Figure 14. Principaux fragments utilisés comme clé d'identification des coléoptères, lépidoptères et Dermaptères (Tatner 1983).

Chapitre 2 : Régime alimentaire des oisillons de la Sittelle kabyle

Abrégé article 1

Abrégé de l'article 1

Régime alimentaire des oisillons de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti*, un oiseau endémique et menacé de la Kabylie des Babors (Nord-Est algérien).

L'étude du régime alimentaire des animaux est essentielle pour comprendre leur écologie, leur comportement, voire les changements spatio-temporels de leur zone vitale (Bell 1990 ; Jordan 2005). Il fournit des informations sur la niche écologique qu'occupe l'espèce dans son habitat (Berg 1979). L'étude du régime alimentaire des oisillons révèle des informations sur la composition du régime alimentaire des poussins ainsi que sur celui des adultes (Pravosudov et Pravosudova 1996). Diverses méthodes ont été utilisées pour déterminer le régime alimentaire des oiseaux (Rosenberg et Cooper 1990). L'analyse des échantillons fécaux fournit des estimations précises sur le régime alimentaire (Rosenberg et Cooper 1990) et la taille des invertébrés consommés peut être évaluée avec précision (Calver et Wooler 1982). Dans notre étude, nous avons opté pour l'analyse des excréments des oisillons. La Sittelle kabyle est le seul oiseau endémique strict de l'Algérie. Sa Distribution est limitée à la région de la Kabylie des Babors (Bougaham *et al.*, 2022). L'étude de son régime alimentaire s'est fait uniquement via des observations directes sur le terrain par Bellatrèche et Boubaker (1995) qui ont ramené quelques éléments de son menu et sans pouvoir les quantifier. Cette présente étude a pour but de quantifier et de détailler pour la première fois, le menu alimentaire des oisillons de la Sittelle kabyle dans la forêt de feuillus de Tamentout, située dans la région de la Kabylie des Babors (Nord-Est algérien). Notre étude a été réalisée dans la forêt domaniale de Tamentout qui est à cheval sur trois wilayas, à savoir Sétif, Jijel et Mila, entre les coordonnées GPS suivant : limite Est : 36°31'16,12" N ; 5°39'16,12" E ; limite Ouest : 36°32'51,14" N, 5°50'3,78" E. Des nids en activités ont été repérés, dans notre zone d'étude, durant la période de reproduction de l'année 2019. Les sacs fécaux des oisillons ont été collectés directement dans les nids après envol, le 5 juillet 2019. En tout, 74 échantillons ont été ramassés et conservés dans des tubes Eppendorf étiqueté. Les analyses des échantillons fécaux des oisillons de Sittelle kabyle ont été réalisées sous une loupe binoculaire. Nous avons commencé d'abords au décorticage de l'échantillon fécal. Ensuite, nous avons trié les fragments bien rangés par leurs catégories (tête, élytres,

mandibules). Les meilleurs fragments ont été mesurés avec du papier millimétré et photographiés (Voir Annexe). Nous avons également procédé à l'estimation du contenu énergétique des taxons proies. L'identification a été réalisée via l'utilisation de guides et de clés d'identifications, sauf pour le taxon proie *Camponotus* sp. qui a été identifié par Henri Cagniant (Université Paul Sabatier-Toulouse III, France). Nous avons procédé au calcul de cinq indices de diversité qui sont : la richesse spécifique (S) ; la richesse spécifique moyenne (s) ; fréquence d'occurrence (FO) ; fréquence d'abondance (FA) ; indice de diversité de Shannon-Weaver (H'). Ensuite, Nous avons calculé l'étendue de son régime alimentaire B_i et dressé le graphe de Costello. Nous avons estimé la taille totale des taxons de proies consommés via les fragments complets trouvés (tête, pronotum ou élytre) en suivant la méthode de Calver et Wooller (1982). Nous avons aussi identifié leurs classes de taille en utilisant la loi de Sturges (1926). Nous avons identifié 39 taxons proies et compté 686 individus repartis en classe d'insectes (95,4%) et d'arachnides (4,6%). Le régime alimentaire était composé principalement de 13 familles de proies réparties en six ordres de proies. Les coléoptères avec 22 taxons de proies (42,71 %) ont été les plus fréquents. Les Dermaptères avec seulement deux taxons proies représentant ainsi 38,63%. Ils étaient essentiellement prédominés par le taxon proie *Forficula auricularia* (36,88%). La richesse moyenne était de $5,35 \pm 1,79$ taxon proie par sac fécal. L'indice de diversité a indiqué une valeur modérée ($H'=2,38$). Le contenu énergétique variait de 12,17 J (*Staphylinidae* sp. 2) à 3018,15 J (*Anisolabis maritima*). La taille moyenne des taxons proies était de $12,93 \pm 4,44$ mm. L'ampleur de la niche alimentaire donnait une valeur de 0,017 indiquant une niche alimentaire étroite. Le graphique Costello a montré cinq taxons proies potentiels à savoir : *Forficula auricularia*, *Oxythyrea funesta*, *Anthaxia* sp., *Lepidoptera* sp. 1 et *Camponotus* sp. La taille des proies consommées par les oisillons de Sittelle d'Algérie variait entre 3 mm (*Staphylinidae* sp. 2) et 25 mm (*Anisolabis maritima*). La classe de taille des taxons proies comprise entre 14 et 19,5 mm prédominait (63,23 %) en raison de l'appartenance du taxon *Forficula auricularia* à cet intervalle (taille : 15 mm, n = 253) et d'*Anthaxia* sp. (taille : 15 mm, n = 59). À notre connaissance, cette étude est la première à quantifier le régime alimentaire des oisillons de la Sittelle kabyle. Le spectre alimentaire de notre espèce (39 taxons proies) est nettement inférieur à celui trouvé pour le régime alimentaire des oisillons de la Sittelle torchepot avec 432 taxons proies différents (Krištín 1994). Le faible pourcentage d'araignées (4,96%) dans le menu est peut-être expliqué par le fait que les araignées, dans les forêts caducifoliées, mettent leurs toiles

sur le sol dans la litière (Shuldt *et al.*, 2008) et la Sittelle kabyle chasse rarement au sol (Bellatrèche et Boubaker 1995). Les coléoptères étaient les plus consommés (42,71%). Ceci n'est pas en accord avec les résultats avancés dans le régime alimentaire des poussins de Sittelles torchepot et à poitrine blanche, où les lépidoptères étaient prédominants (Anderson 1976 ; Krištín 1992a ; Krištín 1994 ; Ceia *et al.*, 2016 ; Wesołowski *et al.*, 2019). Cette faible proportion de Lépidoptères enregistrée dans l'alimentation des oisillons de Sittelle kabyle pourrait être due au fait qu'à ce stade de développement des poussins (fin mai/début juin), le débourrement de chêne afares et chêne zéen, qui génère une production massive de chenilles, était déjà terminé. Selon Benmecheri (1994), le débourrement de ces arbres (à Tamentout) commence fin avril pour le Chêne afares et début mai pour le Chêne Zéen. *Forficula auricularia*, était le taxon proie le plus abondant. De manière générale, de nombreuses espèces de Dermaptères creusent fréquemment des abris temporaires sous divers supports (pierres, bois) ou au sol (Albouy et Caussanel 1990). *Forficula auricularia* se trouve principalement à la surface du sol, dans l'humus ou sous l'écorce d'un arbre mort (Kocarek 1998) et ses sites d'alimentation se trouvent dans les arbres (Suckling *et al.*, 2006). De ce fait, le taxon proie fréquente exactement les endroits de chasse préférés de notre prédateur (Bellatrèche et Boubaker 1995). La Sittelle kabyle recherche les taxons proies à proximité des nids pour éviter la dépense énergétique liée à la recherche de nourriture sur de longues distances (Rouag-Ziane et Chabi 2008), là où le temps de capture et/ou la valeur énergétique de ces proies peut être plus rentable (Vignes 2011). Ce qui peut expliquer aussi pourquoi les parents de la sittelle kabyle préfèrent *Forficula auricularia* comme principale ressource alimentaire, ce qui semblerait être attribué à la plus grande abondance de ces proies et au fait qu'elles pourraient être plus faciles à capturer que d'autres proies (Rouag-Ziane et Chabi 2008 ; Pagani-Núñez *et al.*, 2014). Pour élever ses oisillons, la stratégie de chasse de la sittelle kabyle semble être basée sur la capture de plus de proies abondantes et disponibles aux alentours des nids. Il est intéressant et nécessaire d'étendre cette étude sur l'ensemble de son aire de répartition et sur un cycle annuel, pour tenter de déterminer les variations saisonnières du régime alimentaire de l'espèce.

Article 1

Nestling diet of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*, an endemic threatened bird in Babors' Kabylia region (north-eastern Algeria)

Mourad Zemouri^{1*}, Lydia Asloune¹, Aida Adrar¹, Abdelouhab Bouchareb² and Abdelazize Franck Bougaham¹

¹ Laboratoire de recherche en Écologie et Environnement, Université de Bejaia, Bejaia, Algeria

² Parc national de Taza à Jijel, Algeria

*Correspondence: zemouri06@gmail.com

The Algerian Nuthatch is an endemic and protected bird species in Algeria, and its different habitats are threatened by fires and others human actions; the species is therefore considered 'Endangered'. A faecal samples analysis of the species' nestlings was done to determine their diet. The nestling faecal samples were collected during the breeding season of 2019 in the Tamentout deciduous forest in the region of Babors' Kabylia (north-east Algeria). The faecal samples analysis allowed us to count 686 individuals belonging to 39 different prey taxa. They belong to two arthropods classes and six orders. Insects (95.4%) were more dominant compared with arachnids (4.96%). Beetles were most diverse, with 22 prey taxa and 293 individuals. Dermaptera (earwigs) were represented by only two prey taxa and 265 individuals, with the European Earwig *Forficula auricularia* recorded 253 times. A correlation was also found between the prey sizes and energy intake. Costello's charts indicated five potential prey including *Forficula auricularia*, *Oxythyrea funesta* and *Anthaxia* sp. were the most consumed. The niche breadth calculation (0.017) revealed that the Algerian Nuthatch specialises on some prey items such as *Forficula auricularia* to feed its nestlings. The most prized prey species had sizes between 14.5 mm and 19 mm, *Forficula auricularia* has a size of 15 mm.

Régime alimentaire des oisillons de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti*, un oiseau endémique et menacé dans la région de la Kabylie des Babors (Nord-Est de l'Algérie)

La Sittelle kabyle est une espèce d'oiseau endémique et protégée en Algérie. Ses différents habitats sont menacés par les incendies et autres actions humaines; l'espèce est considérée comme 'En danger'. Le régime alimentaire des oisillons de l'espèce a été déterminé par l'analyse des échantillons fécaux. Durant la saison de reproduction 2019, les échantillons fécaux des oisillons ont été collectés dans la forêt caducifoliée de Tamentout dans la région de la Kabylie des Babors (Nord-Est de l'Algérie). L'analyse des échantillons fécaux nous a permis de dénombrer 686 individus appartenant à 39 taxons proies différents. Ils appartiennent à deux classes d'arthropodes et à six ordres. Les insectes (95.4%) étaient plus dominants que les arachnides (4.96%). Les coléoptères étaient plus diversifiés avec 22 taxons proies et 293 individus. Les Dermaptères étaient représentés par deux taxons proies et 265 individus où *Forficula auricularia* a été enregistré 253 fois. Une corrélation a également été trouvée entre la taille des proies et leurs apports énergétiques. Le graphe de Costello indiquait cinq proies potentielles, dont *Forficula auricularia*, *Oxythyrea funesta* et *Anthaxia* sp. étaient les plus consommés. Le calcul de la largeur de la niche (0.017) a révélé que la Sittelle kabyle, pour nourrir ses oisillons, se spécialise dans certaines proies telles que *Forficula auricularia*. Les espèces de proies les plus prisées avaient des tailles comprises entre 14.5 mm et 19 mm, *Forficula auricularia* a une taille de 15 mm.

Keywords: Algerian Nuthatch, arthropods, beetles, energy intake, faecal samples, insects, nestlings, prey size, prey taxa, spiders

Supplementary material: available at <https://doi.org/10.2989/00306525.2021.1923582>

Introduction

Studying the animals' diet is essential for understanding their ecology, their behaviour, and even spatiotemporal changes in their vital area (Bell 1990; Jordan 2005). An accurate knowledge about species diet structure contributes greatly to understand habitats biodiversity, appreciate their resources and the species competition for these resources (Maran et al. 1998). It provides information about the ecological niche that the species occupies in its habitat (Berg 1979).

Understanding the birds' trophic ecology is generally based on studies of their nestlings' diet, which appears to be one of the most common approaches. They provide information on the diet composition of chicks as well as that of adults (Pravosudov and Pravosudova 1996). Faecal samples analysis provide accurate estimates of diet (Rosenberg and Cooper 1990) and the sizes of invertebrates eaten can be accurately assessed (Calver and Wooler 1982). Various methods have been used to determine bird's diet (Rosenberg and Cooper 1990), however, in our study we opted for nestlings' faecal analysis, because of the ease of access to the faecal samples those are collected without killing or disturbing the birds especially for endemic and endangered species such as the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti* (Ralph et al. 1985).

Nuthatches belong to the Palaearctic avifauna (Burnier 1976), refugees since the Neolithic period in habitats that have escaped the anthropogenic harmful effects (Géroudet 1976). They form a passerine group, which is made up of 24 monotypic species (IUCN 2012), where the Algerian Nuthatch is classified in the Mesogean nuthatches group in the same clade with the Krüper Nuthatch *Sitta krueperi* (Pasquet 1998; Pasquet et al. 2014).

In the Eurasian Nuthatch group (Ledant 1978), only the Eurasian Nuthatch *Sitta europaeae* and the White-breasted Nuthatch *Sitta carolinensis* have been the subject of several studies on their nestlings' diet. These studies were carried out in different regions of their distribution areas and different habitat types with ligature methods (Anderson 1976; Krištín 1992a; Krištín 1994; Ceia et al. 2016) and direct observations (Wesołowski et al. 2019). It was concluded that these two species feed their chicks

mainly on Lepidoptera. However, the Mesogean nuthatches' diet has never been quantified until now. The scattered and rare observations were limited to the foraging behaviour for the Algerian Nuthatch (Bellatrèche and Boubaker 1995) and the Corsican Nuthatch *Sitta whiteheadi* (Villard et al. 2003; Thibault et al. 2006).

The Algerian Nuthatch is the only bird endemic to Algeria. It was discovered in Djebel Babor by Ledant in 1975 and described by Vieilliard (1976) under the taxonomic name *Sitta ledanti*. It is distributed in Babors' Kabylia across three forest stands types isolated from each other: the mixed forest of Numidian Fir *Abies numidica*, Atlas Cedar *Cedrus atlantica* and Zeen Oak *Quercus canariensis* (Ledant 1977), mixed forests of Zeen Oak and Afares Oak *Quercus afares* (Bellatrèche 1991; Moulai and Mayache 2018; Bougaham et al. 2020) and the Cork Oak forests *Quercus suber* (Haddad and Afoutni 2019; Bougaham et al. 2020). Previous research has focused on ecological preferences (Bellatrèche 1994; Bougaham et al. 2018; Hamitouche et al. 2020) and some nesting parameters (Bougaham et al. 2017). Diet had only been examined occasionally without real monitoring (Bellatrèche and Boubaker 1995). The prey types consumed by the Algerian Nuthatch were often mentioned in publications devoted to the species, but practically never well studied. The direct observation study of Bellatrèche and Boubaker (1995) is a happy exception in this regard, although data on the species diet has not been quantified. Nevertheless, these latter authors have briefly described that the species' chicks were fed on spiders, Lepidoptera and ants. Finally, they were able to identify a single species of Lepidoptera: *Lymantria dispar*. In winter, the Algerian Nuthatch in the Djebel Babor forest mainly collects seeds from Atlas Cedar and Numidian Fir (Ledant and Jacob 1977; Vielliard 1978).

This present study aimed to quantify and detail, for the first time, the diet of the Algerian Nuthatch' nestlings in the deciduous forest of Tamentout located in the Babors' Kabylia region (north-eastern Algeria).

Materials and methods

Study area

Our study was carried out in Tamentout national forest, located in north-eastern Algeria and is part of the mountain range of Bobors' Kabylia (Figure 1). It is at the crossroads of three district borders, namely Sétif in the south-west, Jijel in the north and Mila in the south-east. Tamentout forest has a total area of 9 878 ha (Eastern limit: 36°31'16.12" N; 5°39'16.12" E; Western limit: 36°32'51.14" N, 5°50'3.78" E). It is located in a sub-humid bioclimatic stage at low altitudes and humid at its summit, with a dry season that can last from June to October (Benmecheri 1994). It receives an annual rainfall with a value between 1 500 and 2 000 mm (Chaumont and Paquin 1971). In the forest of Tamentout, winter is cold; the minimum temperature of -5.2°C was recorded during the month of January. In summer, the maximum temperature of 35.1°C was recorded in June (Benmecheri 1994). It is characterised by altitude ranges between 780 m and 1 681 m (Zerroug 2012). The most recent description of the Tamentout forest was made by Hamitouche et al. (2020), where they specify that the tree stratum is dominated by Zeen Oak (51%), with Afares Oak cover representing 22%. Tamentout forest contains other tree species like Cork Oak, *Acer obtusatum*, *Sorbus torminalis* and *Sorbus domestica*. The shrub and herbaceous stratum were composed mainly of *Calycotome spinosa*, *Cytisus villosus*, *Crataegus monogyna*, *Ampelodesmos mauritanicus*, *Urtica membranacea*, *Polystichum setiferum*, *Platanthera bifolia* and *Urginea maritima*.

Faecal sample collection

In the Tamentout forest and during the breeding season in 2019, we located four nests of the Algerian Nuthatch. Because of the high feeding demand of nestlings, around five days before fledging the adult pairs of the species are unable to clean the nest and leave the faecal sacs in the nest (Bougaham et al. 2017). To avoid disturbing broods, the faecal samples were directly collected from the nests later after fledging on 5 July 2019. Altogether 74 complete faecal samples were sampled and some disaggregated samples were gathered in Eppendorf tubes ($n = \text{two nests}$). These

damaged faecal samples were not included in some diet analyses (mean richness, occurrence frequencies). To ensure that sampling be representative, the nests were located as evenly as possible in the different parts of the Tamentout forest (nest 1: 36°32'26.9" N, 5°43'46.3" E; nest 2: 36°32'20.6" N, 5°42'44.8" E; nest 3: 36°32'12.6" N, 5°41'36.1" E; nest 4: 36°32'10.1" N, 5°42'28.4" E) and the number of faecal samples per nest varied from 11 to 31. Each faecal sample collected per nest was separately preserved in labeled Eppendorf tubes.

Nestling faecal samples analyses

The faecal samples analyses for Algerian Nuthatch nestlings were done at the laboratory. Each Eppendorf tube's content was poured into a Petri dish. Each faecal sample was analysed under Z410 Olympus binocular stereo zoom (0.8–4.7 X 10 magnification). In a Petri dish, we added a few drops of water to soften each faecal sample. We did the same thing with disaggregated samplings. Then, under binocular stereo zoom, firstly, with entomological forceps, we proceeded to the dehusking of the faecal sample (Belkacem et al. 2019). This step was done carefully to avoid breaking the already damaged fragments. After, we sorted the fragments well arranged by their categories (head, elytra, mandibles). The fragments were arranged in another blotting paper lined Petri dish. The fragment measurement was done with a graph paper. They were photographed (Supplementary material 1) under a Z410 Olympus trinocular stereo zoom equipped with a suitable Canon EOS camera. We also proceeded to the estimation of prey taxa energy content (EEC). Knowing only 60–75% of the dry weight of the prey taxa is assimilated by the predator (Ricklefs 1974; Wolf and Hainsworth 1978) we estimated the energy (E) content in each eaten prey taxa in J with Ricklefs' (1974) and Wolf and Hainsworth's (1978) formula $E = 2.5L^{2.6}$ (E: Available Energy in J; L: Prey taxa length in mm).

Prey taxa identification

The prey taxa found in the faecal samples belong to two classes (Arachnida and Insecta). Identification of Arachnida was done according to the Calver and Wooller (1982) method using legs and chelicera (Supplementary material 1). Identification of

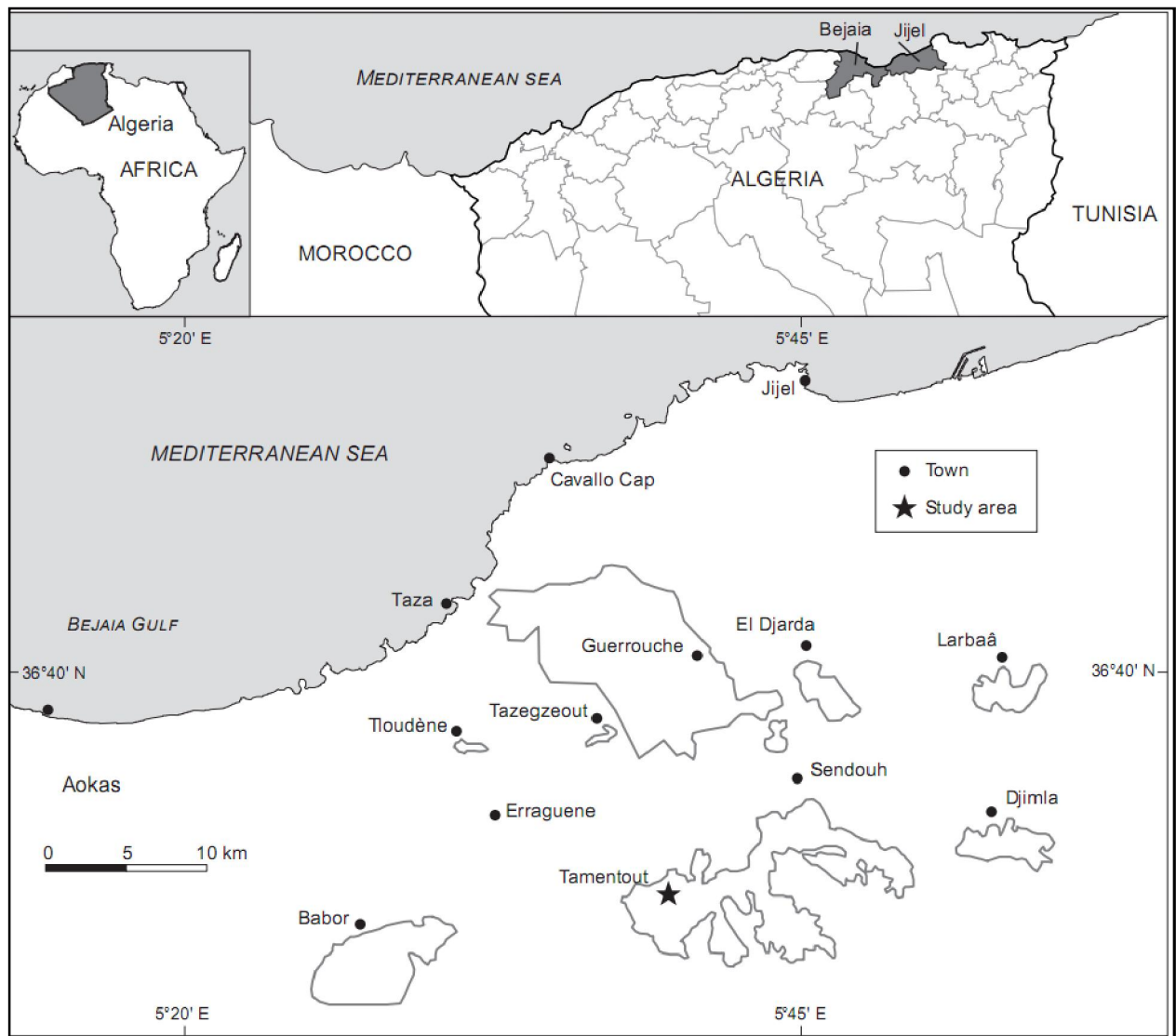


Figure 1: Schematic map of the geographical location of the study area

the Insecta (Supplementary material 1) was done using keys suggested by Tatner (1983) and Ralph et al. (1985), or features and colours apparent on the heads, elytra, pronotums, mandibles and thoracic legs (Charrier 2002; Chinery 2005; Albouy and Richard 2017). For the most consumed prey items by the Algerian Nuthatch's nestling, their identification was done to genus and species levels. These prey items were identified with the aid of a reference collection of each one collected in the immediate surrounding environment of each sampled nest. Finally, the prey taxa *Camponotus* sp. was identified by Henri Cagniant (Paul Sabatier University-Toulouse III). Lepidoptera remains were often reduced to mandibles and therefore indeterminable and we have not attempted to go further in their identification.

Once the fragments were determined, the number of prey taxa consumed by categories was carried out. An item of each prey taxa would correspond to a head, a thorax, a mandible (or two), an elytron (or two), or a chelicera (Calver and Wooller 1982). The exact quantification of the prey taxa number was not always obtained. An item was retained only once in the count when much damaged fragments appeared, which prevented us from deducing the exact number in the sample.

Measurement of diet diversity

We proceeded to calculate five diversity indices. The total specific richness (S) was simply calculated by counting all prey taxa identified in all faecal samples that occurred at least once. The mean specific richness (s) is the sum of the total specific richness of each faecal sample divided by the total number of faecal sacs. A frequency of occurrence (FO) is the ratio of the number of the faecal sample where a prey taxon was present to the total number of faecal samples analysed (expressed in percentage) (Dajoz 1971). According to Dajoz (1971), the relative abundance (RA) is the ratio of the number of individuals of a prey taxon to the total number of individuals of all prey taxa (expressed in percentage).

We used a Shannon–Weaver diversity index (H' ; Ramade 2003) to quantify the Algerian Nuthatch nestlings' dietary diversity:

$$H' = - \sum_{i=0}^s p_i \ln p_i$$

(Ln: natural logarithm; p_i : Relative abundance of a prey taxa; H' : value ranges from 0 for the community with only one species to 4.5 or 5 for the most diverse communities).

In order to quantify the Algerian Nuthatch nestlings' food niche breadth ' B_i ', we used a formula from Levin's standardised index.

$$B_i = \frac{1}{(n-1)} \left(\frac{1}{\sum p_i^2} - 1 \right)$$

(p_i : Occurrence frequencies of each prey taxa; n : Total number of prey taxa). Niche breadth ' B_i ' can vary on a scale from 0 to 1. When B_i tends to 0; niche breadth is narrow (specialised consumer), and when B_i tends to 1; niche breadth is wide (generalist consumer) (Nascimento et al. 2019).

Costello graphs use the frequency of occurrence (FO) in percentage on x-axis and relative abundance (RA) in percentage on the y-axis of prey taxa in the diet. It depicts the relative importance of the prey (dominant or rare) and the degree of homogeneity of prey selection in the predator diet (Costello 1990).

Prey taxa sizes

To estimate the prey taxa sizes, we measured the complete fragments found in each faecal sample (head, pronotum or elytron), and then estimated the complete prey taxa size following the method of Calver and Wooller (1982). This measure was only made possible for eleven prey taxa (Table 1). In case a single statistical series of range (R) with (N) items, according to Sturges (1926), the class interval (C) may be estimated from the formula:

$$C = \frac{R}{1 + 3.32 \log N}$$

The range (R) is defined by Everitt and Skrondal (2010) as the difference between the largest value (prey taxa size) and the smallest (prey taxa size) measurement in a dataset.

Results

Diet composition

For 74 complete and disaggregated faecal samples analysed, we identified 39 prey taxa and altogether 686 individuals. The dietary composition of the Algerian Nuthatch nestlings in Tamentout forest consisted of Insecta and Arachnida (Table 1). The Insecta were dominant with 652 individuals (95.4%), whereas Arachnida were represented by only 34 individuals (4.96%). The diet was composed mainly of 13 prey families, including six prey orders (Figures 2a and 2b). Coleoptera (42.71%) were

most frequently recorded (Figure 2a), represented mainly by Cetoniidae (*Oxythyrea funesta*: 18.95%) and Buprestidae (*Anthaxia* sp.: 8.60%). Accordingly, the Dermaptera accounted for 38.63%, due essentially to Forficulidae predominance (Figure 2b), where *Forficula auricularia* was the most consumed prey by the Algerian Nuthatch nestlings (36.88%). These main prey taxa were followed by Lepidoptera (7.29%), Araneae (4.96 %), Hymenoptera (3.64%) and Hemiptera (2.77%).

Figure 3 shows the number of prey taxa and the relative abundance per prey order. Coleoptera predominate in the diet of Algerian Nuthatch nestlings. They alone represent 22 prey taxa (AR: 42.71%). Lepidoptera order and Araneae order with six prey taxa for each one are less abundant, whereas Dermaptera with only two prey taxa are the most abundant (AR: 38.63%). Hymenoptera (RA: 3.64%) and Hemiptera (RA: 2.77%) have only two and one prey taxa, respectively.

Diet ecological analysis

The prey taxa numbers per faecal sample ranged from one to eleven. The mean richness was 5.35 ± 1.79 prey taxa, $n = 74$ (Table 2). The diversity index showed a moderate value (2.38). The energy content of prey taxa is proportional to their size. It ranged from 12.17 J (*Staphylinidae* sp. 2) to 3 018.15 J (*Anisolabis maritima*), with mean energy content estimated at 660.17 ± 581.15 J. Mean prey taxa size was 12.93 ± 4.44 mm, $n = 246$. The food niche width gave a value of 0.017 (Table 2) indicating a narrow food niche breadth.

The Costello graphical representation of the diet composition of the Algerian Nuthatch's nestlings shows five important prey taxa (Figure 4). *Forficula auricularia*, *Oxythyrea funesta*, *Anthaxia* sp., Lepidoptera sp. 1 and *Camponotus* sp. were the main prey, both in relative abundance and occurrence frequency. The prey capture strategy showed a dominance of *Forficula auricularia* and *Oxythyrea funesta*, with more specialisation for *Forficula auricularia*.

Table 1: Relative abundances (prey taxa individuals) and occurrence frequencies (occurrence number) of each prey taxa found in the faecal samples of Algerian Nuthatch nestlings

Class	Orders	Families	Prey taxa	RA %	FO %
Insecta	Coleoptera	Cetoniidae	<i>Oxythyrea funesta</i> *	18.95 (130)	94.59(70)
		Buprestidae	<i>Anthaxia</i> sp. *	8.60(59)	67.57 (50)
		Curculionidae	Curculionidae sp.1	1.31(9)	12.16 (9)
			Curculionidae sp.2	0.58(4)	4.05 (3)
			Curculionidae sp.3	1.90(13)	17.57 (13)
			Curculionidae sp.4 *	0.58(4)	5.41 (4)
			Curculionidae sp.5	0.44(3)	2.7 (2)
		Carabidae	Carabidae sp.1	0.73(5)	6.76 (5)
			Carabidae sp.2 *	0.15(1)	1.35 (1)
			Carabidae sp.3	0.15(1)	1.35 (1)
			Carabidae sp.4	2.04(14)	17.57 (13)
		Chrysomelidae	Chrysomelidae sp.1	0.15(1)	1.35 (1)
			Chrysomelidae sp.2 *	0.44(3)	2.7 (2)
			Chrysomelidae sp.3	0.44(3)	4.05 (3)
		Staphylinidae	Staphylinidae sp.1	1.02(7)	8.11 (6)
			Staphylinidae sp.2 *	1.02(7)	6.76 (5)
			Cerambycinae sp. *	2.62 (18)	12.16 (9)
		Cerambycidae	Cerambycidae sp.	0.15(1)	1.35 (1)
			Lamiinae sp. *	0.73(5)	8.11 (6)
		Meloedae	<i>Meloe</i> sp. *	0.44(3)	4.05 (3)
		Silphidae	Silphinae sp.	0.15(1)	1.35 (1)
		-	Coleoptera sp.	0.15(1)	1.35 (1)
	Dermaptera	Forficulidae	<i>Forficula auricularia</i> *	36.88(253)	98.65(73)
		Carcinopharidae	<i>Anisolabis maritima</i> *	1.75(12)	13.51 (10)
	Hymenoptera	Formicidae	<i>Camponotus</i> sp.	3.50(24)	24.32 (18)
			Formicidae sp.	0.15(1)	1.35(1)
Hemiptera	Acanthosomatidae		<i>Elasmucha</i> sp.	2.77(19)	18.92 (14)
Lepidoptera			Lepidoptera sp.1	3.64(25)	27.03 (20)
			Lepidoptera sp.2	2.48 (17)	20.27 (15)
			Lepidoptera sp.3	0.15(1)	1.35 (1)
			Lepidoptera sp.4	0.29(2)	2.7 (2)
			Lepidoptera sp.5	0.44 (3)	4.05 (3)
			Lepidoptera sp.6	0.29(2)	1.35 (1)
Arachnida	Araneae		Araneae sp.1	1.75(12)	12.16 (9)
			Araneae sp.2	1.17(8)	9.46 (7)
			Araneae sp.3	0.29(2)	2.70 (2)
			Araneae sp.4	0.44(3)	2.7 (2)
			Araneae sp.5	0.44(3)	4.05 (3)
			Araneae sp.6	0.87(6)	6.76 (5)

(*): Prey taxa size estimated

Prey taxa sizes

The prey sizes consumed by Algerian Nuthatch nestlings varied between 3 mm (Staphylinidae sp. 2) and 25 mm (*Anisolabis maritima*), with a mean size of 12.93 ± 4.44 mm. Most prey taxa consumed were in the medium size class (465 individuals, >93%, Table 3), whereas only 2.42% ($n = 11$) of them are in the large size class (19.5–25 mm). Small prey taxa size class (3–8.5 mm) was the least consumed (Table 3).

Prey taxa size class of 14–19.5 mm predominated (63.23%) in the number of items, because of the extensive presence of *Forficula auricularia* (size: 15 mm, $n = 253$) and *Anthaxia* sp. (size: 15 mm, $n = 59$). The prey's taxa size class of 8.5–14 mm accounted for more than 30%, where 130 individuals of them were mainly of *Oxythyrea funesta* (10 mm).

Discussion

To our knowledge, this study is the first one to quantify the diet of the Algerian Nuthatch nestlings. The 74 faecal samples analysed highlighted that the Algerian Nuthatch feeds its chicks on 39 different prey taxa. This prey taxa number is lower than that found in the diet of the Eurasian Nuthatch's nestlings, where Krištín (1994) was able to identify 432 different prey taxa ($n = 1\ 585$ food samples). However, the study of the species foraging behaviour in the Guerrouche forest has shown that it feeds (during the breeding season) on ants, spiders and Lepidoptera of different sizes, especially those of *Lymantria dispar* (Bellatrèche and Boubaker 1995).

Our analysis indicates that the diet composition of the Algerian Nuthatch nestlings is made up of only two classes of arthropods (insects and spiders), with insects dominating. Deciduous forests are mainly web spiders host (Albert 1982 in Kraus and Krumm 2013) of which the latter are more abundant on the ground in the litter (Shuldt et al. 2008), which could explain the low spider's percentage (4.96%) in the nestlings' faecal samples seeing that the Algerian Nuthatch hunts rarely on the ground (Bellatrèche and Boubaker 1995). The prey taxa consumed belong to five different orders, namely: Coleoptera, Lepidoptera, spiders, Hymenoptera, Hemiptera and Dermaptera. The entomological inventory carried out by Benmecheri (1994) in the

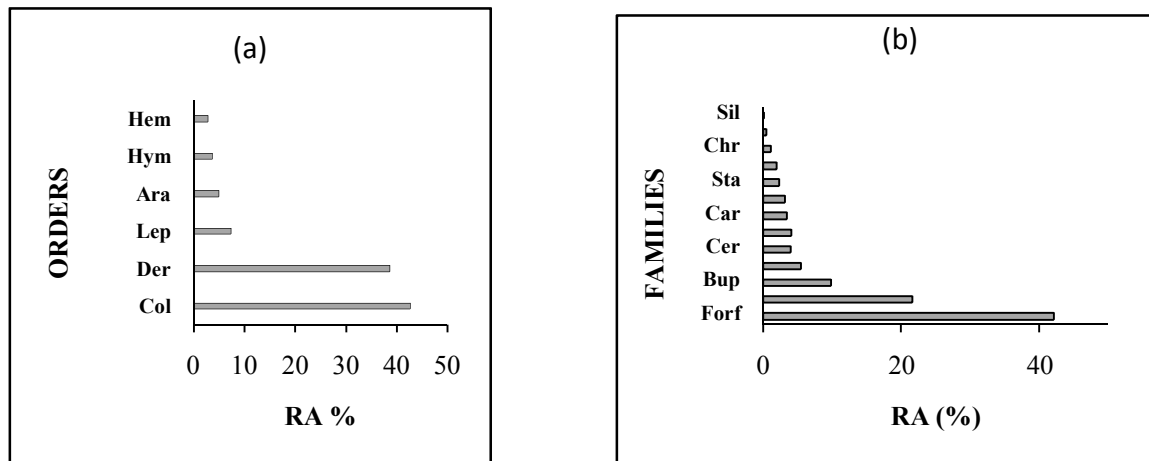


Figure 2: Relative abundance of the prey-orders and prey-families consumed by the Algerian nuthatch's nestlings. Col: Coleoptera, Der: Dermaptera, Lep: Lepidoptera, Ara: Araneae, Hym: Hymenoptera, Hem: Hemiptera, Forf: Forficulidae, Cet: Cetoniidae, Bup: Buprestidae, Cur: Curculionidae, Cer: Cerambycidae, Form: Formicidae, Car: Carabidae, Aca: Acanthosomatidae, Sta: Staphylinidae, Car: Carcinophoridae, Chr: Chrysomelidae, Mel: Meloedae, Sil: Silphidae.

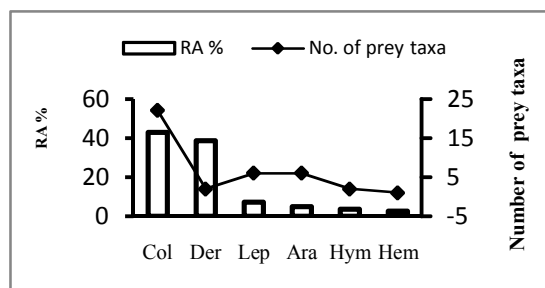


Figure 3: Relative abundance prey orders and their number of prey taxa. Col: Coleoptera, Der: Dermaptera, Lep: Lepidoptera, Ara: Araneae, Hym: Hymenoptera, Hem: Hemiptera

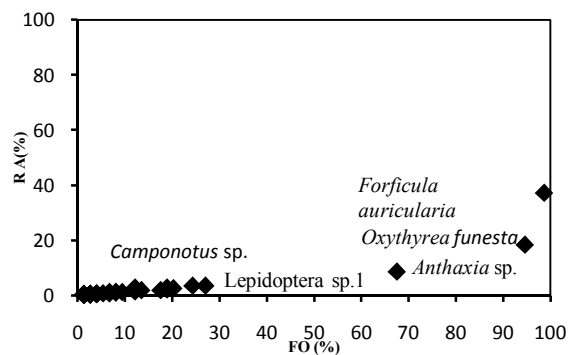


Figure 4: Costello graphical representation of important prey taxa of the Algerian Nuthatch' nestlings in the Tamentout forest

Table 2: Diet ecological indices for Algerian Nuthatch nestlings

Parameters	Values
Total richness	39
Mean richness (s) $\pm$ s.d.	5.35 $\pm$ 1.79
Shannon-Weaver index (H')	2.38
Mean Energy content $\pm$ s.d.	660.17 $\pm$ 581.15
Mean prey taxa size $\pm$ s.d.	12.93 $\pm$ 4.44
Niche breadth (Bi)	0.017

Table 3: Different prey taxa sizes of the Algerian Nuthatch

Prey size width (mm)	n _i	Relative abundance (%)
3-8.5	18	3.64
8.5-14	152	30.71
14-19.5	313	63.23
19.5-25	12	2.42

Tamentout forest revealed a similarity with our results, where she recorded the highest number of species in beetles and Lepidoptera. The other insect groups were also noted, but with lower species: Hymenoptera, Hemiptera and Dermaptera (*Forficula*

auricularia). The beetles were most consumed by the Nuthatch chicks with a percentage of 42.71%. This is not in agreement with the results found in the diet of the Eurasian and White-breasted Nuthatches' chicks where Lepidoptera were predominant (Anderson 1976; Krištín 1992a; Krištín 1994; Ceia et al. 2016; Wesolowski et al. 2019). The same results were found in Algeria for the African Blue Tit *Cyanistes teneriffae* chicks, as well in a deciduous forest of Zeen Oak (Rouag-Ziane and Chabi 2008) and in evergreen forest of Cork Oak (Djenidi and Bouslama 2014), where Lepidoptera were the main prey (Zeen Oak forest: 87%, Cork Oak forest: 71%). A similar observation was also noted for another hole nesting bird, the Atlas Pied Flycatcher *Ficedula speculigera* in the Cork Oak forest, where Lepidoptera were also the most consumed (23.4%) (Boudeffa 2015). A low proportion of Lepidoptera recorded in the diet of the Algerian Nuthatch nestlings could be because at this development stage of the chicks (late May/early June), the Afares and Zeen Oaks bud break, which generates a massive production of caterpillars, has already ended. According to Benmecheri (1994), bud break of these trees (in Tamentout) begins at the end of April for the Afares Oak and the beginning of May for the Zeen Oak. Furthermore, the temperature increase could induce there the appearance of other insect categories (Boudeffa 2015). The method of faecal samples analysis used in this study could favour the indigestible chitinous items in the diet to the detriment of those whose digestion is easy, rapid and complete, could not leave Lepidoptera traces in the faecal samples analysed.

The diet analysis of the Algerian Nuthatch' nestlings revealed the presence of 13 prey families. Curculionidae recorded the highest prey taxa number with five prey followed by Carabidae with four prey taxa. Chrysomelidae and Cerambycidae recorded three prey taxa. Staphylinidae and Formicidae recorded two prey taxa. The remains of the families namely, Forficulidae, Cetoniidae, Buprestidae, Meloedae, Silphidae, Carcinopharidae and Acanthosomatidae recorded a single prey taxon each. Benmecheri (1994) also reports that Chrysomelidae and Curculionidae were quite abundant in Tamentout forest. Forficulidae, presented here by a single prey taxon (*Forficula auricularia*), were the most abundant in the faecal samples analysed. Generally, many species of Dermaptera frequently dig temporary shelters under

various supports (stones, wood) or on the ground (Albouy and Caussanel 1990). *Forficula auricularia* is mainly found on the soil surface, in humus or under the bark of a dead tree (Kocarek 1998) and its foraging sites are in trees (Suckling et al. 2006). The Algerian Nuthatch is a gleaner during its foraging quest where it looks for its prey on tree supports while moving on them (Bellatrèche and Boubaker 1995).

The mean faecal samples richness was 5.35 ± 1.79 . The minimum richness was only one prey taxon and the maximum was 11 prey taxa. The highest prey taxa occurrences varied between 18 and 73, of which the most frequent prey taxon was *Forficula auricularia*. The diversity index calculated in this study revealed an important value (2.38), which indicates an average diversity, this value can be explained by the noticeable abundance of some prey in the faecal samples analysed. Costello's graphs shows us five potential prey taxa namely, one Dermaptera (*Forficula auricularia*), two beetles (*Oxythyrea funesta*, *Anthaxia* sp.), one ant (*Camponotus* sp.) and one Lepidoptera (Lepidoptera sp. 1). The Algerian Nuthatch search the most available prey taxa both in time and space, where the capture time or the energy value of these prey may be more profitable (Vignes 2011). The most searched prey sizes by the species were between 8.5 and 19.5 mm. The importance of these prey sizes in the diet of the species nestlings could be explained by the fact that the three potential prey taxa namely, *Forficula auricularia* (15 mm), *Anthaxia* sp. (15 mm) and *Oxythyrea funesta* (10 mm) were more caught by parents. It seems that Algerian Nuthatch takes the available prey in quantity near the nests to avoid the energy expenditure of foraging long distance (Rouag-Ziane and Chabi 2008). Indeed, a clear correlation (Spearman test) was found between the prey taxa size and their energy inputs ($R_s = 1$, $n = 11$, $p < 0.001$).

We noted a calculated value of the niche breadth width close to zero (0.017) which reflects the specialization tendency of the species for some preys during the nestlings feeding activity. Among the potential prey taxa, we have recorded the overwhelming preponderance of *Forficula auricularia*, which was characterised by a high energy value and could be very accessible prey to the Algerian Nuthatch. Indeed, in this chicks development phase, the Algerian Nuthatch parents prefer *Forficula*

auricularia as the main food resource, which would seem to attribute to the greater abundance of these prey and that they might be easier to catch than other prey (Rouag-Ziane and Chabi 2008; Pagani-Núñez et al. 2014) and lepidopteran caterpillars were less available later in the late spring. At the end of the breeding season, the caterpillars become less frequent in the faecal samples analysed, because of massive emergence of other prey types (beetles, Dermaptera) which gain other surrounding micro-habitats, such as dead parts of trees (branches, trunks).

To raise its nestlings, the Algerian Nuthatch foraging strategy seems to be based on capturing the most abundant and available prey in the surrounding of the nests, such as Dermaptera, beetles, ants, caterpillars and spiders. In our study, we showed that, when rearing chicks, the Algerian Nuthatch is a specialist in Earwig *Forficula auricularia* and, nevertheless, tends to develop an alternative feeding strategy by capturing certain beetles, ants and caterpillars of Lepidoptera. It is interesting and necessary to extend this study over its entire distribution area and over an annual cycle, to try to determine the seasonal variations in the species diet. A study on the species prey availability would be interesting to undertake.

Acknowledgements — We thank the Direction Générale de la Recherche Scientifique et du Développement Technologique (DGRSDT), which supports our research laboratory.

ORCID

Mourad Zemouri:

<http://orcid.org/0000-0002-1371-9634>

References

- Albouy V, Caussanel C. 1990. Dermaptères ou Perce-oreilles. Paris: Fédération française des sociétés de sciences naturelles. [in French].
- Albouy V, Richard D. 2017. Guide des Coléoptères d'Europe. Paris: Deachaux et Niestl. [in French].

- Anderson SH. 1976. Comparative food habits of Oregon. Northwest Science 50: 213–221.
- Belkacem R, Bougaham AF, Gagaoua M, Moulai R. 2019. Food profile of Grey Wagtail *Motacilla cinerea* during an annual cycle in the Algerian Babors Mountains of North Africa. Ostrich 90: 45–52.
<https://doi.org/10.2989/00306525.2018.1543214>.
- Bell GP. 1990. Birds and mammals on an insect diet: a primer on diet composition analysis in relation to ecological energetics. Studies in Avian Biology 13: 416–422.
- Bellatrèche M, Boubaker Z. 1995. Premières données sur le comportement alimentaire de la Sittelle Kabyle (*Sitta ledanti*) en période de reproduction. Annales Agronomiques 16: 35–48. [in French].
- Bellatrèche M. 1991. Deux nouvelles localisations de la Sittelle Kabyle *Sitta ledanti* en Algérie. L'Oiseau et la Revue Française d'Ornithologie 61: 269–272.
- Benmecheri S. 1994. Etude bioécologique des insectes phyllophages et des mangeurs de glands de trois chênaies: Suberaies-Afareçaises et Zeenaie de la forêt de Tamentout. MSc thesis. Université Badji Mokhtar, Annaba, Algeria. [in French].
- Berg J. 1979. Discussion of methods of investigating the food of fishes, with reference to a preliminary study of the prey of *Gobiusculus flavescens* (Gobiidae). Marine Biology 50: 263–273. <https://doi.org/10.1007/BF00394208>.
- Boudeffa K. 2015. Ecologie d'une population de gobe-mouches de l'atlas *Ficedula speculigera* dans la région d'el Kala: reproduction, régime alimentaire et parasitose. PhD thesis. Université Badji Mokhtar, Annaba, Algeria. [in French].
- Bougaham AF, Announ L, Aissat L, Zemouri M, Lillouch S, Mirouh A, Soukkou W, Bouchareb A. 2018. Distribution et grandeur de la population de la Sittelle Kabyle *Sitta ledanti* dans la forêt de Djimla (Nord-Est algérien). Alauda 86: 1–6. [in French].

- Bougaham AF, Benazouz A, Bouchareb A. 2017. Reproduction et soins parentaux chez la Sittelle Kabyle *Sitta ledanti* en forêt de Guerrouche (Jijel, Algérie). *Alauda* 85:29-34. [in French].
- Bougaham AF, Hamitouche S, Bouchareb A. 2020. Trois nouvelles localisations de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* en Algérie. *Alauda* 2: 147–148. [in French].
- Burnier E. 1976. Une nouvelle espèce de l'avifaune paléarctique: la Sittelle Kabyle, *Sitta ledanti*. *Nos Oiseaux* 33: 337–340. [in French].
- Calver MC, Wooller RD. 1982. A technique for assessing the taxa, length, dry weight and energy content of the arthropod prey of birds. *Wildlife Research* 9: 293–301. <https://doi.org/10.1071/WR9820293>.
- Ceia RS, Machado RA, Ramos JA. 2016. Nestling food of three hole-nesting passerine species and experimental increase in their densities in Mediterranean oak woodlands. *European Journal of Forest Research* 135: 839-847. <https://doi.org/10.1007/s10342-016-0977-4>.
- Charrier S. 2002. Clé de détermination des Coléoptères Lucanides et Scarabéides de Vendée et de l'Ouest de la France. *Le Naturaliste Vendéen* 2: 61–93.
- Chaumont et Paquin C. 1971. 'Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord, échelle 1/500000' (4 feuilles et notice). Société de l'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord, Alger. [in French].
- Chinery M. 2005. *Insectes de France et d'Europe Occidentale*. Paris: Flammarion. [in French].
- Cooper RJ, Martinat PJ, Whitmore RC. 1990. Dietary similarity among insectivorous birds: influence of taxonomic versus ecological categorization of prey. *Studies in Avian Biology* 13: 104–109.
- Costello MJ. 1990. Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. *Journal of Fish Biology* 36: 261–263. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1990.tb05601.x>.

- Dajoz R. 1971. Précis d'écologie (2^{ème} édition). Paris: Dunod. [in French].
- Djenidi R, Bouslama Z. 2014. Reproductive phenology and nestling diet of African Blue Tit *Cyanistes teneriffae*. Revue d'écologie. La Terre et la Vie 69: 72–80.
- Everitt BS, Skrondal A. 2010. The Cambridge dictionary of Statistics (4th edn.). Cambridge: Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511779633>.
- Géroudet P. 1976. A propos de la Sittelle kabyle. Nos Oiseaux 33: 340–342. [in French].
- Haddad K, Afoutni L. 2019. La Sittelle kabyle *Sitta ledanti*: nouvelle localité, répartition et habitat. Ornithos 26: 83–94. [in French].
- Hamitouche S, Bouchareb A, Bougaham A.F. 2020. Status and distribution of the Algerian Nuthatch's population (*Sitta ledanti* Vieilliard, 1976) in the Tamentout forest (north-eastern Algeria). Avian Biology Research 13: 81–86.
- IUCN. 2012. IUCN redlist. <http://www.iucnredlist.org>. [Accessed 15 March 2016].
- Jordan MJR. 2005. Dietary analysis for mammals and birds: a review of field techniques and animal-management applications. International Zoo Yearbook 39: 108–116. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.2005.tb00010.x>.
- Kocarek P. 1998. Life cycles and habitat associations of three earwig (Dermaptera) species in lowland forest and its surroundings. Biologia-Bratislava 53: 205–211.
- Kraus D, Krumm F. 2013. Les approches intégratives en tant qu'opportunités de conservation de la biodiversité forestière. In Focus - Managing Forest in Europe. Joensuu: European Forest Institute (Institut européen des forêts). [in French].
- Krištín A. 1992a. Die nestlings nahrung des Kleibers (*Sitta europaea* L.) in Buchenwäldern. Acta Ornithoecologica 2: 341–349. [in German with English abstract].

- Kristin A. 1994. Food variability of Nuthatch nestlings (*Sitta europaea*) in mixed beech forests: where are limits of its polyphagy? *Biologia-Bratislava* 49: 773–779.
- Ledant JP. 1977. La Sittelle Kabyle (*Sitta ledanti* Vielliard), espèce endémique montagnarde récemment découverte. *Aves* 14: 83–85. [in French].
- Ledant JP. 1978. Données comparées sur la Sittelle corse (*Sitta whiteheadi*) et sur la Sittelle Kabyle (*Sitta ledanti*). *Aves* 15: 154–157. [in French].
- Ledant JP. Jacobs P. 1977. La Sittelle Kabyle (*Sitta ledanti*): données nouvelles sur sa biologie. *Aves* 14: 233–242. [in French].
- Maran T, Kruuk H, Macdonald DW, Polma M. 1998. Diet of two species of mink in Estonia: displacement of *Mustela lutreola* by *M. vison*. *Journal of Zoology* 245: 218–222. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1998.tb00093.x>.
- Moulai R, Mayache MEA. 2018. Un nouveau site de reproduction pour la Sittelle Kabyle *Sitta ledanti*. *Alauda* 86: 73–74. [in French].
- Nascimento T, Oliveira N, Fagundes AI, Baena CT, Luís A. 2019. Diet selection of introduced black rats *Rattus rattus* L. in relation to plant availability on Berlenga Island, Portugal. *Ecologia Mediterranea* 45: 15–29. <https://doi.org/10.3406/ecmed.2019.2072>.
- Pagani-Núñez E, Hernández-Gómez S, Riyahi S, Senar JC. 2014. Year-round preference for spiders by Mediterranean Great Tits *Parus major*. *Ardeola* 61: 257–267. <https://doi.org/10.13157/arla.61.2.2014.257>.
- Pravosudov VV, Pravosudova EV, Zimireva EY. 1996. The diet of nestling Eurasian Nuthatches. *Journal of Field Ornithology* 67: 114–118. www.jstor.org/stable/4514089.
- Ralph CP, Nagata SE, Ralph CJ. 1985. Analysis of droppings to describe diets of small birds. *Journal of Field Ornithology* 56: 165–174.
- Ramade F. 2003. Élément d'écologie. *Ecologie fondamentale* (3ème édition). Paris: Dunod. [in French].

- Ricklefs RE. 1974. Ecological aspects of avian energetics. In: Raymond A, Paynter JR, Paynter RA (Eds), Avian Energetics. Cambridge: Nuttall Ornithological Club. pp 152–292
- Rosenberg KV, Cooper RJ. 1990. Approaches to avian diet analysis. Studies in Avian Biology 13: 80–90.
- Rouag-Ziane N, Chabi Y. 2008. Écologie de la reproduction de la Mésange Bleue (*Cyanistes caeruleus ultramarinus*) dans un habitat caducifolié: Caractérisation du régime alimentaire et inventaire des ectoparasites. Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie 17: 14–24. [in French].
- Rundle WD. 1982. A case for esophageal analysis in shorebird food studies. Journal Field Ornithology 53: 249-257.
- Schuldt A, Fahrenholz N, Brauns M, Migge-Kleian S, Platner C, Schaefer M. 2008. Communities of ground-living spiders in deciduous forests: does tree species diversity matter? Biodiversity and Conservation 17: 1267–1284. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9330-7>.
- Sturges HA. 1926. The choice of a class interval. Journal of the American Statistical Association 21: 65–66. <https://doi.org/10.1080/01621459.1926.10502161>.
- Suckling DM, Burnip GM, Hackett J, Daly JC. 2006. Frass sampling and baiting indicate European Earwig (*Forficula auricularia*) foraging in orchards. Journal of Applied Entomology 130: 263–267. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2006.01064.x>.
- Tatner P. 1983. The diet of urban Magpies *Pica pica*. Ibis 125: 90–107. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1983.tb03086.x>.
- Thibault JC, Prodon R, Villard P, Seguin JF. 2006. Habitat requirements and foraging behaviour of the Corsican Nuthatch *Sitta whiteheadi*. Journal of Avian Biology 37: 477–486. <https://doi.org/10.1111/j.0908-8857.2006.03645.x>
- Vielliard J. 1976. La Sittelle Kabyle. Alauda 44: 351–352. [in French].

- Vielliard J. 1978. Le Djebel Babor and his Nuthatch, *Sitta ledanti* Vielliard 1976. *Alauda* 46: 1–42. [in French].
- Vignes JC. 2011. Succès de la reproduction et rythmes de nourrissage de la Bergeronnette des ruisseaux (*Motacilla cinerea*) en nichoir artificiel.
<https://cdnfiles1.biolovision.net/www.faune-aquitaine.org/userfiles/FAPublications/0019FA2011.pdf>. [Accessed 20 June 2016].
- Villard P, Bichelberger S, Seguin JF, Thibault JC. 2003. Foraging behavior of the Corsican Nuthatch (*Sitta whiteheadi*) in the Corsican pine (*Pinus nigra laricio*). *Vie et milieu - Life and environment* 53: 27–32.
- Wesołowski T, Rowiński P, Neubauer G. 2019. Food of Nuthatch *Sitta europaea* young in a primeval forest: effects of varying food supply and age of nestlings. *Acta Ornithologica* 54: 85–104.
<https://doi.org/10.3161/00016454AO2019.54.1.008>.
- Wolf LL, Hainsworth F R. 1978. Energy: expenditures and intakes. In: Florkin M, Brush AH (Eds), *Chemical Zoology*. New York: Academic Press. pp 307–358.
- Zerroug K. 2012. Elaboration d'un système d'information géographique (fore) dans la Wilaya de Sétif. MSc thesis. Université Ferhat Abbas, Sétif, Algeria. [in French].

**Chapitre 3 : Distribution et
dynamique des populations de
la Sittelle kabyle**

Abrégé article 2

Abrégé de l'article 2

Découverte dans le Djebel Tababort (nord-est de l'Algérie) d'un nouveau site de reproduction de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti*

La Sittelle kabyle *Sitta ledanti*, espèce "En danger" au niveau mondial (Burfield 2017) figurant sur la liste des espèces protégées par la législation algérienne (JORA 2012). Elle a été signalée dans des habitats avec des peuplements forestiers mixés de plusieurs essences comme la chênaie mixte de Chêne zéen (*Quercus canariensis*) et du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*), et la chênaie-sapinière caractérisée par la présence du Sapin de Numidie (*Abies numidica*) (Ledant *et al.*, 1985). Sa présence est aussi notée dans des habitats dépourvus de résineux comme les forêts de Chêne zéen, de Chêne afarès (*Quercus afares*) ou de Chênes-liège (*Quercus suber*) (Chalabi 1989 ; Bellatrèche 1990 ; Bougaham *et al.*, 2018 ; Hamitouche *et al.*, 2020). Le présent article analyse la découverte de la Sittelle kabyle au Djebel Tababort, situé comme les sites déjà connus dans la région biogéographique de la Kabylie des Babors. Le Djebel Tababort est une montagne de la chaîne des Babors culminant à 1969 mètres d'altitude en Petite Kabylie à 4 km au nord du Djebel Babor. Selon Quézel et Santa (1962 : 12, carte 2), biogéographiquement, ce site nouvellement découvert se localise dans le sous-secteur de Petite Kabylie (sous-secteur K2) du secteur Kabyle et Numidien (secteur K). Lors d'une sortie effectuée le 13 avril 2020, nous constatons que la Sittelle kabyle est présente et niche au Djebel Tababort. Des travaux de construction d'un nid sont entrepris par une femelle qui se trouve dans un trou creusé sur un arbre mort de Cèdre de l'Atlas (36°32'41,2"N; 005°26'41,8"E; 1456m). Le site de la découverte est situé sur le versant Nord caractérisé par une formation végétale mixte de Cèdre de l'Atlas et de Chêne zéen. Une autre sortie nous a permis d'observer un autre couple nichant dans une cédraie parsemée de quelques arbres de Chêne zéen et de Chêne afarès. Le premier nid découvert avait fait l'objet d'un suivi. Nous avons suivi l'activité des allers et retours au nid de la femelle. Le temps consacré à la recherche alimentaire varie entre trois et 25 minutes. La recherche des proies se faisait dans les environs immédiats du nid. Tout en gardant

l'activité de couvaison pour réchauffer les jeunes oisillons d'une durée qui oscillait entre six et 35 minutes. Durant cette période, il semblerait que le mâle ne participe pas au nourrissage des jeunes oisillons. Ce n'est pas le cas chez la Sittelle kabyle de la forêt de Guerrouch, où le mâle s'investit plus que la femelle dans le nourrissage des oisillons du nid (Bougaham *et al.*, 2017). Le Djebel de Tababort avait déjà fait l'objet de prospections infructueuses par d'autres scientifiques (Ledant et Jacobs 1977; Bellatrèche 1994), mais nous ne savons pas si la forêt de Tababort a été explorée partiellement ou totalement en incluant les parties les plus abruptes et les plus isolées de cette montagne. Nous avons réalisé un recensement via 32 points d'écoute. La Sittelle n'a été présente que sur 2 points. Elle n'a pas été observée dans les cédraies et sapinières d'*Abies numidica* sur buxaie. Via ce papier, (1) nous signalons un autre site de présence de la Sittelle kabyle dans la forêt de Coudia, un canton caractérisé par une subéraie pure sise à la limite sud-est du domaine forestier de Beni Khettab. Il a été observé au moins deux individus de l'espèce qui ont été notés lors d'une sortie effectuée par les deux auteurs (Bougaham A.F. et Bouchareb A.) le 16 novembre 2019. La présence de la Sittelle kabyle dans un site et son absence dans un autre site similaire est vraisemblablement liée à la disponibilité des proies (Ledant et Jacobs 1977 ; Bougaham *et al.*, 2018) et à l'abondance ou à la dominance d'un type d'essence végétale. L'altitude influence la diversité et la composition des peuplements végétaux, et elle intervient aussi dans le chargement de l'air en humidité, un facteur nécessaire pour le pourrissement du bois mort (Ledant *et al.*, 1985 ; Hamitouche *et al.*, 2020). (2) Nous avons dressé la liste des oiseaux nicheurs observés au Djebel Tababort. Ils étaient au nombre de 66 espèces. Parmi elles, 32 espèces (48,48%) d'intérêt patrimonial. Les espèces protégées par la législation algérienne (JORA 2012) sont au nombre de 27 (40,90%), huit espèces (12,12%) endémiques au sens large (échelle d'Afrique du Nord, du Maghreb et de l'un des pays du Maghreb) dont deux seulement ont un statut de conservation "En danger", *Neophronper cnopterus* et *Sitta ledanti*.

Article 2

Découverte dans le Djebel Tababort (nord-est de l'Algérie) d'un nouveau site de reproduction de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti*.

Abdelazize Franck BOUGAHAM^{1*}, Mourad ZEMOURI¹, Souad HAMITOUCHE¹,
Abdelouhab BOUCHAREB²

Manuscrit reçu le 8 décembre 2020 et accepté le 1^{er} juin 2021

¹Laboratoire de recherche en Écologie et Environnement, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Bejaia, 06000 Bejaia, Algérie.

²Parc national de Taza, Jijel, Algérie.

Résumé

La Sittelle kabyle *Sitta ledanti* est une espèce d'oiseau endémique d'Algérie classée par l'IUCN comme espèce en danger. Ses populations ne cessent de décroître. Elle est connue de quelques forêts sempervirentes et caducifoliées de la Kabylie des Babors (nord-est de l'Algérie). Elle a été découverte le 13 avril 2020 au Djebel Tababort, dans une forêt mélangée de cèdres et de Chênes zéens. Ce site est à ce jour la seule signalisation connue dans la Wilaya de Bejaia. Cette découverte renforce l'intérêt biologique de la Kabylie des Babors en général et du tout nouveau Parc national de Babor-Tababort en particulier.

Mots clés : *Sitta ledanti*, espèce endémique, nouveau site, Djebel Tababort, Bejaia.

Abstract

The Algerian Nuthatch *Sitta ledanti* is a bird species endemic of Algeria classified by the IUCN as Endangered. Its populations are decreasing. It is distributed in both evergreen and deciduous forests of Babors Kabylia (north-eastern Algeria). It was discovered on April 13, 2020, in a mixed forest of cedars and Algerian Oaks of Djebel Tababort. Till now, this site is the only known mention in the Wilaya of Bejaia. This discovery reinforces the biological interest of Babors Kabylia in general and the new Babor-Tababort National Park in particular.

Keywords: *Sitta ledanti*, endemic species, new site, Djebel Tababort, Bejaia.

1. Introduction

La Sittelle kabyle, espèce "En danger" au niveau mondial (Burfield, 2017) figurant sur la liste des espèces protégées par la législation algérienne (JORA, 2012) suscite un nombre croissant de travaux scientifiques (Bougaham et al., 2017 ; Moulai et al., 2017 ; Bougaham et al., 2018 ; Hamitouche et al., 2020). De nouveaux sites de reproduction sont encore trouvés ; elle a été découverte dans la forêt de Larbaâ (Moulai & Mayache, 2018), dans la forêt d'El Djarda (Haddad & Afoutni, 2019) et dans les forêts de Tloudène, de Tazegzeout et de Sendouh (Bougaham et al., 2020). D'autres forêts potentiellement favorables à sa nidification existent surtout dans les hautes montagnes de la Kabylie des Babors.

La distribution et l'abondance de l'espèce pourrait être limitée par la disponibilité de forêts anciennes que par des exigences spécifiques liés à sa niche écologique (Harrap, 2002). Les habitats que cette espèce occupe sont souvent des peuplements mélangés de plusieurs essences comme la chênaie formée par le Chêne zéen (*Quercus canariensis*) mélangé au Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*), et la chênaie-sapinière caractérisée par la présence du Sapin de Numidie (*Abies numidica*) (Ledant et al., 1985). Sa présence est aussi notée dans des habitats dépourvus de résineux comme les forêts de Chênes zéen, de Chêne afarès (*Quercus afares*) ou de Chênes-liège (*Quercus suber*) (Chalabi, 1989 ; Bellatrèche, 1990 ; Bougaham et al., 2018 ; Hamitouche et al., 2020).

Le présent article analyse la découverte de la Sittelle kabyle au Djebel Tababort, situé comme les sites déjà connus dans la région biogéographique de la Kabylie des Babors.

2. Massif de la découverte

La chaîne des Babors se compose de nombreux djébels, disposés en chaînons, sensiblement parallèles, orientés nord-est et sud-ouest (Duplan, 1952). Le Djebel Tababort est une montagne de la chaîne des Babors culminant à 1.969 mètres d'altitude en Petite Kabylie, à l'extrémité sud-est de la Wilaya de Bejaia. Il est situé à 4 km au nord du Djebel Babor (figure 1).

Le Djebel Tababart s'étend sur environ 3 km de long et situé à cheval entre la Wilaya de Bejaia et la Wilaya de Sétif. La structure géologique de cette montagne est formée par une lame de calcaire liasique sub-verticale (Duplan, 1952).

Le mois le plus froid est janvier, avec une moyenne minimale de 1°C. La température moyenne annuelle enregistrée est de 7,1°C. Les précipitations moyennes annuelles atteignent les 1554,8 mm au sommet de ce massif forestier (Bougaham, 2014). La durée de l'enneigement commence dans les derniers jours du mois de novembre jusqu'aux premiers jours du mois de mai. Le climat local présente une période sèche d'un mois et demi, de mi-juin à mi-août, et une période humide de 10 mois et demi, de mi-août à mi-juin (Bougaham, 2014).

La végétation est caractérisée par une formation forestière d'altitudes. La strate arborée est représentée essentiellement par *Cedrus atlantica*, *Abies numidica*, *Quercus canariensis*, *Quercus afares*, *Acer obtusatum* et *Quercus ilex*. La strate arbustive, lorsqu'elle est présente, est constituée par *Viburnum lantana*, *Evonymus latifolius*, *Rosa canina*, *Cytisus villosus* et *Buxus sempervirens* qui domine parfois cette strate. Les espèces végétales herbacées sont principalement représentés par: *Paeonica atlantica*, *Cyclamen africanum*, *Anagallis monelli*, *Viola mumbyana*, *Asphodelina lutea*, *Ampelodesmos mauritanica*, *Asphodelus microcarpus*, *Erinacea anthyllis*, *Phlomis bovei* et *Epimedium perralderianum*.

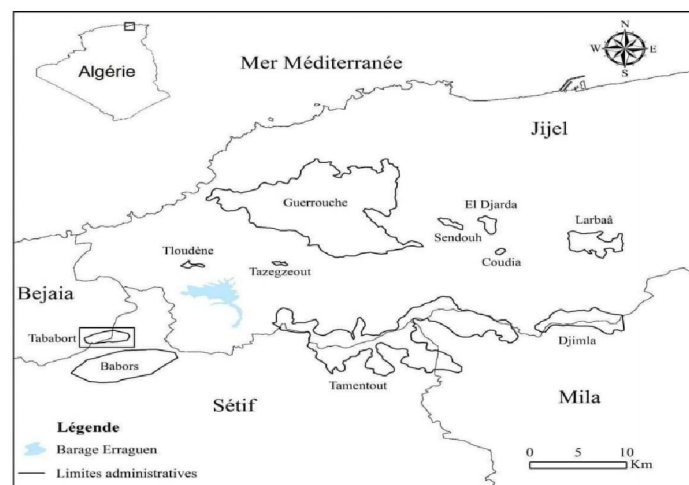


Figure 1 : Aire de distribution de la Sittelle kabyle et situation géographique de la forêt du Djebel Tababart.

3. Résultats et discussion

3.1 Contexte de la découverte

Lors d'une sortie effectuée le 13 avril 2020, nous constatons que la Sittelle kabyle est présente et niche au Djebel Tababort. En effet à 17h10', une femelle de *Sitta ledanti*, transportant au bec des matériaux pour construction du nid, entre dans un trou creusé sur un arbre mort de Cèdre de l'Atlas (36°32'41,2''N; 005°26'41,8''E; 1456m.). Le 20 mai 2020, le nid de Sittelle kabyle a fait l'objet d'un suivi particulier. Durant trois heures (11h : 03' à 14h : 04'), nous avons pu observer l'activité d'allers et retours au nid d'une femelle. Le temps consacré à la recherche alimentaire varie entre trois et 25 minutes, avec une moyenne de 10,5 ($\pm 7,57$, $n = 8$) minutes. Entre-temps, la femelle reprend son activité de couvaison pour réchauffer les jeunes oisillons âgés d'environ quatre jours. La durée de couvaison oscille entre six et 35 minutes, avec une moyenne de 19,4 ($\pm 10,33$, $n = 5$) minutes. Toutefois, la femelle ne couvait pas ses jeunes oisillons ($n = 3$) ; elle repart directement à la recherche des proies dans les environs immédiats du nid. Durant cette période, il semblerait que le mâle ne participe pas au nourrissage des jeunes oisillons : il était absent durant les trois heures d'observation. Ce n'est pas le cas chez la Sittelle kabyle dans la forêt de Guerrouche, où le mâle s'investit plus que la femelle dans le nourrissage des oisillons au nid (Bougaham et al., 2017).

Le site est représenté par une zone exposée au nord et situé dans une formation mélangée de Cèdre de l'Atlas et de Chêne zéen. Une deuxième sortie, menée le 17 avril 2020, nous a permis de détecter un autre couple dans une cédraie (36°32'40,8''N; 005°26'54,6''E ; 1455m.) infiltrée par de grands Chênes zéens et afarès. L'espèce n'avait pas été trouvée sur le Tababort lors de prospections précédentes (Ledant & Jacobs, 1977; Bellatrèche, 1994) mais il n'est pas possible de savoir si ces explorations avaient inclus l'ensemble de la forêt de Tababort, réfugiée dans les parties les plus abruptes et les plus isolées de cette montagne (figure 2). Sur l'ensemble des 32 points d'écoute que nous avons réalisé, la sittelle n'a été trouvée qu'aux 2 points situés dans les formations mélangées de Cèdre et de Chênes zéen et afarès. Elle n'a pas été observée dans les autres types d'habitat, notamment dans les cédraies et sapinières

d'*Abies numidica* sur buxaie, où 22 points d'écoute ont été effectués. Le Tableau 1 présente une liste des oiseaux observés à Tababort.



Figure 2 : Le massif forestier de Tababort, versant nord (Cliché : Bougaham A.F., 23/04/2020).

Dans son aire de distribution, cette espèce se trouve dans des peuplements composés de multiples essences végétales (caducifoliées ou sempervirentes). Dans la forêt de Tamentout, elle est contactée pour la plupart des cas dans les essences à Chêne zéen, entre 1130 à 1413 mètres (Hamitouche et al., 2020). Ce résultat est à comparer à celui trouvé dans la forêt de Guerrouche (Bellatrèche, 1994) et dans la forêt de Djimla (Bougaham et al., 2018), où les habitats à Chêne zéen, situés entre 600 et 1121 mètres et entre 1101 et 1217 mètres respectivement, sont les plus recherchés par la Sittelle kabyle. Sur le Mont Babor qui culmine à 2004 mètres, les habitats à Chêne zéen, Cèdre de l'Atlas, Sapin de Numidie (Ledant et al., 1985) et les hautes altitudes (au-delà de 1900 mètres) sont les plus visités par la Sittelle kabyle (Ledant, 1977). Récemment, elle a été cependant observée dans un autre type d'habitat, dans les subéraies pures (*Quercus suber*) d'El Djarda (Haddad & Afoutni, 2019) et de Sendouh (Bougaham et al., 2020). Haddad et Afoutni (2019) n'ont pas signalé la présence de la Sittelle kabyle dans le canton forestier de Coudia (Fig. 1), alors qu'au moins deux individus de l'espèce ont été notés lors d'une sortie effectuée par les deux auteurs (Bougaham A.F. et Bouchareb A.) le 16 novembre 2019. Ce dernier canton est caractérisé par une subéraie pure située à la limite sud-est du domaine forestier

toujours de Beni Khettab. La préférence de la Sittelle kabyle pour un type d'habitat est vraisemblablement liée à la disponibilité des proies (Ledant & Jacobs, 1977 ; Bougaham et al., 2018) et à l'abondance ou à la dominance d'un type d'essence végétale dans chaque forêt. L'altitude influence la diversité et la composition des peuplements végétaux, et elle intervient dans l'accroissement de l'humidité de l'air, nécessaire au pourrissement du bois mort (Ledant et al., 1985 ; Hamitouche et al., 2020).

Bio-géographiquement, ce site nouvellement découvert se situe, comme tous les sites précédemment connus, dans le sous-secteur de Petite Kabylie (sous-secteur K2) du secteur Kabyle et Numidien (secteur K) du système de divisions adopté par Quézel et Santa (1962 : 12, carte 2) pour l'Algérie. Il est dans la région la plus pluvieuse, la plus littorale et la plus montagneuse de l'ensemble géomorphologique du Tell algéro-constantinois (Quézel & Santa, 1962). L'espèce (figure 3) habite donc les forêts les plus mésophiles du pays. Le massif du Tababort est très voisin du Mont Babor, à la fois géographiquement (situé à 4 km au Nord), et par les paramètres écologiques et phytogéographiques (Ledant & Jacobs, 1977). Cependant, il n'existe aucune connexion (corridor) entre les deux massifs forestiers (figure 4).



Figure 3 : La Sittelle kabyle au Djebel Babor (Cliché : Zemouri M., 08/06/2020).

Les oiseaux nicheurs observés au Djebel Tababort sont au nombre de 66 espèces (tableau 1). Nous avons compté 32 espèces d'intérêt patrimonial (48,48%). Le nombre d'espèces protégées par la législation algérienne (JORA, 2012) est de 27 espèces

(40,90%) et celui des espèces endémiques (échelle d'Afrique du Nord, du Maghreb et de l'un des pays du Maghreb) est de huit espèces (12,12%). Seulement deux espèces ont un statut de conservation "En danger", *Neophron percnopterus* et *Sitta ledanti*.

Tableau 1 : Liste des espèces d'oiseaux nicheurs inventoriés dans la montagne de Tababort.

Noms scientifiques		
<i>Alectoris barbara</i>	<i>Sylvia cantillans</i>	<i>Sylvia communis</i>
<i>Coturnix*coturnix</i>	<i>Sylvia undata</i>	<i>Sylvia melanocephala</i>
<i>Accipiter nisus</i>	<i>Sylvia atricapilla</i>	<i>Sylvia conspicillata</i>
<i>Columba oenas</i>	<i>Phylloscopus bonelli</i>	<i>Phoenicurus phoenicurus</i>
<i>Columba palumbus</i>	<i>Phylloscopus ibericus</i>	<i>Coccothraustes coccothraustes</i>
<i>Cuculus canorus</i>	<i>Regulus ignicapilla</i>	<i>Corvus corax</i>
<i>Upupa epops</i>	<i>Troglodytes troglodytes</i>	<i>Emberiza calandra</i>
<i>Picus vaillantii</i>	<i>Muscicapa striata</i>	<i>Emberiza cia</i>
<i>Dendrocopos major</i>	<i>Ficedula speculigera</i>	<i>Serinus serinus</i>
<i>Dendrocopos minor</i>	<i>Parus major</i>	<i>Falco peregrinus</i>
<i>Jynx torquilla</i>	<i>Periparus ater</i>	<i>Loxia curvirostra</i>
<i>Galerida theklae</i>	<i>Cyanistes teneriffae</i>	<i>Oenanthe hispanica</i>
<i>Anthus campestris</i>	<i>Certhia brachydactyla</i>	<i>Gyps fulvus</i>
<i>Apus apus</i>	<i>Lanius senator</i>	<i>Aquila chrysaetos</i>
<i>Erithacus rubecula</i>	<i>Monticola saxatilis</i>	<i>Buteo rufinus</i>
<i>Luscinia megarhynchos</i>	<i>Garrulus glandarius</i>	<i>Falco tinnunculus</i>
<i>Ptyonoprogne rupestris</i>	<i>Oriolus oriolus</i>	<i>Monticola solitarius</i>
<i>Phoenicurus moussieri</i>	<i>Passer hispaniolensis</i>	<i>Pyrrhocorax pyrrhocorax</i>
<i>Saxicola torquatus</i>	<i>Fringilla coelebs</i>	<i>Neophron percnopterus</i>
<i>Turdus viscivorus</i>	<i>Carduelis cannabina</i>	<i>Hieraaetus pennatus</i>
<i>Turdus merula</i>	<i>Carduelis chloris</i>	<i>Circaetus gallicus</i>
<i>Sitta ledanti</i>	<i>Strix aluco</i>	<i>Athene noctua</i>

3.2 Menaces et problématique de conservation

Ailleurs dans son aire de distribution, les populations de l'espèce sont petites, très fragmentées et isolées. À Djimla, la population n'est que d'environ 60 individus (Bougaham et al., 2018); à Tamentout, la population est estimée à 187 individus distribués dans les parties non dégradées de la forêt. Dans la forêt de Babor, la taille de la population est estimée à 80 couples (Ledant et al., 1985). Récemment, des populations relictuelles de la Sittelle kabyle sont signalées dans des forêts de petite surface et très dégradées aux monts d'El Djarda (Haddad & Afoutni, 2019), de Tloundène, de Tazegzeout et de Sendouh (Bougaham et al., 2020). L'aire occupée par l'espèce ne bénéficie pas d'un statut de protection particulier, excepté la population de Guerrouche où un Parc national de Taza a été créé en 1984. L'aire de distribution de l'espèce est fragmentée par conséquent en parcelles forestières isolées. De plus, l'habitat de l'espèce est menacé par les incendies répétés, les coupes illicites d'arbres,

le surpâturage, la gestion inappropriée des forêts et la déforestation. En outre, des feux répétés et des coupes illicites perdurent, ce qui peut entraîner encore accroître les menaces pesant sur les sites de reproduction et plus largement le domaine vital résiduel occupé par l'espèce.

On peut espérer que le classement récent du Tababort en Parc national Babor-Tababort (JORA, 2019) contribuera à la préservation de cet écosystème forestier assez dégradé, et que la difficulté d'accès le préservera des dérangements éventuels. Un plan de gestion d'un Parc national doit prévoir la bonne gestion des habitats des espèces légalement protégées entre autres, mais ce classement devrait permettre d'y assurer une protection particulière à la Sittelle kabyle de Tababort. Il conviendra d'analyser l'exploitation actuelle de ce massif forestier ainsi que les menaces éventuelles (incendies, réchauffement climatique) de cette population relictuelle, d'envisager la gestion future et les mesures de conservation. Un suivi de dynamique de la population de cette Sittelle sur plusieurs années sera très utile pour réévaluer son statut de conservation selon les catégories et critères de l'UICN.

Vu la dégradation prononcée de la forêt et l'effectif très réduit, la viabilité de la population de la Sittelle kabyle de Tababort reste précaire. L'amélioration de la qualité et la protection des habitats préférés est urgente, et on peut espérer que le classement du Tababort en Parc national contribuera à la sauvegarde de l'espèce.

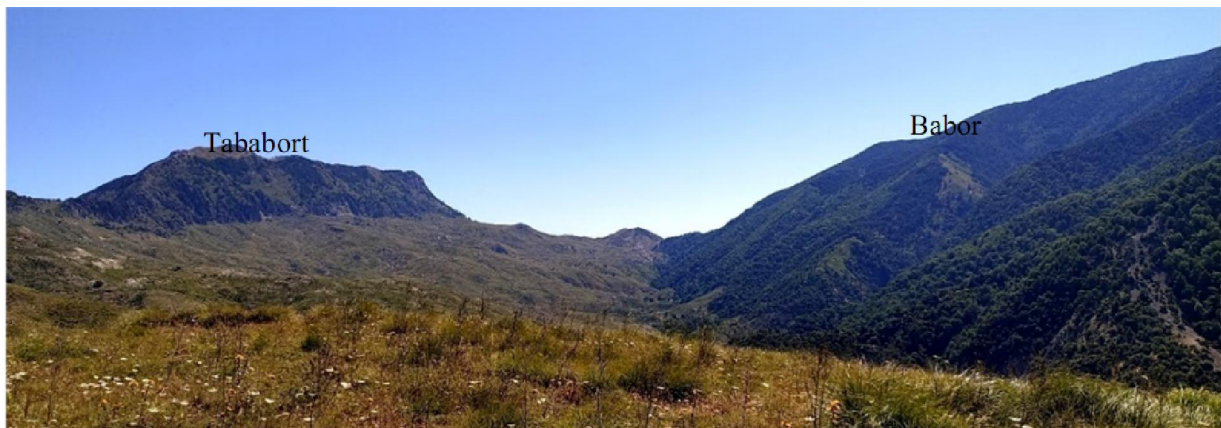


Figure 4 : La discontinuité entre Tababort et Babor (Cliché : Zemouri M., 15/06/2020).

4. Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier vivement M. Moali Aissa, pour ses conseils et orientations pertinents lors de la rédaction de ce manuscrit.

5. Références

Bellatrèche, M., 1990. Découverte d'un troisième biotope de la Sittelle kabyle (*Sitta ledanti* Vieilliard) en Algérie. Ann. Agron. (INA), 14: 13-20.

Bellatrèche, M. & Chalabi, B., 1990. Données nouvelles sur l'aire de distribution de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti*, Vieilliard. Alauda, 58: 95-97.

Bellatrèche, M., 1994. Écologie et biogéographie de l'avifaune forestière nicheuse de la Kabylie des Babors (Algérie). Thèse doctorat, Université de Bourgogne, 154 p.

Bougaham, A.F., 2014. Diagnostique écologique des oiseaux des Babors occidentales, Algérie. Thèse doctorat, Université A./MIRA de Bejaia, 169 p.

Bougaham, A.F., Benazouz, A., & Bouchareb, A., 2017. Reproduction et soins parentaux chez la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* en forêt de Guerrouche (Jijel, Algérie). Alauda 85 (4) : 269-274.

Bougaham, A.F., Announ, L., Aissat, L., Zemouri, M., Lillouch, S., Mirouh, A., Soukkou, & Bouchareb, A., 2018. Distribution et grandeur de la population de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* dans la forêt de Djimla (Nord-Est algérien). Alauda 87 (4) : 299-304.

Bougaham, A.F., Hamitouche, S. & Bouchareb, A., 2020. Trois nouvelles localisations de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* en Algérie. Alauda, 88 (2): 147-148.

Burfield, I.J., Butchart, S.H.M. & Collar, N.J., 2017. BirdLife, conservation and taxonomy. Bird Conservation International, 27: 1-5.

Chalabi, B., 1989. Du nouveau à propos de l'aire de distribution de la sittelle Kabyle (*Sitta ledanti*). Aves, 26 (34) : 233-234.

Duplan, L., 1952. La région de Bougie. Publi. du XIX Congr. Géol. Inter. Mono. Région. 1er série, Algérie 17 : 40.

Haddad, K. & Afoutni, L., 2019. La Sittelle Kabyle *Sitta ledanti*: nouvelle localité, répartition et habitat. Ornithos, 26: 83-94.

Hamitouche, S., Bouchareb, A., Bougaham, A.F., 2020. Status and distribution of the Algerian Nuthatch's population (*Sitta ledanti* Vieilliard, 1976) in the Tamentout forest (north-eastern Algeria). Avian biology research, 13 (4) : 81-86.

Harrap, S., 2002. Little known West Palearctic birds: Algerian Nuthatch. Birding World, 5: 154-156.

Moulai, R., Bouchareb, A., Gheribi, A., & Bougaham, A.F., 2017. Statut de la population et biologie de la reproduction de la sittelle Kabyle *Sitta ledanti* dans la forêt de Guerrouche (Algérie). Alauda, 85 (2) : 101-107.

Moulai, R. & Mayache, M.E., 2018. Un nouveau site de reproduction pour la Sittelle Kabyle *Sitta ledanti*. Alauda, 86: 73-74.

J.O.R.A. (Journal Officiel de la République Algérienne), 2012. Décret exécutif du 10 juin 2012, fixant la liste des espèces animales non domestiques protégées. Journal officiel de la République algérienne : 5-49.

J.O.R.A. (Journal Officiel de la République Algérienne), 2019. Décret du 29 avril 2019 relatif au classement du territoire de Babor-Tababort, wilayas de Sétif, Béjaia et Jijel, en parc national: Journal officiel de la République algérienne.

Quézel, P. & Santa, S., 1962. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales : 1, Paris, CNRS.

Ledant, J-P, 1977. La Sittelle kabyle (*Sitta ledanti* Vieillard), espèce endémique montagnarde récemment découverte. Aves, 14: 83-85.

Ledant, J.-P. & Jacobs, P., 1977. La Sittelle kabyle *Sitta ledanti*; données nouvelles sur sa biologie. Aves, 14: 233-242.

Ledant, J.-P., Jacobs, P., Ochando, B., & Renault, J., 1985. Dynamique de la forêt du Mont Babor et préférences écologiques de la Sittelle Kabyle *Sitta ledanti*. Biological Conservation, 32 : 231-254.

Abrégé article 3

Abrégé de l'article 3

Sittelle kabyle : un nouveau site de reproduction et distribution actualisée.

La sittelle kabyle *Sitta ledanti* est un passereau paléarctique cavicole dont la présence est limitée à une petite partie de l'Algérie. Cet oiseau est classé en danger par l'UICN (Burfeld *et al.*, 2017) et protégé par la loi algérienne depuis 1983 (JORA 2012). L'espèce est endémique de la région de la Kabylie des Babors, au Nord-Est de l'Algérie, et n'était auparavant connue que dans la forêt de sapin de numidie (*Abies numidica*) au sommet du Djebel Babor. Pendant longtemps, il a été considéré qu'il était associé à ce type de forêt. D'autres découvertes ultérieures, de nouveaux biotopes éloignés et isolés les uns des autres sans corridors écologiques entre eux (Harrap 2002) ont offert de nouvelles données sur son écologie et sa biogéographie (Bellatrèche 1994). Effectivement, elle a été découverte dans la forêt de Guerrouch à Jijel et dans la forêt de Tamentout et la forêt de Djimla, entre les communes de Sétif, Jijel et Mila (Ledant 1977 ; Chalabi 1989 ; Bellatrèche et Chalabi 1990). Depuis les explorations menées au milieu des années 1990 qui n'ont pas permis de trouver de nouveaux sites pour l'espèce, mais elles ont été freinées par des complications sécuritaires et politiques qui ont rendu certaines zones forestières inaccessibles aux chercheurs. Depuis 2017, l'espèce suscite un regain d'intérêt des ornithologues algériens (Bougaham *et al.*, 2017, 2018 ; Moulai *et al.*, 2017 ; Hamitouche *et al.*, 2020, 2021 ; Zemouri *et al.*, 2021), conduisant à de nouvelles découvertes. Cet oiseau a été observé dans la forêt de Larbaâ (Moulai et Mayache 2018), forêt d'El Djarda (Haddad et Afoutni 2019), Forêts de Tloundène, Tazegzeout et Sendouh (Bougaham *et al.*, 2020), forêt de Bouhanch (Mayache *et al.*, 2021) et en forêt de Tababort-Bejaia (Bougaham *et al.*, 2021). Il est fort possible que la Sittelle kabyle existe également dans d'autres forêts potentiellement propices à la nidification, notamment dans les autres hautes montagnes de la Kabylie des Babors. La forêt d'El Arem est située à l'extrême Sud-Est de la Wilaya de Jijel, à proximité de la ville de Djimla (36°35'57,3"N, 5°55'28,6"E, 1478 m d'altitude). Elle est située à 5 km au nord-est de la forêt de Djimla (Bouafroune) et 6 km au sud-est de la forêt de Larbaâ. La forêt d'El Arem est une forêt

fragmentée qui s'étend sur les thalwegs dans des altitudes les plus basses des vallées, où l'humidité du sol permet aux espèces d'arbres à feuilles caduques de pousser. Il forme des parcelles forestières reliques probablement réduite par l'exploitation forestière, le pâturage intensif du bétail et feux de forêts. La touffe de végétation qui reste toujours intacte est constituée essentiellement par *Quercus afares* ; *Q canariensis* et *Acer obtusatum*. Le 17 novembre 2021, une équipe algérienne de photographes animaliers dans la forêt d'El Arem dirigée par Walid Soukkou, un habitant de la commune de Djimla, a découvert un nouveau site pour la Sittelle d'Algérie lorsqu'un mâle a été aperçu sur un arbre de *Quercus afares*. WS a informé Abdelazize Franck Bougaham et Mourad Zemouri de cette découverte par téléphone. Le 20 Novembre 2021, WS, AFB et Imad Soukkou ont observé une femelle se nourrissant dans un arbre de *Quercus canariensis* à la lisière ouest de la forêt. Malheureusement, aucune photographie de ces oiseaux n'a pu être réalisée. La population de Sittelle kabyle sur ce nouveau site est réduite. Lors du recensement effectué le 23 avril 2022 via des points d'écoute, seulement deux couples reproducteurs ont été contacté dans deux des six points d'écoute effectués. L'importance principale de cette découverte est qu'elle confirme une fois de plus que l'aire de répartition de la Sittelle d'Algérie est très fragmentée, avec désormais 13 sites connus dans des parcelles forestières éloignées les unes des autres, séparées par des zones complètement dominées par l'habitation humaine. Comme son habitat est également vulnérable à la surexploitation des ressources, au trafic humain, au bétail et au feu, cela signifie que l'espèce reste très menacée.

Article 3

Algerian Nuthatch: new breeding site and current distribution

Abdelazize Franck Bougaham, Laboratoire de Recherche en Écologie et Environnement,
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Bejaia, Bejaia, Algeria
(abdelazize.bougaham@univ-bejaia.dz)

Walid Soukkou, El Had village, Djimla-Jijel, Algeria

Omar Soukkou, El Had village, Djimla-Jijel, Algeria

Imad Soukkou, El Had village, Djimla-Jijel, Algeria

Mourad Zemouri, Laboratoire de Recherche en Écologie et Environnement, Faculté des
Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Bejaia, Bejaia, Algeria

Algerian Nuthatch *Sitta ledanti* is a hole-nesting Palearctic passerine with an occurrence limited to a small part of Algeria. It is classified as Endangered by IUCN (Burfeld et al 2017) and protected by Algerian law since 1983 (JORA 2012). The species is endemic to the Babor's Kabylia region, north eastern Algeria, and was previously known only from Djebel Babor (Sétif). Later, it was also found in Guerrouch forest in Jijel and in Tamentout forest and Djimla forest, between Sétif, Jijel and Mila districts (Ledant 1977, Chalabi 1989, Bellatrèche & Chalabi 1990, Monticelli & Legrand 2009, Hamitouche & Bougaham 2021).

Algerian Nuthatch was discovered as recently as 1975 by Jean-Paul Ledant in the fir *Abies numidica* forest at Djebel Babor summit (Ledant 1977). For a long time, it was considered to be associated with this forest type. The subsequent discoveries of new biotopes, which are at distance and isolated from each other without ecological corridors between them (Harrap 2002), offered new data on its ecology and biogeography (Bellatrèche 1994). Explorations carried out since the mid-1990s have failed to find new sites for the species but they were hampered by security and political complications which made certain forest zones inaccessible to researchers.

Since 2017, the species has attracted a renewed interest of Algerian ornithologists (Bougaham et al 2017, 2018, Moulai et al 2017, Hamitouche et al 2020, 2021, Zemouri et al 2021), leading to new discoveries. It was found in Larbaâ forest (Moulai & Mayache

2018); El Djarda forest (Haddad & Afoutni 2019); Tloundène, Tazegzeout and Sendouh forests (Bougaham et al 2020); Bouhanch forest (Mayache et al 2021); and Tababort forest (Bejaia) (Bougaham et al 2021). It is quite possible that the nuthatch also exists in other forests potentially favourable for nesting, especially in the high mountains of Babor's Kabylia.

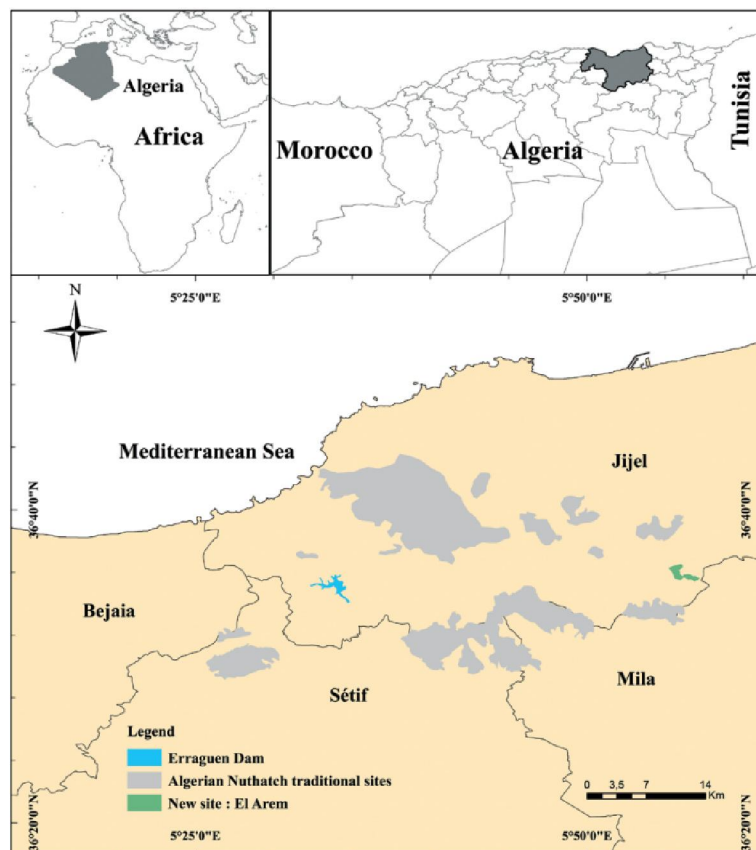


FIGURE 1 Distribution of Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*, with new site El Arem forest, Babor's Kabylia, Algeria, in green.

On 17 November 2021, an Algerian team of wildlife photographers in El Arem forest led by Walid Soukkou, an inhabitant of Djimla town, discovered a new site for Algerian Nuthatch when a male was seen on a *Quercus afares* tree. WS informed Abdelazize Franck Bougaham and Mourad Zemouri about this find by telephone. On 20 November 2021, WS, AFB and Imad Soukkou observed a female feeding in a *Quercus canariensis* tree at the western edge of the forest. Unfortunately, no photographs of these birds could be made.

El Arem forest is located in the extreme south-east of Jijel district near Djimla town (36°35'57.3''N, 5°55'28.6''E, 1478 m above sea level). It is located 5 km north-east of Djimla forest (Bouafroune) and 6 km south-east of Larbaâ forest (figure 1). This isolated forest is part of the Djebel Bouaza forest massif (eastward), near the border between Jijel district and Mila district. This fragmented forest stretches out over the talwegs, the lowest elevations in valleys, where the soil moisture allows deciduous tree species to grow. It forms relict forest patches that have escaped fires and at the same time benefit from the protected and humid situation of the intercollineal hollows. The vegetation is represented essentially by *Quercus afares*, *Q canariensis* and *Acer obtusatum*. The undergrowth, when present, constitutes of *Calycotome spinosa*, *Cytisus villosus*, *Cyclamen africanum*, *Ampelodesmos mauritanica*, *Asphodelus microcarpus* and *Phlomis bovei*.

As in the other forest patches discovered more recently, the Algerian Nuthatch population at this new site is small. During a research trip on 23 April 2022, the species was present only in two out of the six performed point counts (ie, two breeding pairs). El Arem forest has probably been diminished by logging, intensive cattle grazing and fire. In the past, the forest patch may have been much larger and connected to adjacent forest patches like Djimla forest and Larbaâ forest.



392 Algerian Nuthatch / Algerijnse Boomklever *Sitta ledanti*, displaying male, Djimla forest, Babor's Kabylia, Algeria, 25 April 2021 (Walid Soukkou)

The main importance of this discovery is that it again confirms that the distribution area of Algerian Nuthatch is very fragmented, with now 13 known sites in forest patches distant from each other, separated by areas completely dominated by human habitation. As its habitat is also vulnerable to overexploitation of resources, human traffic, livestock and fires, it means that the species remains very much endangered.

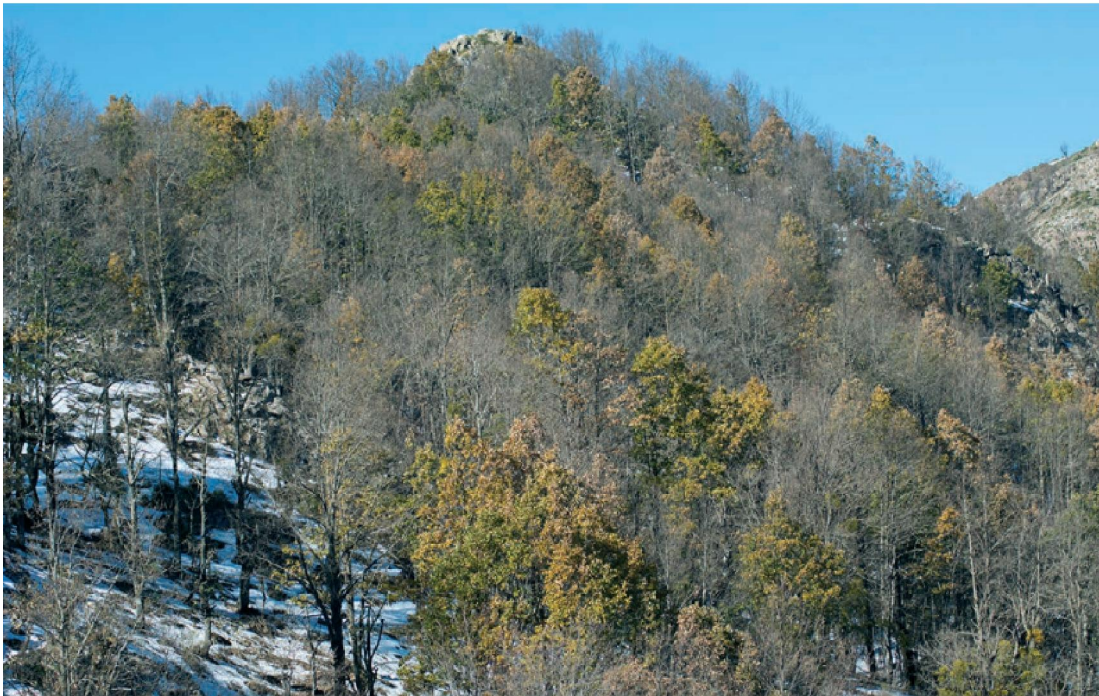
References

- Bellatrèche, M 1994. Écologie et biogéographie de l'avifaune forestière nicheuse de la Kabylie des Babors (Algérie). Thèse doctorat, Université de Bourgogne.
- Bellatrèche, M & Chalabi, B 1990. Données nouvelles sur l'aire de distribution de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti*, Vieilliard. *Alauda* 58: 95-97.
- Bougaham, A F, Benazouz, A & Bouchareb, A 2017. Reproduction et soins parentaux chez la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* en forêt de Guerrouche (Jijel, Algérie). *Alauda* 85: 269-274.
- Bougaham, A F, Announ, L, Aissat, L, Zemouri, M, Lillouch, S, Mirouh, A, Soukkou, W & Bouchareb, A. 2018. Distribution et grandeur de la population de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* dans la forêt de Djimla (Nord-Est algérien). *Alauda* 87: 299-304.
- Bougaham, A F, Hamitouche, S & Bouchareb, A 2020. Trois nouvelles localisations de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* en Algérie. *Alauda* 88: 147-148.
- Bougaham, A F, Zemouri, M, Hamitouche, S & Bouchareb, A 2021. Découverte dans le Djebel Taba bort (nord-est de l'Algérie) d'un nouveau site de reproduction de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti*. *Bull Soc R Sci Liège* 90: 241-248.
- Burfeld, I J, Butchart, S H M & Collar, N J 2017. BirdLife, conservation and taxonomy. *Bird Conserv Int* 27: 1-5.
- Chalabi, B 1989. Du nouveau à propos de l'aire de distribution de la sittelle Kabyle (*Sitta ledanti*). *Aves* 26: 233-234.
- Haddad, K & Afoutni, L 2019. La Sittelle Kabyle *Sitta ledanti*: nouvelle localité, répartition et habitat. *Ornithos* 26: 83-94.



393 General view of El Arem forest, Babor's Kabylia, Algeria, 20 November 2021
(Imad Soukkou)

394 Forest-patch in El Arem forest, Babor's Kabylia, Algeria, 20 November 2021
(Imad Soukkou)





395 Algerian Nuthatch / Algerijnse Boomklever *Sitta ledanti*, male, Djimla forest, Babor's Kabylia, Algeria, 24 March 2021 (Walid Soukkou)



396 Algerian Nuthatch / Algerijnse Boomklever *Sitta ledanti*, male, with European Earwig *Forficula auricularia* as prey, Djimla forest, Babor's Kabylia, Algeria, 18 May 2021 (Walid Soukkou)

Hamitouche, S & Bougaham, A F 2021. Algerian Nuthatch (*Sitta ledanti* Vielliard, 1976): current challenges of an endemic species. *Ornis Hung* 29: 167-176.

Hamitouche, S, Bouchareb, A & Bougaham, A F 2020. Status and distribution of the Algerian Nuthatch's population (*Sitta ledanti* Vielliard, 1976) in the Tamentout forest (north-eastern Algeria). *Avian Biol Res* 13: 81-86.

Hamitouche, S, Berkati, D, Choulak, A & Bougaham, A.F. 2021. Distribution of the endemic and endangered Algerian Nuthatch (*Sitta ledanti*): case of the Larbaâ forest. *Agrobiologia* 11: 2791-2800.

Harrap, S 2002. Little known West Palearctic birds: Algerian Nuthatch. *Birding World* 5: 154-156.

- JORA (Journal Officiel de la République Algérienne) 2012. Décret exécutif du 10 juin 2012, fixant la liste des espèces animales non domestiques protégées. J Off Rép Algér 35: 5-49.
- Ledant, J-P 1977. La Sittelle kabyle (*Sitta ledanti* Vieillard), espèce endémique montagnarde récemment découverte. Aves 14: 83-85.
- Mayache, M E, Khider, B & Moulai, R 2021. Données récentes sur la distribution de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* en Algérie. Alauda 89: 143-146.
- Monticelli, D & Legrand, V 2009. Algerian Nuthatch: a photographic trip. Dutch Birding 31: 247-251.
- Moulai, R & Mayache, M E 2018. Un nouveau site de reproduction pour la Sittelle Kabyle *Sitta ledanti*. Alauda 86: 73-74.
- Moulai, R, Bouchareb, A, Gheribi, A & Bougaham, A F 2017. Statut de la population et biologie de la reproduction de la Sittelle Kabyle *Sitta ledanti* dans la forêt de Guerrouche (Algérie). Alauda 85: 101-107.
- Zemouri, M, Asloune, L, Adrar, A, Bouchareb, A & Bouga ham, A F 2021. Nestling diet of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*, an endemic threatened bird in Babor's Kabylia region (north-eastern Algeria). Ostrich 92: 175-183.

Abrégé article 4

Abrégé de l'article 4

Distribution et essor démographique de la population de la Sittelle kabyle (*Sitta ledanti*) de la forêt du mont Babor dans le Parc National de Babor-Tababort

La dynamique des populations est une discipline qui a pour intérêt la description et la compréhension des fluctuations du nombre d'individus dans une population donnée dans l'espace et dans le temps (Besnard et Salles 2000 ; Kricsfalusy 2012). Ce type d'analyse est également applicable pour étudier l'impact des changements globaux et des activités humaines sur les populations d'oiseaux (Lebreton 2019). Aussi, les études sur la dynamique des populations sont utilisées dans l'analyse de la viabilité des populations et dans les critères d'évaluation des menaces (UICN 2012). Elles participent également à l'évaluation de l'état des espèces endémiques et menacées (Schemske *et al.*, 1994). La sittelle kabyle (*Sitta ledanti*) est une espèce protégée par la loi algérienne depuis 1983 (J.O.R.A 1983). La sittelle kabyle est répartie dans douze habitats différents, tous situés dans la zone biogéographique de la Kabylie des Babors (Petite Kabylie) au Nord-Est de l'Algérie (Chalabi 1989 ; Bellatrèche et Chalabi 1990 ; Moulai et Mayache 2018 ; Haddad et Afoutni 2019 ; Bougaham *et al.*, 2020 ; Mayache et Moulai 2021 ; Bougaham *et al.*, 2021). L'aspect de la dynamique des populations de l'oiseau est moins précis. Les seuls travaux réalisés étaient dans la forêt du mont Babor où des fluctuations d'effectifs (entre 12 et 70 couples) ont été enregistrées d'une année à l'autre, ceux-là peuvent être liées aux efforts d'échantillonnage sur le terrain (Vielliard 1976a ; Ledant 1977 ; Ledant et Jacob 1977 ; Gatter et Mattes 1979). Dans cette étude, nous avons réalisé un recensement dans la forêt du mont Babor en 2020 que nous avons comparé avec le recensement effectué dans le même site en 1982 par Ledant *et al.* (1985). Notre objectif principal est de décrire la dynamique des populations de la Sittelle kabyle dans la forêt du djebel Babor sur la base de : (1) l'augmentation de la densité de la population après 38 ans ; (2) le taux de multiplication et (3) le taux de croissance annuel. Le Parc National de Babor-Tababort fait partie du territoire de la Kabylie des Babors. Il s'étale sur trois

Wilayas, à savoir Bejaia, Jijel et Sétif. Il couvre une superficie de 23 656 hectares. Elle est délimitée par les coordonnées géographiques suivantes : (36,600948° ; 36,463018°) N * (5,327397° ; 5,583446°) E (J.O.R.A 2019). La forêt du mont Babor est définie comme une zone centrale du Parc national Babor-Tababart (J.O.R.A 2019). Elle constitue le point culminant de la Petite Kabylie (2004 m d'altitude). L'étendue de la forêt est de 1268 hectares (Ledant 1985). Pour estimer la taille de la population de Sittelle algérienne, nous avons utilisé une méthode de recensement par points proposée par Frochot (2010). Le recensement dans la forêt du Mont Babor a été réalisé du début du mois de juin jusqu'au début du mois de Juillet. Nous nous sommes permis d'étaler notre recensement dans le temps en raison de la période de reproduction tardive de la Sittelle kabyle dans cette forêt (Vielliard 1976b ; Vielliard 1978). Le recensement a été fait pendant la saison de reproduction, les matins et durant les conditions météorologiques favorables. Le recensement a été réalisé sur la base de points d'écoute (Blondel 1975 ; Ledant *et al.*, 1985 ; Bougaham *et al.*, 2018, Hamitouche *et al.*, 2020). Les points d'écoute ont été pratiqués le long d'un transect linéaire dans le but de couvrir l'ensemble de la forêt. À chaque point d'écoute, le chant de l'espèce est diffusé via un magnétophone afin de stimuler et d'observer l'espèce. Les points d'écoute sur les transects linéaires sont espacés d'environ 200 à 300 mètres, sauf cas de franchissement de la ligne de crête ou d'impossibilité d'accès. À chaque point d'écoute, une période de 20 minutes a été observée sur place. Durant les 20 minutes, la présence ou l'absence de l'espèce est d'abord constatée par identification auditive et/ou visuelle. Enfin, dans chaque point d'écoute, nous avons noté les coordonnées GPS, l'altitude et le type de peuplement forestier dominant sur un rayon de 30 m. Nous avons utilisé Esri 2014, ArcGis (logiciel d'analyse spatiale) avec l'application ArcMap v10.2.2 pour le traitement des informations géographiques. Le test statistique a été réalisé sous le logiciel R. La distribution selon l'habitat a été possible à estimer parce que le type d'habitat dans chaque point d'écoute a été noté au alentour d'un rayon de 30m. Le nombre de classes d'altitude a été calculé via la règle de Yule : le nombre de classes = $2,5\sqrt[4]{n}$, où n correspond au nombre total de points d'écoute effectués (n = 240), et l'intervalle de classe est calculé par le rapport de la

différence entre la plus haute altitude et la plus basse divisée par le nombre de classes déjà calculé (altitude la plus élevée – altitude la plus basse/nombre de classes). Les effectifs obtenus après notre comptage de la Sittelle d'Algérie dans la forêt du mont Babor pendant la saison de reproduction de l'année 2020 ont été comparés à ceux de Ledant *et al.* (1985) réalisé dans la même forêt pendant la saison de reproduction de l'année 1982. Une comparaison des chiffres selon le type d'habitat a également été réalisée. La typologie de nos habitats a été respectée, dans la mesure du possible, par rapport à celle définie par Ledant *et al.* (1985). La dynamique des populations de l'espèce a été vérifiée, après une période de 38 ans, via : (1) La densité qui donne le nombre de couples d'oiseaux ou d'individus par 10 hectares. Elle est calculée par le rapport entre le nombre total de couples recensés ou le nombre total d'individus recensé par la surface totale de la forêt, multiplié par 10 (Hamitouche *et al.*, 2020). (2) Taux moyen de multiplication annuel (λ) qui est la variation des effectifs de la population, dans le laps de temps considéré, est donnée suivant la formule de Migot et Linard (1984) : $\lambda = \sqrt[n]{E_f/E_i}$. n = nombre d'années entre deux recensements; E_f = effectif final; E_i = effectif initial ; $\lambda = 1$: Taille de la population est stable ; $\lambda > 1$: Taille de la population augmente ; $\lambda < 1$: Taille de la population décline. (3) Taux de Croissance annuel qui est calculé selon Gibbs (2006), par la fonction suivante : $r = \frac{\ln(N_t) - \ln(N_0)}{t}$. t = nombre d'années entre deux recensements ; N_t = Effectif final ; N_0 = Effectif initial ; Ln = Logarithme naturel ; $r \approx 0$: Taille de la population est stable ; $r > 0$: Taille de la population augmente ; $r < 0$: Taille de la population décline. Nous avons enregistré 133 couples, neuf solitaires (275 individus). En termes d'effectif, la population de la forêt du mont Babor est la plus peuplée en Sittelle kabyle. Notre espèce dans la forêt du massif Babor se concentre dans les parties centrales de la forêt qui sont les moins dégradées. Les parcelles très dégradées et ouvertes sont totalement évitées. L'habitat le plus utilisé par la Sittelle kabyle pour se reproduire est la Cédraie mixte (85 couples et quatre solitaires), suivie de la Cédraie pure (30 couples et cinq solitaires), la chênaie caducifoliée avait enregistré 10 couples, suivis de la chênaie sapinière avec 6 couples. La forêt sommitale a enregistré seulement 2

couples, enfin la Sittelle a été absente dans la Yeuseraie. Le nombre de classes altitudinales est 10 avec un intervalle de classe de 92,4 m. Les deux premières classes d'altitudes comprises entre 1079-1263,8m, ont été vides de toute présence de la Sittelle kabyle. Les deux classes d'altitude ([1818,2-1910,6[et [1541 -1633,4[) ont enregistré plus de présences avec 52 et 54 individus respectivement. La densité moyenne de la population de la Sittelle kabyle au sein de la forêt du Babor pour l'année 2020 est estimée à 1,05 couples/10Ha et 2,17 individus/10 Ha. Les effectifs de la Sittelle kabyle dans la forêt du mont Babor sont passés de 164 individus en 1982 à 275 individus en 2020. Le taux de croissance annuelle et le taux moyen de multiplication calculés ont donné des valeurs positives et supérieures à un, qui sont de l'ordre de 1,36 % et de 1,01 respectivement. Le nombre d'individus de la Sittelle kabyle dans la forêt du mont Babor avait augmenté ($x = 1,677$) dans un espace de 38 années (de 164 individus en 1982 à 275 individus en 2020). La distribution de la Sittelle kabyle dans le mont Babor va de 1326m à 2004 m. Dans les basses altitudes, la Sittelle kabyle reste toujours absente au dessous de 1200 m d'altitude (Ledant *et al.*, 1985) où se trouvent pourtant parsemée par des bouquets de zénaies. Cette absence est probablement due à l'absence d'arbres âgés, ceux-ci étant préférés par cette espèce (Brichetti et Di Capi 1987) et même nécessaires pour la nidification. Dans les hautes altitudes, nous avons rencontré beaucoup de territoires de nidifications qui se chevauchent (la distance entre les nids était de moins de 100 m). Cette observation a été faite dans la cédraie mixte du versant Nord entre les altitudes de 1800 m et 1900 m. Ce phénomène est peut-être dû à la disponibilité alimentaire abondante offerte par un habitat plus diversifié en espèces végétales (Bougaham *et al.*, 2018 ; Hamitouche *et al.*, 2020) et à la sédentarité plus marquée chez la Sittelle kabyle (Bellatrèche 1994). Dans la forêt du massif Babor, la Sittelle kabyle reste toujours absente dans la yeuseraie depuis 1982. L'absence de l'espèce dans le peuplement de Chêne vert en 1982 et en 2020 est peut-être dû au fait que ce type de peuplement est issu d'une régénération après incendies (Ledant *et al.*, 1985). Ces genres d'habitats dégradés sont évités par la Sittelle kabyle (Bougaham *et al.*, 2018). L'habitat le plus fréquenté en 1982 était la chênaie caducifoliée, alors qu'en 2020, c'est la cédraie

mixte. La croissance annuelle de la population de l'espèce est de 1,36% avec un taux de multiplication de 1,01. Les indices de croissance calculés indiquent une démographie faible de la population de l'espèce. En plus de la prédation des nichées de la Sittelle kabyle (Vielliard 1976b ; Bougaham *et al.*, 2017), cette faible augmentation d'effectifs, pourrait être due à la faible fécondité de l'espèce (Ledant et Jacobs 1977). En outre, le taux de mortalité élevé chez cette espèce durant les hivers (Vielliard 1978), peut être un facteur limitant pour l'épanouissement de l'espèce. La densité totale de l'oiseau calculée en 2020 était de 2,17 individus (/10 ha) et 1,05 couples (/10 ha). Des chiffres qui indiquent une augmentation par rapport à la densité trouvée par Ledant *et al.* (1985), qui a été de l'ordre 1,29 individus (/10 ha) et 0,65 couples (/10 ha) en 1982. Il semble que les densités obtenues ont varié plutôt en proportion directe de la taille de la population de l'espèce que du changement de la surface de la forêt du mont Babor. Par contre, la forêt de Tamentout abrite la Sittelle kabyle avec une densité de 0,19 individus/10ha (Hamitouche *et al.*, 2020), dans la forêt de Djimla, l'espèce se distribue avec une densité de 0,6 individus/10 ha (Bougaham *et al.*, 2018). Les densités faibles affichées dans ces habitats sont peut-être dues aux habitats non boisés ou dégradés dans ces forêts. La Sittelle kabyle n'utilise pas comme site de reproduction (Bellatrèche et Chalabi 1990 ; Bougaham *et al.*, 2018).

Article 4

Distribution and demographic trend of Algerian Nuthatch (*Sitta ledanti*) population of Mount Babor forest in Babor-Tababort National Park

Mourad Zemouri* & Abdelazize Franck Bougaham

Received: January 06, 2022 – Revised: April 12, 2022 – Accepted: April 12, 2022

Zemouri, M. & Bougaham, A. F. 2022. Distribution and demographic trend of Algerian Nuthatch (*Sitta ledanti*) population of Mount Babor forest in Babor-Tabort National Park.–Ornis Hungarica 30(1): 113–125. DOI: 10.2478/orhu-2022-0008

Summary The Algerian Nuthatch (*Sitta ledanti*) is the only bird species endemic to Algeria and it's a protected species by the Algerian law since 1983. So far, we have no precise information on recent changes in population density as well as the demographic trends of this endangered species in its entire range in the Kabylia of Babors. The population of the species in the Babor-Tababort National Park remains the most abundant, with 275 individuals recorded in 2020. Thirty-eight years after the 1982 census, it multiplied with an annual multiplication rate of $(\lambda) = 1.01$ and grew with an annual growth rate of $r = 1.36\%$. The Algerian Nuthatch has been present throughout the Mount Babor forest from 1,300 m altitude to the summit at 2,004 m altitude. The Algerian Nuthatch, in 2020, was more abundant in the mixed cedar forest because this type of forest covers the largest area in Mount Babor. The population of the species in the Mount Babor forest remains isolated that, however, could be connected to the population in the Tababort forest through the setting of an ecological corridor.

Keywords: Algerian Nuthatch, Babor-Tababort National Park, distribution, growth, habitat

Összefoglalás Az Atlasz csuszka (*Sitta ledanti*) Algériában 1983 óta védett, egyetlen endemikus madárfaj. Az Kizárólag a Badors Kabylia régióban fordul elő, de nincsenek

pontos információk a populációk nagyságáról és az egyedszámok változásáról. A Babor-Tababort Nemzeti Parkban 2020-ban végzett felmérés szerint az ott élő populációt kb. 275 egyed alkotja. Az 1982-ben (Ledant 1985) végzett felméréshez képest a populáció növekedett, éves átlagos növekedési rátája 1,36% volt. A Babor-hegy erdei élőhelyein az 1300 m tengerszint feletti magasságtól a 2004 m-es csúcsig mindenhol előfordul. A 2020-as felméréskor a legnagyobb számban a legnagyobb kiterjedésű, kevert cédrus erdőkben fordult elő. A Babor-hegyi Atlasz csuszka populáció elszigetelt a többi költőpopulációtól. Fennmaradását segítené, ha ökológiai folyosókkal kapcsolódhatna a Tabort erdőség nagyobb csuszkapopulációihoz.

Kulcsszavak: Atlas csuszka, Babor-Tababort Nemzeti Park, elterjedés, denzitás, populációdinamika, élőhely

Laboratoire de recherche en Écologie et Environnement, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Bejaia, 06000 Bejaia, Algeria.

* corresponding author, e-mail: mourad.zemouri@univ-bejaia.dz

Introduction

Population dynamics is a discipline that has as interest the description and understanding the fluctuations in number of individuals in a given population over space and time. Thus fluctuations result in growth, decline or stability (Besnard & Salles 2000, Kricsfalussy 2012). The population growth potential of vertebrates allows the creation of population reserves, which can only exist with the availability of heterogeneous and favorable habitats (Blondel 2000) that provide refuges in case of rare climatic events such as prolonged drought or extreme cold (Wiens 1977). Demographic analyses of long-term monitoring data allow exploration of a variety of ecological and evolutionary questions, ranging from social behavior (Boulinier et al. 1996) to adaptation to spatio-temporal habitat heterogeneity (Blondel 2007). This kind of analysis is also applicable to investigate the impact of global changes and human activities on bird populations (Lebreton 2019) through the management of exploited populations and conservation

(Weimerskirch et al. 1997, Nichols & Williams 2006). Thus, studies of population dynamics are used in population viability analysis and threat assessment criteria (IUCN 2012). They are also involved in assessing the status of endemic and threatened species (Schemske et al. 1994).

The Algerian Nuthatch *Sitta ledanti* is the only endemic bird for Algeria (Isenmann & Moali 2000) and a protected species by the Algerian law since 1983 (J.O.R.A. 1983). Since its discovery in 1975 in the Mount Babor forest situated in the Babor-Tababort National Park (Ledant 1977, Ledant & Jacobs 1977), its numbers continue to increase thanks to new discoveries in new habitats. The Algerian Nuthatch is distributed over twelve different habitats, which are all within the biogeographic area of Kabylia of Babors (Petite Kabylie) in northeastern Algeria (Chalabi 1989, Bellatrèche & Chalabi 1990, Moulai & Mayache 2018, Haddad & Afoutni 2019, Bougaham et al. 2020, Mayache & Moulai 2021, Bougaham et al. 2021). Despite the increase of its numbers, the Algerian Nuthatch still remains on the IUCN Red list with numbers below 1000 individuals (IUCN 2012, Hamitouche & Bougaham 2021). The Algerian Nuthatch population estimations were carried out via censuses in many of its habitats, namely Guerrouch, Babor, Djimla, Tamentout, Larbaâ, El-Djarda, Sendouh, Tloundène, Tazegzeout, Coudia and Tababort (Hamitouche & Bougaham 2021). However, studies on the aspect of the population dynamics of the bird remain anecdotal and less precise. The only work was done in the Mount Babor forest and there is variation in the number of individuals from year to year (Vielliard 1978). Fluctuations in the number of individuals (between 12–70 pairs) from year to year may be related to field sampling effort (Vielliard 1976a, Ledant 1977, Ledant & Jacob 1977, Gatter & Mattes 1979). Apart from the variable sampling efforts, the availability of conifer seeds of the Atlas cedar *Cedrus atlantica* and the Numidian fir *Abies numidica* may also cause differences in nuthatch density.

The exhaustive and general census that took place on the whole Mount Babor forest (Ledant 1985) in 1982 is the reference work for our present study. The demographic

changes of this endemic bird must be followed very closely (Vielliard 1978) because of its reduced numbers (Ledant 1977).

In this paper, our main objective is to describe the population dynamics of Algerian Nuthatch in the Mount Babor forest on the basis of: 1) the increased population density after 38 years; 2) the rate of multiplication and 3) the annual growth rate. Finally, the distribution of the species in the Babor forest is defined according to habitat types and altitudinal gradients.

Material and Methods

Study area

The Babor-Tababort National Park is part of the territory of Kabylia of Babors. It spreads over three Wilayas (Districts), namely Bejaia, Jijel and Sétif. It covers an area of 23,656 hectares. It is delimited by the following geographical coordinates: (36.600948°; 36.463018°) * N (5.327397°; 5.583446°) E (J.O.R.A. 2019) (Figure 1). The Mount Babor forest is defined as a core area of the Babor-Tababort National Park (J.O.R.A. 2019). It is located at 45 km east of Bejaia and forms the highest point of Petite Kabylie (2,004 m). The extent of the forest is 1,268 hectares (Ledant 1985). Mount Babor is a 7 km long and 4 km wide extrusion (Duplan 1952). It has got more than 500 plant taxa; including 45 tree species and 24 endemic species, as well as 22 species have a protected status by the Algerian law (J.O.R.A. 2012). Recently, two new orchid species have been reported including *Epipactis microphylla* (Bougaham & Rebbas 2020), as a new orchid for the Algeria flora and *Cephalanthera rubra* (Bougaham et al. 2020) as a new site for the species in the Mount Babor forest. The average annual precipitation ranges from 512 mm (1,000 m altitude) to 920 mm (2,004 m altitude) on the northern slopes and from 980 mm (1,000 m altitude) to 1,397 mm (2,004 m altitude) on the southern slopes. The average annual temperatures of the coldest month are between 0.0 °C (1000 m altitude) and -5.4 °C (2,004 m altitude) on the north slope and between 3.8 °C (1,000 m altitude) and -3.2 °C (2,004 m altitude) on the south slope (Gharzouli 2007).

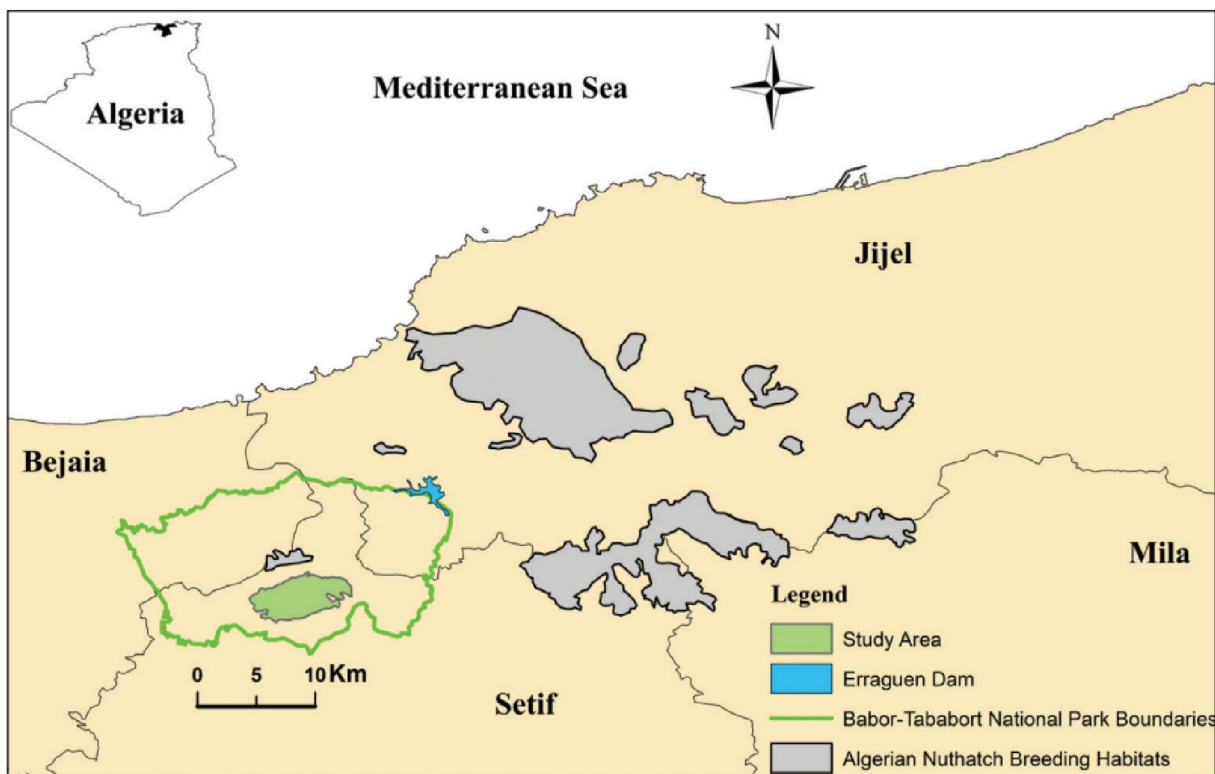


Figure 1. The study area in the Babor-Tababart National Park

1. ábra A vizsgálati terület földrajzi elhelyezkedése a Babor-Tababort Nemzeti Parkban

The census

To estimate the size of the Algerian Nuthatch population, we used a point count census method suggested by Frochot (2010). The census in the Mount Babor forest was carried out from the beginning of June (04/06/2020) until the beginning of July (11/07/2020). We took the liberty of spreading out our census over time because of the late breeding period of the Algerian Nuthatch in this forest and especially in high altitudes (Vielliard 1976b, Vielliard 1978). The census was carried out during the breeding season, during the mornings (bird activity is intense) and during favorable weather conditions (absence of rain, fog and wind). The census was conducted on the basis of point counts (Blondel 1975, Ledant et al. 1985, Bougaham et al. 2018, Hamitouche et al. 2020). The point counts were practiced along a line transect in aim to cover the entire forest. At each point count, the song of the species is played via a tape recorder in order to stimulate and

observe the species. The point counts on the line transects are spaced about 200 to 300 meters apart, except in the case of crossing the ridge line or the no possibility of access. This distance between two point counts was in order to avoid counting the same individual twice, while limiting the risk of not detecting some individuals. At each point count, after the species' song has been played, a 20 minutes period was observed on site. During the 20 minutes, the presence or absence of the species is first noted by auditory and/or visual identification. In case of presence, we noted if it was a pair or a solitary bird. Finally, in each point count, we noted the GPS coordinates, the altitude and the type of dominant forest stand on a radius of 30m.

Mapping and statistics

We used Esri 2014, ArcGis (spatial analysis software) with the ArcMap application v10.2.2 for processing geographic information. The spatial geo-referencing data (GPS coordinates of presence/absence points and altitude) were taken in the field with a GPS Carmin map 76 CSx' model. The distribution map (presence and absence) of the species in the Mount Babor forest was made on the basis of Arcmapv10.2.2 and the spatial geo-referencing data taken in the field. The chi-squared statistical test was carried out under the software R. This test was performed in aim to show relationship of the Algerian Nuthatch numbers in each habitat type, between the two census periods (1982 and 2020).

Distribution according habitat type

The dominant trees were noted in a radius of 30 meters around of each point count in aim to identify the habitat type. Distribution according to altitudinal classes Altitudinal classes were calculated via Yule's rule: the number of classes= $2.5\sqrt[4]{n}$, where n corresponds to the total number of point counts performed ($n = 240$), and the class interval is calculated by the ratio of the difference between the highest and lowest altitude divided over the already calculated classes number (Highest altitude – Lowest altitude/number of classes).

Population dynamics of the Algerian Nuthatch

The numbers obtained after our count of the Algerian Nuthatch in the Mount Babor forest during the breeding season of the year 2020 were compared to those of Ledant (1985) carried out in the same forest during the breeding season of the year 1982. A comparison of numbers according to the habitat type was also made. The typology of our habitats was respected, as far as possible, with respect to the one defined by Ledant (1985). The population dynamics of the species was checked, after a 38-year period, via densities, annual multiplication rate and annual growth rate.

The density and the individuals mean number

The density is the total number of pairs counted divided by the forest total area surface, multiplied by 10 (Hamitouche et al. 2020). The individuals mean number per point count is the ratio between the number of individuals counted in each habitat and the number of point counts performed.

Average annual multiplication rate (λ)

The population numbers variation, in a considered time lapse, is given according to the formula of Migot and Linard (1984):

$$\lambda = \sqrt[n]{E_f/E_i}$$

n = number of years between two censuses; E_f = final number; E_i = initial number;

$\lambda = 1$: Population size is stable;

$\lambda > 1$: Population size is increasing;

$\lambda < 1$: Population size is declining

Annual growth rate (r)

According to Gibbs (2006), the annual growth rate (%) is calculated according to the following function:

$$r = \frac{\ln(Nt) - \ln(N0)}{t}$$

t = number of years between two censuses; Nt = final number; N0 = initial number; Ln = natural logarithm;

$r \simeq 0$: Population size is stable;

$r > 0$: Size of the population is increasing;

$r < 0$: Population size is declining.

Results

Number of pairs and individuals counted Out of 240 point counts carried out on the whole Mount Babor forest, we counted 133 pairs, nine solitaires and 105 absences. A total of 275 individuals were counted. The number of this population in the Mount Babor forest is the highest compared to that counted in other known forests.

Distribution of the Algerian Nuthatch

The species distribution within the forest follows the same pattern of distribution as that of the different habitat types distinguished. The species distribution map in the Mount Babor forest (Figure 2) shows the concentration of numbers was in the forest central parts which are the least degraded. The very degraded and open patches (clearings and edges) were totally avoided by Algerian Nuthatches.

Distribution according to habitat type

The total point counts number was lower than the sum of the points with pairs and solitaires (unpaired birds), because there were point counts where more than two birds were recorded (Table 1), especially in the mixed cedar forest. The most preferred habitat by the Algerian Nuthatch for reproduction is the mixed

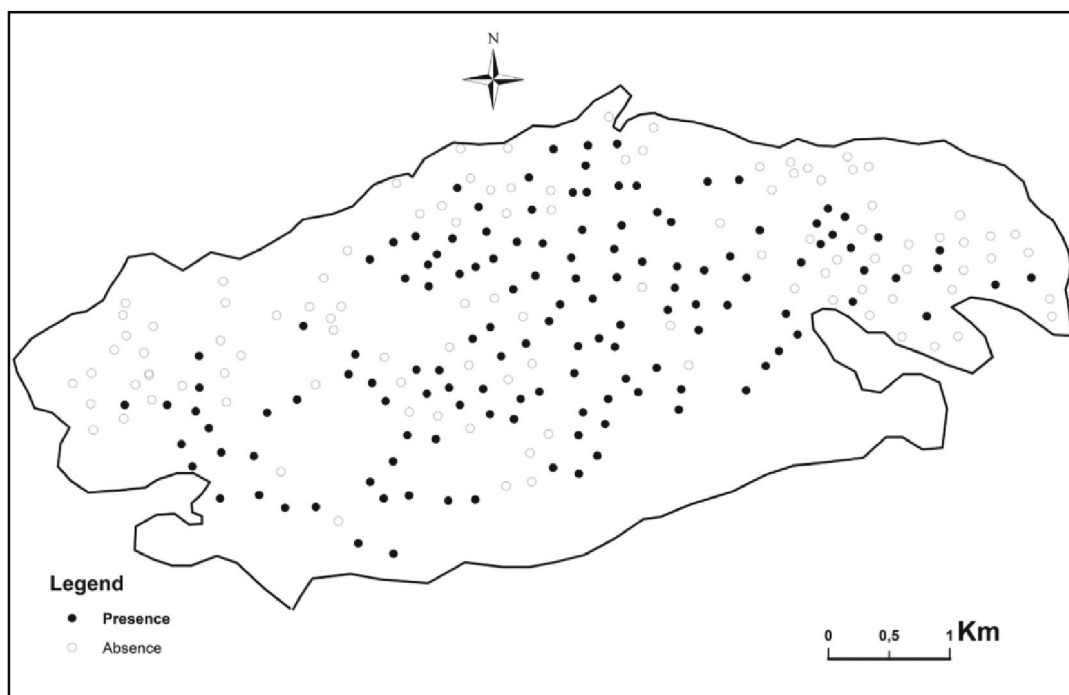


Figure 2. The Algerian Nuthatch distribution map (presence and absence) in the Mount Babor forest

2. ábra Az Atlasz csuszka elterjedési térképe (jelenlét és hiány) a Babor-hegyi erdőben

Table 1. Distribution of the Algerian Nuthatch by habitat type. N: number of point counts

1. táblázat Az Atlasz csuszkapárok száma megoszlása élőhelytípusok szerint. N: felvételezési pontok száma

Habitat	N	Pairs	Solitaries	Absences	Total individuals number	Mean individuals number
Mixed cedar forest	119	85	4	27	174	1.46
Cedar forest	70	30	5	35	65	0.93
Deciduous oak forest	29	10	0	19	20	0.69
Fir-Deciduous oak forest	10	6	0	4	12	1.20
Summit forest	2	2	0	0	4	2.00
Evergreen oak forest	10	0	0	10	0	0.00
Totals	240	133	9	92	275	1.15

cedar forest (85 pairs and four solitaires), followed by the pure cedar forest (30 pairs and five solitaires), the deciduous oak forest with 10 pairs, followed by the fir oak forest with 6 pairs. The summit forest recorded only 2 pairs based on two counts only. In terms of mean individual number, the summit forest is apparently the most abundant (although the number of points is not significant), followed by the mixed cedar and fir-oak forest (Table 1). Finally, on the northern slope (Ubac), the evergreen oak *Quercus ilex* forest, located at an altitude below 1,200 m, was infiltrated in 2020 by some young individuals of zeen oak *Quercus canariensis*, and we even recorded at this altitude small bunches of young and pure zeen oak forest. The Algerian Nuthatch was still absent in this habitat and at this altitude.

Distribution according to altitudinal classes

The number of altitudinal classes was 10, with a class interval of 92.4 m (*Figure 3*). The first two altitude classes included between 1,079–1,263.8 m were empty of any Algerian Nuthatch presence. The first Algerian Nuthatch pair was noted at 1,326 m altitude, and the first solitary male was noted at 1,357 m altitude. The two altitude classes ([1,818.2–1,910.6] and [1,541–1,633.4]) recorded more occurrences with 52 and 54 individuals, respectively. The other altitudinal classes had relatively high abundances ranging from 12 to 43 individuals. The Algerian Nuthatch has been present throughout the Mount Babor forest from 1,300 m altitude to the summit at 2,004 meters altitude. It should be noted that our census stopped at 1,700 m altitude on the southern slope because of habitat degradation on this exposure below that altitude.

Numbers and population growth of the Algerian Nuthatch

The Algerian Nuthatch population total density within this habitat for the year 2020 was estimated to be 1.05 pairs/10 ha and 2.17 individuals/10 ha. The individuals mean number varies according to the type of habitat, with the highest one recorded in the summit forest (2 individuals/point count) and no nuthatches were observed in the evergreen oak forest. The mixed cedar forest and the fir oak forest also contained many

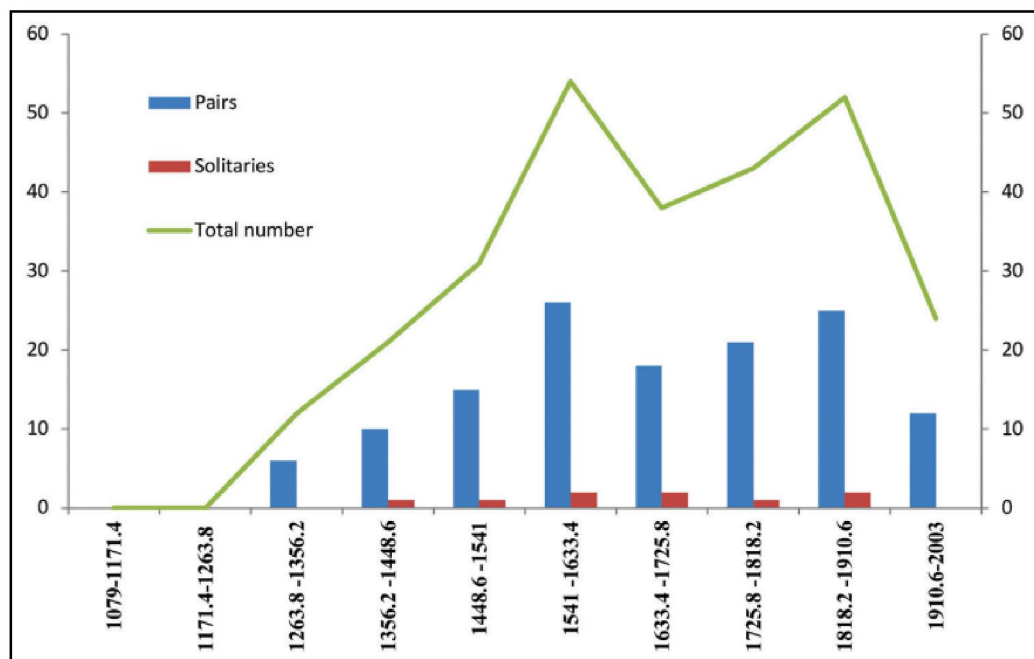


Figure 3. The Algerian Nuthatch distribution according to altitudinal classes in the Mount Babor forest

3. ábra Az Atlasz csuszka eloszlása a Babor-hegyi erdőben a magassági osztályok szerint

individuals, while the Cedar forest and the deciduous oak forest recorded less than one individual per point count (Table 1). The Algerian Nuthatch numbers in the Mount Babor forest increased from 164 individuals in 1982 to 275 individuals in 2020. The annual growth rate and the average multiplication rate calculated gave positive values and greater than 1, which are in the order of 1.36% and 1.01, respectively.

Discussion

The species flourishing in the Mount Babor forest may be due to the absence of species-specific predators of adults (Vielliard 1976b, Bougaham et al. 2017). The population size of the Algerian Nuthatch in this area has almost doubled in a 38 year period (from 164 individuals in 1982 to 275 individuals in 2020). In the Guerrouch forest, 91 individuals were counted by Bellatrèche and Chalabi (1990), 60 individuals were counted in the Djimla forest by Bougaham et al. (2018), and 187 individuals were estimated in the

Tamentout forest by Hamitouche et al. (2020). In the other habitats recently discovered, the population size was low (Hamitouche & Bougaham 2021). The Algerian Nuthatch distribution in Mount Babor forest started from 1326 m altitude up to 2004m. In the lower altitudes, the Algerian Nuthatch is still absent below 1200 m (Ledant et al. 1985), despite at this altitude the existing evergreen oak forest is dotted with zeen oak forest. This absence may be due to its preference for forests with older trees (Brichetti & Di Capi 1987). The same is true for the Corsican Nuthatch (Tibault et al. 2006), which chooses trees with diameters greater than 80 cm due to the greater availability of pine seeds from older trees (Villard et al. 2014). In the higher altitudes, we encountered many overlapping nesting territories (the distance between nests was less than 100 m). This observation was made in the mixed cedar forest on the northern slope between the altitudes of 1800 m and 1900 m. This may be due to the abundant food availability offered by a diverse habitat with several plant species (Bougaham et al. 2018, Hamitouche et al. 2020) and a sedentary lifestyle more marked in the Algerian Nuthatch (Bellatrèche 1994). We used the same habitat typology defined by Ledant (1985) in order to have a more realistic comparison between the population sizes from the two censuses carried out in 1982 and in 2020. The habitat types distinguished by Ledant (1985) are those illustrated in the text and not those in the tables. In the Mount Babor forest, the Algerian Nuthatch has been absent in the evergreen oak forest since 1982. The absence of the species in the Evergreen oak stand in 1982 and 2020 may be due to the fact that this type of stand is the result of regeneration after fires (Ledant 1985). These degraded types of habitat are avoided by the Algerian Nuthatch (Bougaham et al. 2018, Hamirouche et al. 2020). A Chi-squared test was used to check the density differences between habitat types. Number of nuthatch individuals significantly differed between habitats (Chi-squared test= 251.23, df = 4, $P < 2.2e-16$). The most frequented habitat in 1982 was the deciduous oak forest, whereas in 2020 it was the mixed cedar forest. The 2020 census showed a higher number than in 1982. Indeed, the annual population growth of the species is 1.36% with a multiplication rate of 1.01. The calculated growth indices indicate a low population demography of the species, as already predicted by Ledant and Jacobs

(1977). In addition to nestling predation (Vielliard 1976b, Bougaham et al. 2017), the low demography could be due to the low fecundity of the Algerian Nuthatch (Ledant & Jacobs 1977). The number of fledged nestlings is lower than the number of eggs laid per nest (Bougaham et al. 2017). The mortality rate is high for this species during the winters because of a single and fluctuating food resource (Vielliard 1978). Its diet consists of coniferous seeds (Vielliard 1978) and the acorns of deciduous trees (Ledant & Jacobs 1977). In the Stenbrohult Forest in southern Sweden, the mortality rate of adult Nuthatches was studied by Nilsson (1982) between 1974 and 1978 via monitoring of adults (at least one-year-old). The study showed that only 47% of ringed adults survived to the next nesting period, when the maximum mortality rate was recorded during winter. For our study area, the average temperature of the three winter months (December, January, February) recorded from 1946 to 2019 is around 10.09 °C (Harris et al. 2020). However, the same temperature 37 years before the 1982 census (1946–1982) is 10.01 °C and 37 years after the 1982 census (1983–2019) is around 10.18 °C. This increase in temperature leads to mild winters which, according to Nilsson (1987), will lead to a high survival rate probably due to lower thermoregulation costs and an increase in food availability. The birds' total density calculated in 2020 was 2.17 individuals (10 ha) and 1.05 pairs (10 ha). These figures indicate a slight increase compared to the density found by Ledant et al. (1985), which was in the order of 0.65 pairs (10 ha) and 1.29 individuals (10 ha) in 1982. It seems that the densities obtained varied more in direct proportion to the population size of the species than to the change in the area of the Mount Babor forest. On the other hand, the Tamentout forest hosts the Algerian Nuthatch with a density of 0.19 individuals/10 ha (Hamitouche et al. 2020), and in the Djimla forest the species is distributed with a density of 0.6 individuals/10 ha (Bougaham et al. 2018). The low densities in these habitats may be due to the non-wooded (degraded) habitats in these forests, which the Algerian Nuthatch does not use as breeding sites (Bellatrèche & Chalabi 1990, Bougaham et al. 2018).

Threats and conservation

The Mount Babor forest is still among the more preserved forests in Algeria (Ledant 1985). The insecurity that Algeria had observed since the 90s until the end of the 2010s has reduced and limited all anthropogenic origin nuisances (wood cutting, overgrazing, fires and clearing). The non-adventurousness of humans in the Mount Babor forest has contributed to forest safeguarding (living trees) and especially to the standing dead wood safeguarding used by the Algerian Nuthatch as nesting and foraging sites (Bougaham et al. 2017, Bougaham et al. 2018, Hamitouche et al. 2020, Zemouri et al. 2021). In spite of the Mount Babor forest having a protected status in an official way, after the foundation of the National Park Babor-Tababart (J.O.R.A. 2019) until now, there is no visible physical and administrative progression on the field. Uncontrolled grazing still remains a threat to the Mount Babor forest, especially after the return of quietness. We have noticed a high number in cattle individuals, which graze the young trees and prevent the regeneration of this forest. The Algerian Nuthatch population in the Mount Babor forest is considered an isolated population (no exchange of individuals with other nearby populations). Due to its isolated location, it can neither receive other individuals from other nearby populations (immigrants) nor allow its individuals to nest elsewhere (migrants) because of the absence of an ecological corridor. It would be interesting to create an ecological passage (corridor) between this forest and the nearest forest of Tababart over a distance of 4 km, to allow the species' individuals to fly between these isolated habitat patches (Bougaham et al. 2021).

Acknowledgements

We would like to thank Jean Paul Ledant, for agreeing to answer some questions about their study published in 1985 (Ledant et al. 1985). We also thank him for his valuable instructions regarding the calculating of densities and the individuals mean number per point count. We would like to thank the “Direction Générale de la Recherche Scientifique

et du Développement Technologique” (DGRSDT) which supports our Research Laboratory.

References

- Bellatrèche, M. 1994. Ecologie et Biogéographie de l'avifaune forestière nicheuse de la Kabylie des Babors (Algérie) [Ecology and Biogeography of the forest-dwelling avifauna of Kabylie des Babors (Algeria)]. – Doctoral Thesis, Dijon, University of Bourgogne, France (in French).
- Bellatrèche, M. & Chalabi, B. 1990. Données nouvelles sur l'aire de distribution de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* [New data on the range of the Algerian Nuthatch (*Sitta ledanti*)]. – *Alauda* 58: 95–97. (in French)
- Besnard, A. & Salles, J. M. 2000. Suivi scientifique d'espèces animales. Aspects méthodologiques essentiels pour l'élaboration de protocoles de suivis. Note méthodologique à l'usage des gestionnaires de sites Natura 2000 [Essential methodological aspects for the development of follow-up protocols. Scientific follow-up of animal species. Methodological note for use by Natura 2000 site managers]. – Rapport DREAL PACA, pôle Natura, 62, 169. http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/NT_MethodoSuiviBio_Faune_final2_cle658bab.pdf
- Blondel, J. 2000. Biogéographie, Approche écologique et évolutive [Biogeography, ecological and evolutionary approach]. – Collection Ecologie N 27. Masson (in French).
- Blondel, J. 1975. L'analyse des peuplements d'oiseaux, éléments d'un diagnostic écologique. La méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (E.F.P.) [Bird populations analysis, an ecological diagnosis element. – Progressive Frequency Sampling method (PFS)]. – *La Terre et la Vie* 29: 533–589. http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/58479/LATERREETLAVIE_1975_4_533.pdf. (in French)

- Blondel, J. 2007. Coping with habitat heterogeneity: the story of Mediterranean Blue Tits. – *Journal of Ornithology* 148(1): 3–15. DOI: 10.1007/s10336-007-0161-1.
- Bouaza, F. & De Smet, K. 1984. La structure forestière du mont Babor [The Mount Babor forest structure]. – *Silva Gandavensis* 50: 65–84. DOI: 10.21825/sg.v50i0.963 (in French)
- Bougaham, A. F., Benazouz, A. & Bouchareb, A. 2017. Reproduction et soins parentaux chez la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* en forêt de Guerrouche (Jijel, Algérie) [Breeding and parental care in the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti* in the Guerrouche forest (Jijel, Algeria)]. – *Alauda* 85(4): 42–34. (in French)
- Bougaham, A. F. Hamitouche, S. & Bouchareb, A. 2020. Trois nouvelles localisations de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* en Algérie [Three new locations of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti* in Algeria]. – *Alauda* 88(2): 147–148 (in French).
- Bougaham, A. F. & Rebbas, K. 2020. Nouvelle station de *Cephalanthera rubra* (Orchidaceae) au Babor (nord-est de l'Algérie) [New station of *Cephalanthera rubra* (Orchidaceae) in Babor (north-eastern Algeria)]. – *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège* 89: 115–122. (in French)
- Bougaham, A. F. Rebbas, K. & Vela, E. 2020. Découverte d'*Epipactis microphylla* (Orchidaceae) au Djebel Babor (nord-est de l'Algérie), orchidée nouvelle pour l'Afrique du Nord [Discovery of *Epipactis microphylla* (Orchidaceae) in Djebel Babor (north-eastern Algeria), a new orchid for North Africa]. – *Flora Mediterranea* 30: 261–271. DOI: 10.7320/FlMedit30.261 (in French with English Summary)
- Bougaham, A. F. Zemouri, M., Hamitouche, S. & Bouchareb, A. 2021. Découverte dans le Djebel Tababort (nord-est de l'Algérie) d'un nouveau site de reproduction de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* [Discovery in the Djebel Tababort (north-east Algeria) of a new breeding site of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*]. – *Bulletin de la Société*

- Royale des Sciences de Liège 90: 241–248. DOI: 10.25518/0037-9565.10540 (in French with English Summary)
- Boulinier, T., Danchin, E., Monnat, J. Y., Doutrelant, C. & Cadiou, B. 1996. Timing of prospecting and the value of information in a colonial breeding bird. – *Journal of Avian Biology* 27: 252–256. DOI: 10.2307/3677230.
- Brichetti, P. & Di Capi, C. 1987. Conservation of the Corsican Nuthatch *Sitta whiteheadi* Sharpe, and proposals for habitat management. – *Biological Conservation* 39(1): 13–21. DOI: 10.1016/0006-3207(87)90003-6
- Chalabi, B. 1989. Du nouveau à propos de l’aire de distribution de la Sittelle kabyle (*Sitta ledanti*) [News on the distribution area of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*]. – *Aves* 26: 233–234. (in French)
- Duplan, L. 1952. La région de Bougie. Publication Du XIXème Congrès Géologique International, Monographies Régionales, 1er Série [Bougie region. The XIXth International Geological Congress Publication, Regional Monographs, 1st Series]. – *Algérie* 17: 40.
- Frochot, B. 2010. Les méthodes de recensement d’oiseaux appliquées aux suivis pluriannuels [Bird census methods applied to multi-annual follow-up]. – *Revue Scientifique Bourgogne-Nature* 11: 123–130. https://observatoire.shna-ofab.fr/fchiers/bn11-p123a130_1461578283.pdf. (in French)
- Gatter, W. & Mattes, H. 1979. Zur Populationsgrösse und Ökologie des neuentdeckten Kabylenkleibers *Sitta ledanti* Vielliard 1976 [Population size and biology of the newly-discovered Kabyle Nuthatch *Sitta ledanti* Vielliard 1976.]. – *Journal für Ornithologie* 120(4): 390–405. DOI: 10.1007/BF01642912 (in German)
- Gharzouli, R. 2007. Flore et végétation de la Kabylie des Babors: étude foristique et phytosociologique des groupements forestiers et post-forestiers des djebels Takoucht,

- Adrar ou-Mellal, Tababort et Babor [Flora and vegetation of Babors Kabylia: floristic and phytosociological study of the forest and post-forest groups of the Takoucht, Adrar ou-Mellal, Tababort and Babor djebels]. – Doctoral thesis, Sétif: universiy of Sétif Algeria (in French)
- Gharzouli, R. & Djellouli, Y. 2005. Diversité foristique de la Kabylie des Babors (Algérie) [The floristic diversity of the Babors forest lands (Algeria)]. – Science et changements planétaires/Sécheresse 16(3): 217–223. (in French)
- Gibbs, J. P. 2006. Applied Demography. – New York: Network of Conservation Educators and Practitioners, Center for Biodiversity and Conservation, American Museum of Natural History. <http://ncep.amnh.org>.
- Haddad, K. & Afoutni, L. 2019. La Sittelle kabyle *Sitta ledanti*: nouvelle localité, répartition et habitat [Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*: new locality, distribution and habitat]. – Ornithos 26(2): 83–94. (in French)
- Hamitouche, S. & Bougaham, A. F. 2021. Algerian Nuthatch (Vielliard, 1976): Current challenges of an endemic species. – Ornis Hungarica 29(2): 167–176. DOI: 10.2478/orhu-2021-0027.
- Harris, I., Osborn, T. J., Jones, P. & Lister, D. H. 2020. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. – Sci Data 7: 109. DOI: 10.1038/s41597-020-0453-3
- Horn, H. S. 1968. The adaptive significance of colonial nesting in the Brewer's Blackbird (*Euphagus cyanocephalus*). – Ecology 49(4): 682–694. DOI: 10.2307/1935532
- Isenmann, P. & Moali, A. 2000. Oiseaux d'Algérie [Birds of Algeria]. – SEOF Paris (in French) IUCN 2012. IUCN Red List Categories and Criteria Version 3.1. 2nd ed. – Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN

- J.O.R.A. (Journal Officiel de la République Algérienne) 2012. Décret exécutif n°12-235 du 10 juin 2012, fixant la liste des espèces animales non domestiques protégées [Executive decree n°12-235 of 10 juin 2012 establishing the list of protected non-domestic animal species]. – Journal officiel de la République algérienne, pp. 5–11. (in French)
- J.O.R.A. (Journal Officiel de la République Algérienne) 2012. Décret exécutif n°12-03 du 18 janvier 2012, complétant la liste des espèces végétales non cultivées et protégées [Executive decree n°12-03 of 18 January 2012, completing the list of non-cultivated and protected plant species]. – Journal Officiel de la République Algérienne, pp. 12–39. (in French)
- J.O.R.A. (Journal Officiel de la République Algérienne) 2019. Décret exécutif n° 19-147 du 08 Mai 2019 portant classement du territoire de Babor-Tababort, wilayas de Sétif, Béjaïa et Jijel, en parc national [Executive decree n° 19-147 of 08 May 2019 classifying the territory of Babor-Tababort, wilayas of Sétif, Béjaïa and Jijel, as a national park]. pp. 12–14. (in French)
- Jacquet, S. 2000. Dynamique des populations picoplanctoniques marines [Dynamics of marine picoplankton populations]. – Doctoral thesis, Paris: university of Paris 6, France, <https://hal.sorbonne-universite.fr/tel-01116025/document> (in French)
- Kricsfalussy, V. 2012. Population Dynamics. – In: Vasey, D. E., Fredericks, S. E., Shen, L., Thompson, S. & Lei, S. (eds.) Berkshire Encyclopedia of Sustainability, Vol. 4. – Natural Resources and Sustainability 1sted., pp. 313–316.
- Lebreton, J. D. 2019. Un tour d’horizon de la démographie des oiseaux [An overview of bird demography]. – Alauda 87(2): 107–124 (in French).
- Ledant, J. P. 1977. La Sittelle kabyle (*Sitta ledanti* Vielliard), espèce endémique montagnarde récemment découverte [The Algerian Nuthatch (*Sitta ledanti* Vielliard), endemic species recently discovered]. – Aves 14: 83–85 (in French).

- Ledant, J. P. 1981. Conservation et fragilité de la forêt de Babor, habitat de la Sittelle kabyle [Conservation and fragility of the Babor forest, habitat of the Algerian Nuthatch]. – *Aves* 18(1–2): 1–9 (in French)
- Ledant, J. P. & Jacobs, P. 1977. La Sittelle kabyle (*Sitta ledanti*): Données nouvelles sur sa biologie [The Algerian Nuthatch (*Sitta ledanti*): new data on its biology]. – *Aves* 14: 233–242 (in French)
- Ledant, J. P., Jacobs, P., Ochando, B. & Renault, J. 1985. Dynamique de la forêt du Mont Babor et préférences écologiques de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* [Mount Babor forest dynamics and ecological preferences of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*]. – *Biological Conservation* 32(3): 231–254. (in French).
- Mayache, M. E., Khider, B. & Moulai, R. 2021. Données récentes sur la distribution de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* en Algérie [New data on the distribution of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*]. – *Alauda* 89(2): 135–138 (in French)
- Migot, P. & Linard, J. C. 1984. Recensement et distribution des nids dans une colonie plurispécifique de Goélands (*Larus argentatus*, *Larus fuscus*, *Larus marinus*) [Census and distribution of nests in a colony multi-species of gulls (*Larus argentatus*, *Larus fuscus*, *Larus marinus*)]. – *Alauda* 52(4): 248–255. (in French)
- Moulai, R. & Mayache, M. E. 2018. Un nouveau site de reproduction pour la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* [A new breeding site for the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*]. – *Alauda* 86(4): 73–74 (in French)
- Nevoux, M. 2008. Réponse démographique des populations longévives aux changements climatiques: importance de la variabilité spatio-temporelle et de l'hétérogénéité individuelle [Demographic response of longevity populations to climate change: spatio-temporal variability importance and individual heterogeneity]. – Doctoral thesis, La Rochelle: Université of La Rochelle, France <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00245570>. (in French)

- Nichols, J. D. & Williams, B. K. 2006. Monitoring for conservation. – *Trends in Ecology & Evolution* 21(12): 668–673. DOI: 10.1016/j.tree.2006.08.007
- Nilsson, S. G. 1982. Seasonal variation in the survival rate of adult Nuthatches *Sitta europaea* in Sweden. – *Ibis* 124(1): 96–100. DOI: 10.1111/j.1474-919X.1982.tb03748.x
- Nilsson, S. G. 1987. Limitation and regulation of population density in the Nuthatch *Sitta europaea* (Aves) breeding in natural cavities. – *The Journal of Animal Ecology* 56(3): 921–937.
- Schemske, D. W., Husband, B. C., Ruckelshaus, M. H., Goodwillie, C., Parker, I. M. & Bishop, J. G. 1994. Evaluating approaches to the conservation of rare and endangered plants. – *Ecology* 75(3): 585–606. DOI: 10.2307/1941718.
- Thibault, J-C., Prodon, R., Villard, P. & Seguin, J. F. 2006. Habitat requirements and foraging behavior of the Corsican Nuthatch (*Sitta whiteheadi*). – *Journal of Avian Biology* 37(5): 477–486. DOI: 10.1111/j.0908-8857.2006.03645.x
- Vielliard, J. 1976a La Sittelle kabyle [Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*]. – *Alauda* 44 (3): 351–352. (in French) Vielliard, J. 1976b Un nouveau témoin relictuel de la spéciation dans la zone méditerranéenne: *Sitta ledanti* (Aves: Sittidae) [A new relictual witness of speciation in the Mediterranean area: *Sitta ledanti*]. – *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences* 83(2): 1193–1195. (in French)
- Vielliard, J. 1978. Le Djebel Babor et sa Sittelle, *Sitta ledanti* Vielliard 1976. [The Djebel Babor and its Nuthatch, *Sitta ledanti* Vielliard 1976]. – *Alauda* 46(1): 1–42 (in French)

- Villard, P., Besnard, A., Thibault, J. C., Recorbet, B. & Prodon, R. 2014. Selection of mature and old stands by Corsican Nuthatch *Sitta whiteheadi* in harvested forests. – Ibis 156(1): 132–140. DOI: 10.1016/j. yqres.2016.01.002
- Weimerskirch, H., Brothers, N. & Jouventin, P. 1997. Population dynamics of Wandering Albatross *Diomedea exulans* and Amsterdam Albatross *D. amsterdamensis* in the Indian Ocean and their relationships with long-line fisheries: conservation implications. – Biological Conservation 79(2–3): 257–270. DOI: 10.1016/S0006-3207(96)00084-5
- Wesołowski, T. & Stawarczyk, T. 1991. Survival and population dynamics of Nuthatches *Sitta europaea* breeding in natural cavities in a primeval temperate forest. – Ornis Scandinavica 22(2): 143–154.
- Wiens, J. A. 1977. On Competition and Variable Environments: Populations may experience “ecological crunches”, variable climates, nullifying the assumptions of competition theory and limiting the usefulness of short-term studies of population patterns. – American Scientist 65(5): 590–597.
- Zemouri, M., Asloune, L., Adrar, A., Bouchareb, A. & Bougaham, A. F. 2021. Nestling diet of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*, an endemic threatened bird in Babors’ Kabylia region (north-eastern Algeria). – Ostrich 92(2): 1–9. DOI: 10.2989/00306525.2021.1923582

**Chapitre 4 : Proies potentielles
et conservation de la Sittelle
kabyle**

Abrégé article 5

Abrégé de l'article 5

Proies potentielles de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* (Vielliard, 1976) et implications de la conservation

Le régime alimentaire des sittelles a été largement étudié dans le contexte de la niche trophique. La plupart des recherches sur le régime alimentaire des sittelles ont été menées sur des adultes (Beal 1907 ; Anderson 1976b ; Mahammadi *et al.*, 2016). Alors que, les études sur le régime alimentaire des oisillons ont été largement ignorées ; nous pensons même que celui des oisillons est similaire à celui des adultes (Pravosudov et Pravosudova 1996). Le régime alimentaire des adultes de la plupart des sittelles a été étudié par analyse du contenu stomacal, où les oiseaux sont tués. Il contient des arthropodes, des araignées et du matériel végétal (Beal 1907 ; Anderson 1976 ; Mahammadi *et al.*, 2016). Néanmoins, pour cette étude, nous avons choisi d'examiner les sacs fécaux des oisillons, car ils sont plus appropriés du point de vue qu'ils offrent la possibilité de ne pas tuer ou déranger les oiseaux, en particulier pour les espèces endémiques et menacées comme la Sittelle kabyle (Ralph *et al.*, 1985). La Sittelle kabyle est la 28^{ème} et dernière espèce connue de sittelle du groupe des Sittidae (Gill *et al.*, 2020 ; Päckert *et al.*, 2020). Birdlife International (2021) l'a classé dans la catégorie en voie de disparition en raison de son aire de répartition limitée et de la dégradation de son habitat (Stattersfield *et al.*, 1998). Les taxons proies de cette espèce ont été quantifiés et identifiés par Zemouri *et al.* (2021), bien que ces travaux n'aient été menés que dans une seule forêt de feuillus. L'objectif principal de ce présent travail est de poursuivre une des perspectives avancées par Zemouri *et al.* (2021) en élargissant la portée de l'étude à l'ensemble de son aire de répartition et également pour confirmer la composition du régime alimentaire de ses oisillons dans un type de forêt différent, notamment la forêt sempervirente de Babor. La zone d'étude couvrait cinq forêts séparées par des habitats inhospitaliers (Harrap 2002). Ces forêts sont les habitats les plus denses de l'espèce (Hamitouche et Bougaham 2021). La forêt de Guerrouch qui couvre une superficie de 10 859,7 hectares (ha) (Bellatrèche et Chalabi 1990) et la forêt de Larbaâ qui totalise une superficie de 700 ha (Hamitouche *et al.*,

2021). La forêt de Djimla compte 1000 ha (Bougaham *et al.*, 2018). La forêt de Babor est d'une superficie de 1268 ha (Ledant *et al.*, 1985) et la forêt de Tamentout avec une superficie de 9688 ha [(Bouddy 1955) dans (Bellatrèche 1990)]. Les sacs fécaux des oisillons de l'espèce ont été directement collectés dans les nids. Les échantillons ont été récupérés après l'envol pour éviter de perturber les couvées. Pour plus de détails consulter Zemouri *et al.* (2021). L'analyse des sacs fécaux a été réalisée en laboratoire. Nous avons observé et compté les fragments de taxons de proies dans une boîte de Pétri à l'aide d'un zoom stéréo binoculaire et trinoculaire Olympus Z410 avec un grossissement (0,67-4,5 X 10). Pour identifier et photographier les fragments les plus complets, nous avons utilisé un appareil photo Canon Eos adaptable sur un stéréo zoom trinoculaire. Le principe de cette procédure consistait à récupérer les différents fragments, qui se trouvent dans les sacs fécaux, à l'aide de pinces entomologiques, et à les organiser selon les type de fragment (comme l'élytre, la tête, le pronotum, etc.). Après leur identification, les éléments de chaque proie sont comptés. Ce nombre d'items se déduisait ainsi : à un item correspondaient une tête, un élytre ou deux, une mandibule ou deux. Si les fragments sont trop endommagés, comme les pattes, les ailes ou les abdomens, ils sont comptés comme un seul item. Un stéréo zoom trinoculaire et du papier millimétré ont été utilisés pour mesurer des fragments complets de chaque proie, tels que la tête, le pronotum ou l'élytre, afin de déterminer la taille de chaque proie. En multipliant la longueur précédemment mesurée selon le type de fragment et selon la proportion indiquée dans sa classification, la taille du taxon proie est estimée (Calver et Wooller 1982). Nous avons également calculé l'intervalle de classe de taille (C) en utilisant la loi de Sturge (1926). De nombreux indices écologiques ont été utilisés pour décrire le régime alimentaire des oisillons de la Sittelle d'Algérie à savoir, la richesse totale (S), la richesse spécifique (s), la fréquence d'abondance (FA), la fréquence d'occurrence (FO) et en fin l'indice de diversité (H'). Un graphique connu sous le nom de graphique Costello a été conçu pour montrer la stratégie de chasse, les préférences et les proies potentielles du prédateur (Costello 1990). Nous avons effectué une classification hiérarchique ascendante à l'aide du logiciel R Version i386 4.1.2 (2021) basée sur la similarité des abondances relatives (RA) enregistrées par les taxons proies identifiés dans le régime alimentaire des

oisillons de l'espèce. En outre, nous avons réalisé des tests statistiques pour : (1) vérifier s'il existe une relation entre les abondances relatives de taxons de proies consommées par les oisillons de Sittelle kabyle selon le type d'habitat, (2) vérifier s'il existe une relation entre les abondances relatives des classes de taille de taxons proies consommées dans les cinq forêts, (3) vérifier s'il existe une relation entre la richesse spécifique moyenne « s » par sac fécal (4) vérifier s'il existe une relation dans la taille moyenne des taxons proies consommés. L'analyse a révélé la présence de 89 taxons de proies différents. Les taxons proies identifiés appartenaient aux arthropodes et aux gastéropodes. Les arthropodes sont constitués de deux groupes de proies, les insectes et les araignées. Insectes (81 taxons de proies), araignées (sept taxons de proies) et gastéropodes (un seul taxon de proies). Dans les cinq forêts analysées, *Forficula auricularia* (Dermaptera), *Oxythyrea funesta* (Coleoptera), *Elasmuchasp.* (Hémiptères), *Anthaxiasp.* (Coléoptères), *Cerambycidae sp. 2* (Coléoptères) et *Camponotus sp. 1* (Hyménoptères) étaient les groupes de proies les plus consommés. Les taxons proies ont une taille allant de 1,5 mm à 30 mm. Il existe une différence significative entre les tailles moyennes des proies consommées dans les cinq forêts étudiées. Les proies qui mesurent entre 11 mm et 15,75 mm, comme *Forficula auricularia* et *Anthaxiasp.* sont ceux que ces Sittelles recherchent le plus pour nourrir leurs oisillons dans les nids. Il n'y a pas de différence significative entre les classes de taille des proies consommées dans les cinq forêts. La forêt de Guerrouch a enregistré le nombre moyen de sacs fécaux par nid le plus élevé, la valeur d'indice de Shannon-Weaver (H') la plus élevée, la richesse totale (S) la plus élevée et le nombre moyen de proies par sac fécal le plus élevé. Entre les cinq forêts, il existe une différence statistique significative entre le nombre moyen de proies par sac fécal analysé. Six taxons proies potentiels sont représentés dans le graphique de Costello à savoir : *Forficula auricularia*, *Oxythyrea funesta*, *Elamucha sp.*, *Anthaxia sp.*, *Camponotus sp. 1* et Lépidoptères sp. 1. Le diagramme hiérarchique a affiché trois groupes distincts qui partagent un niveau élevé de similitudes en fréquence d'abondance. Dans le premier groupe, il n'y a qu'une seule proie, qui est *Forficula auricularia*. Le deuxième groupe compte 84 proies. Le troisième groupe comprend quatre proies. Les tendances alimentaires des oisillons de Sittelle kabyle ont été étudiées dans quatre grandes forêts,

et elles étaient identiques à celles précédemment trouvées dans la forêt de feuillus de Tamentout (Zemouri *et al.*, 2021). Bien qu'ils ne comptent que deux espèces (*Forficula auricularia* et *Anisolabis mauritima*), les dermaptères restent l'ordre dans lequel les oisillons mangent le plus de tous les autres groupes de proies. Parmi toutes les sittelles, seules la Sittelle d'Algérie et la Sittelle à poitrine blanche ont un régime alimentaire essentiellement composé de *Forficula auricularia* (Anderson 1976 ; Zemouri *et al.*, 2021). Les jeunes oiseaux consomment des mollusques (gastéropodes), mais dans de faibles proportions, notamment dans les forêts de Babor (RA = 0,19%) et de Larbaâ (RA = 1,85%). Cette faible consommation chez les gastéropodes pourrait être liée à leur faible valeur nutritionnelle (Allen 2004 ; Rosin *et al.*, 2011). Que ce soit dans les forêts de feuillus ou les forêts sempervirentes, les proies fréquemment consommées par les oisillons de l'espèce restent les mêmes. Le même constat a été observé pour la Sittelle torchepot malgré le changement dans le type de peuplements forestiers (Renner 2012). *Forficula auricularia* reste la proie la plus consommée. Cela pourrait être dû au fait que les nids échantillonnés dans la forêt de Babor étaient situés dans des parcelles de forêts mixtes entre le cèdre de l'Atlas et le chêne zéen, sachant que le chêne d'Algérie constitue le support privilégié de la Sittelle kabyle lors de sa quête alimentaire (Ledant et Jacobs 1977 ; Viellard 1978 ; Ledant 1981 ; Ladant *et al.*, 1985 ; Bellatrèche et Boubakeur 1995). Cependant, une différence significative a été trouvée pour les fréquences d'abondance (FA) des proies consommées dans les forêts de feuillus vs sempervirentes. Idem pour le nombre moyen de proies par sac (s) fécal (s). Ces résultats peuvent s'expliquer par le type de peuplement forestier et l'existence ou non du sous-étage (Hirao 2009). Cette différence dans la structure verticale de la forêt peut expliquer la valeur du changement de l'indice de Shanon-Weaver dans le régime alimentaire des oisillons entre les forêts analysées. *Oxythyrea funesta* est considérée comme la deuxième proie la plus répandue dans l'alimentation des oisillons de la Sittelle kabyle. Le fait que cette dernière proie soit largement dispersée dans les différents écosystèmes humides du nord de l'Algérie, peut être la cause de sa forte consommation (Sabatinelli 1981 ; Mikšić 1982) et peut avoir deux cycles de reproduction annuel (mars-août) (Micó et Galante 2003). Les endroits fréquentés par le taxon proie sont l'écorce d'arbre, le bois en décomposition provenant d'arbres creux et

le bois pourri provenant d'arbres tombés (Vondráček *et al.*, 2018 ; Tomás-Biosca et Galante 1978). Ce qui correspond aux endroits préférés de chasse de la Sittelle kabyle (Bellatrèche et Boubakeur 1995 ; Zemouri *et al.* 2021). Les variations constatées dans la taille des proies consommées par les poussins de l'espèce, renforcent l'approche de spécialisation de la Sittelle d'Algérie pour nourrir ses poussins.

Article 5

Potential prey and conservation implications of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti* (Vielliard1976)

Mourad Zemouri, Mehdi Baba-Ahmed, Khaled Meddouri, Lydia Hani, Meriem Beldjoudi, SabahTighlit, Asma Khemis and Abdelazize Franck Bougaham

Abstract

The Algerian Nuthatch (*Sitta ledanti*), which is mentioned on the Red List of threatened species, is one of the first protected birds in Algeria. The species' populations are distributed with low numbers in Babors' Kabylia in northeastern Algeria. The diet composition of the species has been studied on a large scale in five large forests. The diet analysis method is based on the identification of the different prey items found in the fecal sacs of the nestlings. We divided the 89 identified prey into 81 insects, 7 arachnids and 1 gastropod, giving 88 arthropods and 1 mollusc. According to both the Cluster Dendrogram and the Costello graph, the Algerian Nuthatch becomes a specialist species while searching for prey to feed its nestlings. This supply of specific prey for nestlings has been observed in both evergreen (Atlas cedar or Algerian fir) and deciduous (Algerian or African oaks) forests. Only the relative abundances (RA) of each prey consumed, prey number per fecal sac, and prey diversity by forest type showed differences. The low proportion of gastropods found in the fecal sacs of Algerian Nuthatch nestlings may explain the low nutritional value of this prey or may also be due to its low abundance. The species' nestlings consumed a lot of European Earwig (*Forficula auricularia*) and White spotted rose beetle (*Oxythyrea funesta*) which could be due to their high energy intake and abundance in the area near the nests. Repeated fires and other anthropogenic activity constitute direct threats to the species' habitat,

and its specialized diet on certain prey weakens the survival of this species with endangered conservation status.

Keywords

Algerian Nuthatch, nestlings, diet, fecal sacs, potential prey, conservation issues, Babors' Kabylia

Introduction

The nuthatches' diet has been widely studied in the context of trophic niche. Most research on the nuthatches' diet has been conducted on adults.¹⁻³ However, studies of nestlings' diet have been largely ignored; even it is believed that nestlings' diet is similar to those of adults.⁴ To understand the biology and ecology of birds, studies on nestlings' diet are necessary.⁵ Considering that nestlings are the birds' future generations, their diets may provide as a multifunctional biotic component and could be the main determinant of population viability. The nestlings' diet is interestingly placed in the context of understanding the conservation strategies of a threatened species since knowledge of the prey consumed by the birds could be influence the breeding success.

The nuthatches nestlings' diet is rarely studied, with the exception of the Eurasian Nuthatch (*Sitta europaea*) and the Algerian Nuthatch.^{6,4,7,8} Adult diets of most nuthatches have been studied by stomach content analysis, where birds are killed. It's contains arthropods, spiders and plant material.¹⁻³ Nonetheless, we chose to examine the nestlings' fecal sacs for this study since it is more appropriate from the standpoint that it provides the opportunity to not kill or disturb the birds, especially for endemic and threatened species such as the Algerian Nuthatch.⁹ However, no detailed description of the Mesogean nuthatches diet' has been provided, with the exception of the Algerian Nuthatch⁸ where the European earwig (*Forficula auricularia*) is the main prey to feed its nestlings, and the species searches for arthropods in the dead wood of all types of trees

during the breeding season, preferring the Algerian oak (*Quercus canariensis*) as the main support for food quests.^{10,11}

The Algerian Nuthatch is the 28th and last known species of Nuthatches in the group Sittidae.^{12,13} It was initially discovered in 1975 by Jean-Paul Ledant¹⁴ in the Babor forest located in the Babors' region of northeastern Algeria.¹⁵ This species is a passerine bird of the small nuthatches group¹³ that lives on the southern edge of the Palearctic biogeographic area in North Africa¹⁶ and is a part of the Mesogean clade.¹⁷ Birdlife International¹⁸ has categorised it as En- dangered due to its limited distribution area and habitat degradation.¹⁹ Since 1983, the Algerian government has designated it a protected species.²⁰ Only the forests present in Taza National Park²¹ and Babor-Tababart National Park²² are protected across the entirety of the species' distribution range. Since its discovery, the genus *Sitta* has received a global phylobiogeographical revision.²³ The Algerian Nuthatch has been discussed in more than 36 papers covering different bio-ecological fields.²⁴ The diet of this endangered and endemic species has, however, not been the subject of many investigations. The prey of this species will only be quantified and identified by Zemouri et al.,⁸ although this work was only conducted in one deciduous forest.

Le Fur et al.²⁵ and Bellatrèche and Boubaker¹¹ were limited to direct observation of the species' foraging behaviour, but Zemouri et al.⁸ provided accurate information on the prey given to the nestlings through the analysis of fecal sacs.⁵ Indeed, the study by Zemouri et al.⁸ was carried out on a small scale by focusing only on the analysis of fecal sacs from the species' nestlings in Tamentout deciduous forest. In this study, we investigated into the nestling diet composition which is a biotic component of its ecological niche. The main aim is to continue on one of the perspectives put forth by Zemouri et al.⁸ by expanding the scope of the study to its entire distribution area and also to confirm the diet composition of its nestlings in a different forest type including the evergreen forest of Babor.

Material and methods

Study area

The study area covered five sites of forests (Figure 1) which was separated by inhospitable habitats.²⁶ These forests are the most important habitats of the species.²⁷ The Guerrouch forest which covers an area of 10 859.7 hectares (ha) in the district of Jijel, is the largest forest²⁸ and the Larbaa^ forest which has an area of 700 ha, is the smallest one.²⁹ The Djimla forest covers 1000 ha³⁰ and spreads over two districts Jijel and Mila. The Babor forest with an area of 1268 ha³¹ is located in the district of Sétif while the Tamentout forest with an area of 9688 ha is spread over three districts namely Jijel, Sétif and Mila (Bouddy 1955 in³²). Babors' Kabylia is traversed by mountains chain where the peak (2004m.) is located in Mount Babor.³³ The geology of this biogeographical sector is formed by the Cretaceous in the west and the micaschists in the east.³³ Excepted the Babor forest where the tree stratum is dominated by evergreen species represented by the Atlas cedar *Cedrus atlantica*, the Algerian fir *Abies numidica*, and the Aspen *Populus tremula*, the others forests studied are deciduous broad leaved forests dominated by the Algerian oak *Quercus canariensis* and the African oak *Quercus afares*.³¹ The average annual temperature in this region between 1901 and 2019 was 15.72 °C, with the coldest months having an average temperature of 9.05 °C and the hottest months having an average temperature of 23.02 °C.³⁴ Particularly on Babor Mount, the snow periods last an average of five months.³⁵

Samples recovery

The species' nestlings' fecal sacs were directly collected from the nests. This type of sample is recovered after the fledgling to prevent disturbing the broods.⁸ Towards the end of the feeding phase, when the parents were more concerned with the supply of prey than with the upkeep of the nests, this hole nesting bird's nestlings' fecal sacs become accessible.³⁶ We collected both whole and damaged sacs (disaggregated samples) during the three breeding seasons (2019-2021). Each fecal sac was stored individually in an

Eppendorf tube with a label. In this study, 356 fecal sacs were collected from 17 nests that were sampled (Table 2).

Analysis and prey identification

Fecal sacs analysis was accomplished in the laboratory. We observed and counted the prey taxa fragments in a Petri dish using an Olympus Z410 binocular and trinocular stereo zoom with a magnification (0.67-4.5 X 10). To identify and photograph the most complete fragments, we employed a Canon Eos camera adaptable on a trinocular stereozoom. In a Petri dish we pour the fecal sac which will be quickly softened by drops of water. The remaining steps of this procedure involved collecting the various fragments with entomological forceps, laying them in another Petri dish lined in absorbent paper, and organising them according to the considered prey components (such as the elytron, head, pronotum, etc.). After their identification, the items of each prey are counted. This number of items was deduced as follows: a head, an elytron or two, a mandible or two corresponded to an item. If the fragments are too-damaged, such as its legs, wings, or abdomen, it is counted as a single item.

The identification is made on the basis of the most complete and less damaged fragments. For the prey taxa that are most consumed, this identification was peculiarly done down until the genus and species level. Spider identification quest effort stopped at order level. Legs and chelicerae are characteristics that distinguish this prey-order.³⁷ The shell fragments presence allowed for the identification of the gastropods-prey.^{38,39} The insects-prey identification is based on their morphological shape and the recognition of the external characteristics on their elytra, heads, and thoraxes.^{40,9,41,42,43}

Some prey taxa identified during the study already conducted in Tamentout forest, including Cerambycidae sp., Coleoptera sp. et *Camponotus* sp.⁸ change their nomenclatures in order to become in this present work Cerambycidae sp.1, Coleopterasp.1, *Camponotus* sp.1, respectively. Moreover, we assigned some prey taxa zero occurrence frequencies ($RA > 0$, $FO = 0$) because they were only found in the

disaggregated samples and absent from the 356 fecal whole sacs examined (Supplementary Material).

Prey size

A Trinocular stereo zoom and graph paper were used to measure complete fragments of each prey, such as the head, pronotum, or elytron, in order to determine each prey's size (Supplementary Material). By multiplying the length previously measured in accordance with the type of the fragment and in accordance with the proportion that is stated in its classification, the size of the prey taxa is determined.³⁷ We were able to estimate the size of 44 preys taxa based on the complete fragments. We also calculated the size class interval (C) of prey taxa consumed in the five forests.

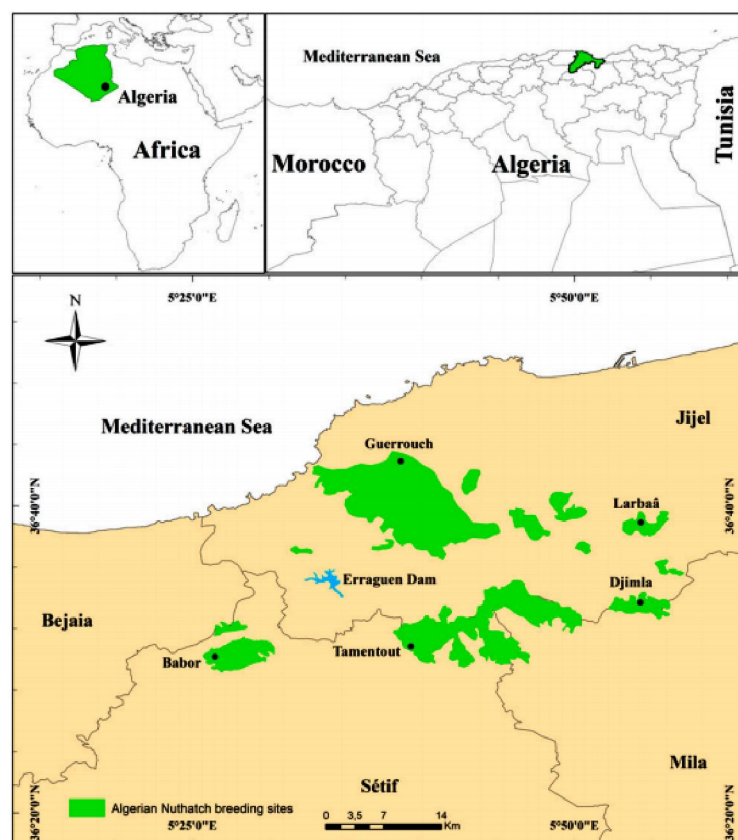


Figure 1. Geographical location map of the five study areas (Babors' Kabylia, Algeria).

We used Sturge's law,⁴⁴ $C = R / (1 + 3.322 \log n)$, where n is the number of items and (R) is the range. The latter is determined by deducting the lower measurement value from the upper measurement value for all estimated prey taxa sizes. $R = \text{upper size} - \text{lower size}$. The arithmetic mean (M) of the prey taxa sizes consumed in each forest was calculated with its standard deviation (SD).

Diet diversity

Many ecological indices have been used to describe the Algerian Nuthatch nestlings' diet. The total richness (S) and the specific richness (s), where (S) denotes the total number of identified prey taxa in all fecal sacs analysed and " s " denotes the average number of identified prey taxa in a single fecal sac.⁴⁵ Additionally, we determined the relative abundances (RA) and frequencies of occurrences (FO) of each prey taxa. The relative abundance is the ratio between the number of items belonging to one prey taxa and the total number of items belonging to all prey taxa, and the frequency of occurrence is the ratio between the number of fecal sacs containing the prey taxa and the overall number of fecal sacs analysed.⁴⁶ A graph was created using these two frequencies as the basis, with the relative abundances on the y-axis and the frequencies of occurrence on the x-axis. This particular graph, known as a Costello graph, is used to display a predator's hunting strategies, preferences, and potentials prey.⁴⁷ The following formula was used to determine each forests' diet diversity (H') : $H' = -\sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$ p_i is the ratio between the number's prey taxa items and the total number of items in the forest and $\ln$ is the natural logarithm. It is important to emphasise that the prey taxa found in the disaggregated parts of our fecal samples were not included on the calculation of average richness (s) and occurrence frequencies (FO).

Statistical tests

We performed a hierarchical ascending classification (Hierarchical Clustering) using the software R Version i386 4.1.2 (2021) based on the similarity of the relative abundances (RA) recorded by the prey taxa identified in the species nestlings' diet. Also, we

conducted two types of statistical testing for independence: a parametric Chi-square test and a non-parametric Kruskal-Wallis test. The Chi-square test was performed twice, the first time to verify whether there is a relationship between the relative abundances of prey taxa consumed by Algerian Nuthatch nestlings in deciduous versus evergreen habitats. A second time to verify whether there is a relationship between the relative abundances of the prey taxa size classes consumed in the five forests. The Kruskal-Wallis test was applied twice: once to verify whether there is a relationship between mean specific richness "s" per fecal sac and a second time, to verify whether there is a relationship in the average sizes of the prey taxa consumed.

Results

The analysis of the 356 fecal sacs revealed the presence of 89 different prey taxa comprising 2823 items (Supplementary Material). The identified prey taxa belonged to arthropods and gastropods. Arthropods are made up of two groups of prey, insects and spiders. Insects are more present in fecal sacs analyzed with 81 prey taxa. Spiders are represented by seven prey taxa and Gastropods are represented only by Gastropoda sp. Among the five forests, *Forficula auricularia* (Dermaptera), *Oxythyrea funesta* (Coleoptera), *Elasmucha* sp. (Hemiptera), *Anthaxia* sp. (Coleoptera), Cerambycidae sp. 2 (Coleoptera) and *Camponotus* sp. 1 (Hymenoptera) were the most consumed prey groups (Figure 2).

Prey size

Prey taxa that the Algerian Nuthatch chicks consumed in the five woods are estimated to have a range of size from 1.5 mm to 30 mm. The average sizes of the consumed prey taxa were between 11.19 mm and 12.05 mm (Table 1). There is a statistically significant difference between the average sizes of prey consumed in the five forests studied (Kruskal-Wallis, chi-squared = 17.867, df = 4, $P < 0.05$). The prey size classes between 15.75mm and 30mm had the less amount of prey consumed by the species' nestlings. The prey sizes between 1.5 mm and 15.75 mm were the most offered to the Algerian

Nuthatch nestlings. The prey sizes between 11mm and 15.75 mm, such as *Forficula auricularia* and *Anthaxia* sp. are the ones that these nuthatches most seek to feed their nestlings in the nests. There is no statistically significant difference between the size classes proportion of the prey eaten in the five forests (Chi-square test, chi-squared calculated = 28.266, df = 20, $P > 0.05$).

Diet diversity

The number of fecal sacs collected depended on the number of nests sampled per forest, except Guerrouch forest which recorded the highest average number of fecal sacs per nest (Table 2). The Guerrouch forest obtained the greatest values for the Shannon-Weaver index (H') and total richness (S) (Table 2). Also, Guerrouch Forest had the highest mean number (s) of prey per fecal sac. Between the five forests there is a statistically significant difference between the average number of prey items per analysed fecal sac (Kruskal-Wallis, chi-squared = 34.065, df = 4, $P < 0.05$). Additionally, there is a statistically significant difference between the relative abundances (RA) of prey consumed in deciduous and evergreen forests (Chi-square test, chi-squared calculated = 917.62, df = 612, $P < 0.05$).

Potential prey

Costello graph. Six potential prey taxa are depicted in the species nestlings' diet graphic: *Forficula auricularia*, *Oxythyrea funesta*, *Elasmucha* sp., *Anthaxia* sp., *Camponotus* sp.1 et Lepidoptera sp.1 (Figure 3). The Dermapter (*Forficula auricularia*) and the beetle (*Oxythyrea funesta*) were observed with higher values of relative abundances (RA = 26.74 %, 14.52 % respectively) and frequencies of occurrences (FO = 92.7 %, 84.83 % respectively). Two other beetles (*Elasmucha* sp. and *Anthaxia* sp.) appeared with high abundances and occurrences (RA = 7.76 %, 6.98 % and FO = 53.37 %, 42.98 % respectively), where they ranked third and fourth respectively. It should to note too the presence of a Lepidoptera (Lepidoptera sp.1) and an ant (*Camponotus* sp. 1) as favourite prey (RA = 2.66%, 3.29 % and FO = 17.42%, 16.57 % respectively) for Algerian Nuthatch to feed its youngs.

Hierarchical Clustering Analysis (HCA). The tree diagram displays three distinct groups that share high level of similarities (Figure 4). The first group (blue color), there is only one single prey, which is *Forficula auricularia*. The second group (yellow color) has 84 preys. The third group (gray color) there are four preys. In contrast to all the other preys, the first group reveals *Forficula auricularia* to be the most eaten prey. The third group isolated four other potential prey that were more or less similarly consumed (*Elasmucha* sp., *Cerambycidae* sp.2, *Anthaxia* sp. et *Oxythyrea funesta*). According to this group, *Oxythyrea funesta* is the most commonly consumed prey throughout all five woods, but *Anthaxia* sp. is more commonly consumed across four forests: Tamentout, Guerrouch, Larbaâ, and Djimla. *Elasmuchasp.* et *Cerambycidae* sp.2 were consumed in equal portions. However, only the chicks' excrement obtained from the woodlands of Guerrouch, Larbaâ, and Djimla contain the *Cerambycidae* sp. 2 prey. The *Elasmucha* sp. prey is identified in excrement recovered from the five forests sampled.

Discussion

Additional research on diet trends for Algerian Nuthatch nestlings has been conducted in four other large forests, and they are identical to those previously discovered in Tamentout's sole deciduous forest.⁸ Although having just two species (*Forficula auricularia* and *Anisolabis maritima*), Dermaptera continue to be the order that nestlings eat the most of all other prey groups. Despite having a diet that appears to be rather diversified, nestlings nuthatches observed in the five woodlands mostly consumes European earwigs.

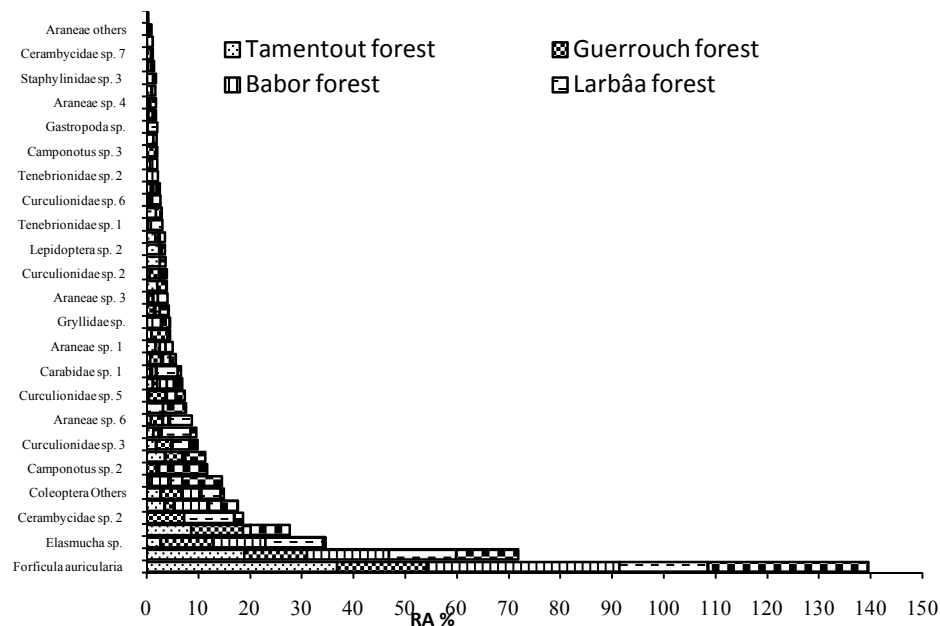


Figure 2. Diet composition of nestling Algerian Nuthatch. Coleoptera others : all Coleoptera prey with RA < 1%, Hymenoptera others : all Hymenoptera prey with RA < 1%, Hemiptera others : all Hemiptera prey with RA < 1%, Lepidoptera others : all Lepidoptera prey with RA < 1%, Insecta others : all insects prey with RA < 1% and didn't belong to the four precedent orders prey, Araneae others : all Araneae prey with RA < 1%.

Table 1. Size class of prey taxa consumed by the Algerian Nuthatch nestlings. n : number of items, RA (%) : Relative Abundance.

Size class	Tamentout		Babor		Guerrouch		Larbaâ		Djimla	
	n	RA%	n	RA%	n	RA%	n	RA%	n	RA%
[1.5-6.25[	41	13.80	44	10.1	146	16.26	10	7.09	25	19.84
[6.25-11[	100	33.67	164	37.7	275	30.62	61	43.26	23	18.25
[11-15.75[	145	48.82	223	51.3	469	52.23	70	49.65	78	61.90
[15.75-20.5[	0	0	1	0.23	0	0	0	0	0	0
[20.5-25.25[	11	3.7	2	0.46	7	0.78	0	0	2	1.59
[25.25-30]	0	0	1	0.23	1	0.11	0	0	0	0
Number of prey measured	16		26		26		17		11	
Mean prey length	11.87 ± 4.55		11.8 ± 3.84		11.19 ± 4.05		11.21 ± 3.05		12.05 ± 4.41	

Table 2. Algerian Nuthatch nestlings' diet diversity.

	Tamentout	Babor	Guerrouch	Larbaâ	Djimla
Number of nests	4	4	4	3	2
Number of faecal sacs	74	73	154	32	23
Mean of faecal sacs per nest	18.5	18.25	38.5	10.67	11.5
Number of prey (S)	39	52	61	34	28
Mean of prey per faecal sac (s)	5.35 ± 1.79	4.44 ± 1.70	6.01 ± 1.99	5.59 ± 2.21	5.04 ± 1.72
Shannon-Weaver index	2.38	2.44	3.06	2.92	2.54

Among all the nuthatches, only the Algerian Nuthatch and the White-breasted Nuthatch's diets are primarily composed of *Forficula auricularia*.^{2,8} In addition to the 39 prey taxa that the species' nestlings eat in the Tamentout forest,⁸ we were able to identify 50 different new prey taxa. This means that at least 89 different prey taxa make up the diet of Algerian Nuthatch nestlings. Set apart from eating arthropods, young birds consume molluscs (gastropods), though in low proportions, particularly in the forests of Babor (RA = 0.19%) and Larbaâ (RA = 1.85%). The same is true for the diet of other nuthatches studied elsewhere in the world, where it is dominated by arthropods.^{2,49,3,50,8} Gastropods are also eaten with low proportion by the Eurasian Nuthatch.⁵¹ This difference between the proportions of Arthropods and Molluscs found in the nestlings' fecal sacs could be linked to the most profitable prey choices in terms of energy intake^{52,53}; where the Algerian Nuthatch consumed much less gastropods because of their low nutritional value per unit of time, especially for large snails. Compared to the work needed to crack the shell, remove the soft part of the body, and deal with the slime, snails provide less energy.⁵⁴ In addition, small snails are not profitable for birds.⁵⁵ Finally this low consumption of Molluscs can also be due to its low abundance.

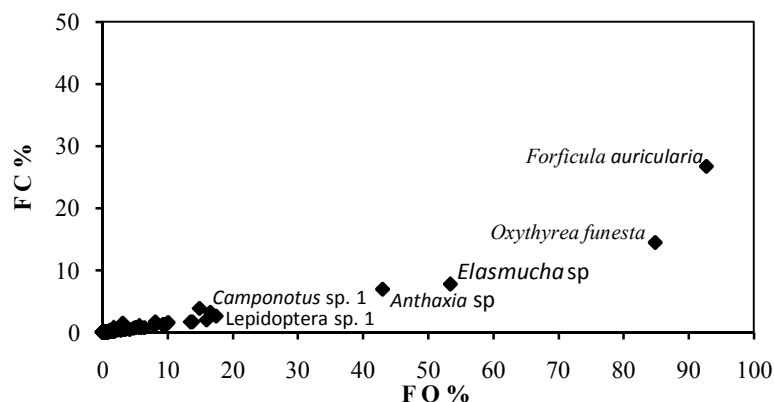


Figure 3. Costello's Graphic representation of the overall Algerian Nuthatch nestlings' diet in the five forests (Babors' Kabylia, Algeria).

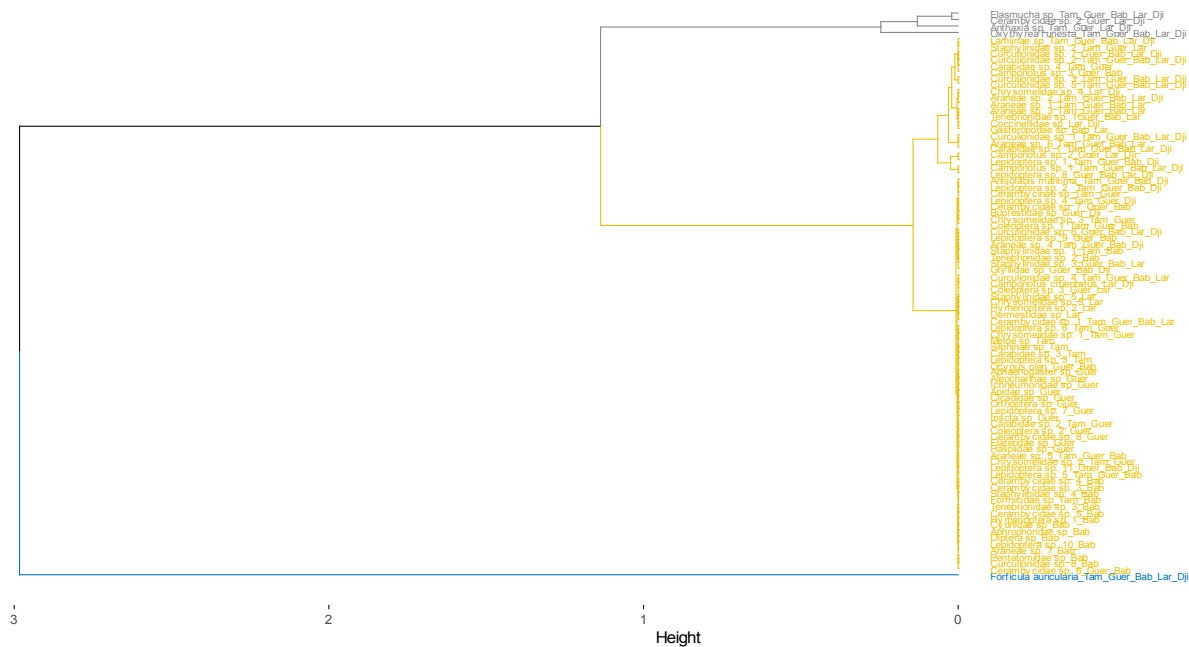


Figure 4. Dendrogram of prey taxa groups consumed according to the preferences of Algerian Nuthatch nestlings. The groups are separated according to their relative abundances' similarity (%).

Whether in deciduous forests or evergreen forests, the prey that the species' nestlings consume most frequently remains the same. Similar results were observed for the Eurasian Nuthatch despite the shift in the type of forest stands monitored.⁵⁶ Like the results obtained in the Tamentout forest,⁸ *Forficula auricularia* remains the most consumed prey, forming on its own a single group in the Dendrogram Cluster. It could be due to the fact that the nests sampled in the Babor forest were located in mixed forests patches between the Atlas cedar and the Algerian oak, knowing that the Algerian oak serves as the Algerian nuthatch's favoured support during its food quest.^{57,23,10,31,11} The average number of prey per fecal sac(s), where the difference was statistically significant between the five sampled forests. These results indicate that the potential prey types are constant in both deciduous and evergreen forests, but there is a difference in the abundances of the various prey species that are consumed. Those results can be explained by the type forest stand. In general, deciduous stand offer a higher abundance of prey-arthropods for birds than offered in evergreen stand,⁵⁸ Urs N and Kurt M 1997 in.⁵⁶ The forest dotted with understory provides more richness in insects for bird than did

a forest with-out understory.⁵⁹ That difference in forest vertical structure can explain the nestlings diet Shanon- Weaver index change value between the studied forests. Because of the effect between trees species and soil fertility, forest stand type influences the development of understory in such a way that conifer litter tend to acidify the soil,^{60,61} and in the opposite the deciduous tree leaf-litter fall decompose more readily and provide more nutrient and enhance soil productivity.⁶²⁻⁶⁴ That stage was more developed in Guerrouch and Larbaâ forests. After *Forficula auricularia* clade, comes the second clade with four preys of which *Oxythyrea funesta* is considered as the second most prevalent prey in the diet. The fact that this last prey is extensively dispersed throughout the various humid ecosystems in northern Algeria may be responsible for its high consumption^{65,66} and can have a two annually cycles of reproductive (March- August)^{67,68} using tree bark, decaying wood from hollow trees, and rotten wood from fallen trees.⁶⁹ The specialization was favored if resources were abundant⁷⁰ during the Algerian Nuthatch's breeding season, which corresponds to this beetle's development cycle.^{71,57,23,36} Furthermore, by lifting tree bark, pricking, and digging during the quest for its food, it increases the likelihood to find this prey.¹¹

In the Costello graph, a Lepidoptera (Lepidoptera sp. 1) appears as a potential prey, but is less abundant in comparison to the other four potential preys. However, the hole nesting birds in general^{72,4,73} and the group of Eurasian Nuthatch (*Sitta eurpaea*) especially^{6,7} take its resource in food more from Lepidoptera. A low proportion of Lepidoptera caterpillars in the diet of Algerian Nuthatch chicks could be explained by the fact that their diet changes with age⁷⁴ where the chicks' excrement were dropped when they were at least 20 days old (To find out more, go to³⁶); while Löhrl⁷⁵ states that Lepidoptera are given to chicks in the first days of theirs age because they have more saliva to swallow larger prey. The variations found among the consumed prey size by the species' chicks, strengthens the Algerian Nuthatch's approach of specialization to feed its chicks.

Conservation implications

The Algerian nuthatch is always located in the forest patches of Babors' Kabylia, although there are other forests with similar ecological and phytogeographical circumstances elsewhere in northern Algeria. The species' potential prey was reported by Zemouri et al.⁸ and the present study reinforces the strategy of its diet specialization. It's known that specialists are more extinction-prone than generalists.⁷⁶ In the case of Algerian Nuthatch, even if the stand changed the preferred prey remained constant where found mainly in the dead wood. This behaviour makes the species less flexibly to spatial distribution and seasonal changes.⁷⁷ So a degradation of its habitat will do great damage in these numbers.⁷⁸ Its natural habitat is aggressed especially in its unprotected areas.^{30,79} A diet based on a small number of preys would suggest strongly any further the need to safeguard certain favorable conditions in the threatened forests.⁷⁸ Most often, this species' populations have a reduced numbers and these populations are threatened with extinction in the near future.⁸⁰ Possible programs for the preservation and introduction of the species in forest patches hosting small populations or not inhabited by the species will have to take into account the availability of these potential prey. The food habit is the essential component and the conditions indicator of the ecological niche occupied by a species.^{81,82} Investigation for potential prey availability in similar forests will predict potential sites that will ensure the preservation and viability of this endemic species elsewhere outside of its current range. These findings on its diet may be used to improve captive management methods which may significantly increase the likelihood that a species would survive after release.⁸³ Preserving standing dead wood in forests is crucial for the species' survival because it's both supports for its nesting and is considered more significant for the presence of potential prey.⁸ The potential prey *Oxythyrea funesta* is regarded, by many countries, as a pest beetle.^{84,85} As a result, the Algerian Nuthatch could therefore help maintain trees and forests by controlling the populations of nuisance insects such as *Oxythyrea funesta*. Extending our study to Algerian Nuthatch nestlings' all age ranges would provide further information on their dietary habits. It might bring

attention to our species' ecological and economic interest. Indeed, the Eurasian Nuthatch is considered a Lepidoptera important predator bird^{51,6,7,50} some of which are considered as defoliators of Mediterranean forests.⁷ Finally, the examination of nestling's diet sheds light on the foods that birds feed their young, as well as perhaps on adult diet during breeding season.⁴ Nothing prevents us to recommend a diet study for the Algerian Nuthatch adult.

Conclusion

The data on the prey consumed by Algerian Nuthatch' nestlings at the multi-site scale reveal a different diet from the other groups of nuthatches studied, with the exception of the Eurasian Nuthatch. The most abundant and accessible prey in the nesting sites makes up the Algerian Nuthatch nestlings' diet. The European earwig *Forficula auricularia* still the most consumed prey in both deciduous and evergreen forests. Arthropods make up the majority of the species' nestlings' prey, with gastropods making up a significantly smaller portion. The species' food is more varied in deciduous forests with a denser understory. The information collected on the potential prey of the species is decisive in the case of the preservation of the habitats and could be ensure the survival of this endemic and threatened species. The availability of these food resources could also explain the current pattern of the restricted range and raise concerns over the absence of this forest bird in other similar biogeographical regions of Algeria. The Algerian Nuthatch could be used in the regulation of pest beetle populations such as *Oxythyrea funesta* and Lepidoptera caterpillars which are considered defoliators in Mediterranean forests. A specialized diet would make this species more fragile in its already degraded habitats.

Acknowledgements

We thank the Direction Générale de la Recherche Scientifique et du Développement Technologique (DGRSDT) which supports our research laboratory. We also

acknowledge Henri Cagniant (Paul Sabatier University-Toulouse III) for his contribution during the ants' identification.

Declaration of conflicting interests

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

Funding

The author(s) received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

ORCID iD

Mourad Zemouri <https://orcid.org/0000-0002-1371-9634>

Supplemental material

Supplemental material for this article is available online.

References

1. Beal FEL. 1907. Birds of California in relation to the fruit industry. U.S. Department of Agriculture. Biological Survey. Bulletin . 30:1-100.
2. Anderson SH. Comparative food habits of Oregon nuthatches. Northwest Sci 1976b; 50:213-221.
3. Mohammadi A, Kaboli M, Ashrafi S, et al. Trophic niche partitioning between two Rock Nuthatches (*Sitta tephronota* & *Sitta neumayer*) in a contact zone in Iran. J Zool 2016; 299.2: 116-124.
4. Pravosudov VV, Pravosudova EV and Zimireva EY. The diet of nestling Eurasian Nuthatches. J Field Ornithol 1996; 67: 114-118.
5. Rosenberg KV and Cooper RJ. Approaches to avian diet analysis. Stud Avian Biol 1990; 13: 80–90.

6. Krištín A. Food variability of Nuthatch nestlings (*Sitta europaea*) in mixed beech forests: where are limits of its polyphagy? *Biologia-Bratislava* 1994; 49: 773-779.
7. Ceia RS, Machado RA and Ramos JA. Nestling food of three hole-nesting passerine species and experimental increase in their densities in Mediterranean oak woodlands. *Eur J For Res* 2016; 135: 839-847.
8. Zemouri M, Asloune L, Adrar A, et al. Nestling diet of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*, an endemic threatened bird in Babors' Kabylia region (north-eastern Algeria). *Ostrich* 2021; 92(3): 175-183.
9. Ralph CP, Nagata SE and Ralph CJ. Analysis of droppings to describe diets of small birds. *J Field Ornithol* 1985; 56(2): 165-174.
10. Ledant JP. Conservation et fragilité de la forêt de Babor, habitat de la Sittelle kabyle. *Aves* 1981; 18 (1-2): 1-9.
11. Bellatrèche M and Boubaker Z. Premières données sur le comportement alimentaire de la Sittelle Kabyle en période de reproduction. *Annales Agronomiques* 1995 ; 16(1-2): 35-48.
12. Gill F, Donsker D and Rasmussen P. IOC World Bird List (v 11.1). Doi 10.14344/IOC.ML.11.1, <http://www.worldbirdnames.org/> (2020, accessed on 05 March 2023).
13. Päckert M, Bader-Blukott M, Künzelmann B, et al. A revised phylogeny of nuthatches (Aves, Passeriformes, *Sitta*) reveals insight in intra-and interspecific diversification patterns in the Palearctic. *Vertebr Zool* 2020; 70(2) : 241-262.
14. Vielliard J. La Sittelle kabyle. *Alauda* 1976a; 44 (3): 351-352.
15. Ledant JP. La Sittelle kabyle (*Sitta ledanti* Vielliard), espèce endémique montagnarde récemment découverte. *Aves* 1977; 14: 83–85
16. Géroutet P. À propos de la Sittelle kabyle. *Nos Oiseaux* 1976; 33: 340–342.
17. Pasquet E, Barker FK, Martens J, et al. Evolution within the nuthatches (Sittidae: Aves, Passeriformes): molecular phylogeny, biogeography, and ecological perspectives. *J Ornithol* 2014; 155: 755-765.

18. Bird Life International. *Sitta ledanti*. The IUCN Red List of Threatened Species. 2021; 1-12.
19. Stattersfield AJ, Crosby MJ, Long AJ et al. Identifying Endemic Bird Areas. Endemic Bird Areas of the World, priorities for bird conservation. Bird Life Conservation Series N°7 1998; 19-26.
20. JORA. Décret n° 83-509 du 20 août 1983 relatif aux espèces animales non domestiques protégées. Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire 1983; 1439-1440.
21. JORA. Décret n° 84-328 du 3 novembre 1984 portant création du Parc National de Taza (Wilaya de Jijel) 1984; 1277-1278.
22. JORA. Décret exécutif n° 19-147 du 29 avril 2019 portant classement du territoire de Babor-Tababort, wilayas de Sétif, Béjaïa et Jijel, en parc national. Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire 2019; 12-14.
23. Vielliard J. Le Djebel Babor et sa Sittelle, *Sitta ledanti* Vielliard 1976. Alauda 1978; 46(1): 1-42.
24. Falagas ME, Pitsouni EI, Malietzis GA, et al. Comparison of PubMed, Scopus, web of science, and Google scholar: strengths and weaknesses. FASEB J 2008; 22(2): 338-342.
25. Le Fur R. Notes sur l'avifaune algérienne. Alauda 1981; 49(4) : 295-299.
26. Harrap S. Little known West Palearctic birds: Algerian Nuthatch. Birnding World 2002; 5(4): 154-156.
27. Hamitouche S and Bougaham AF. Algerian Nuthatch (Vielliard, 1976): Current challenges of an endemic species. Ornithologia Hungarica 2021; 29(2) : 167-176.
28. Bellatrèche M and Chalabi B. Données nouvelles sur l'aire de distribution de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti*. Alauda 1990; 58(2), 95-97.

29. Hamitouche S, Berkati D, Choulak A, et al. Distribution of the endemic and endangered Algerian Nuthatch (*Sitta ledanti*): case of the Larbaâ forest. *Agrobiologia* 2021 ; 11(2): 2791-2800.
30. Bougaham AF, Announ L, Aissat L, et al. Distribution et grandeur de la population de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* dans la forêt de Djimla (nord-est algérien). *Alauda* 2018 ; 87(4): 299-304.
31. Ledant JP, Jacobs P, Ochando B, et al. Dynamique de la forêt du Mont Babor et préférences écologiques de la Sittelle Kabyle *Sitta ledanti*. *Biol Conser* 1985; 32: 231-254.
32. Bellatrèche M. Découverte d'un troisième biotope de la Sittelle Kabyle (*Sitta ledanti* Vieilliard) en Algérie. *Annales de l'Institut National Agronomique d'El Herrach* 1990; 14: 13–20.
33. Lapie G. Aperçu phytogéographique sur la Kabylie des Babors. *Revue Générale Botanique* 1914; 1: 417-24.
34. Harris I, Osborn TJ and Jones P. Lister DH Version 4 of the CRUTS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset.–Sci Data7, <https://rdcu.be/b3nUI> (2020, accessed on 02 April 2022).
35. Seltzer P. *Le climat de l'Algérie*. La météorologie. Université d'Alger : Institut de Météorologie et de Physique de Globe, 1946, p.219.
36. Bougaham AF, Benazouz A and Bouchareb A. Reproduction et soins parentaux chez la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* en forêt de Guerrouch (Jijel, Algérie). *Alauda* 2017; 4: 269–274.
37. Calver MC and Wooller RD. A Technique for assessing the taxa, length, dry weight and energy content of the arthropod prey of birds. *Wildl Res* 1982; 9: 293–301.
38. Bourguignat JR. *Malacologie de l'Algérie, histoire naturelle des animaux mollusques terrestres et fluviatiles recueillis jusqu'à ce jour dans nos possessions du nord de l'Afrique*. 2nd ed. Paris: Challamel Ainé, 1864, p.380.
39. Brown DS. *Freshwater snails of Africa and their medical importance*. 2nd ed. United Kingdom: Francis Taylor ,1994, p.673.

40. Tatner P. The diet of urban Magpies *Pica pica*. Ibis 1983; 125: 90-107.
41. Charrier S. Clé de détermination des Coléoptères Lucanides et Scarabéides de Vendée et de l'Ouest de la France. Naturaliste Vendéen 2002; 2: 61-93.
42. Chinery M. *Insectes de France et d'Europe Occidentale*. Paris: Flammarion, 2005, p.320.
43. Albouy V and Richard D. *Coléoptères d'Europe*. Paris: Deachaux et Niestl, 2017, p.399.
44. Sturges HA. The choice of a class interval. J Am Stat Assoc 1926; 21: 65–66.
45. Ramade F. *Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité*. Paris: Dunod, 2008, p.726.
46. DAJOZ R. *Précis d'écologie : cours et questions de réflexion*. 8th ed. Paris: Dunod, 2006, p: 631.
47. Costello MJ. Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. J Fish Biol 1990; 36: 261-263.
48. Shannon CE and Weaver W. *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana: University of Illinois Press, 1949, p.125.
49. Nesbitt SA and Hetrick WM. Foods of the pine warbler and brown-headed nuthatch. Fla Field Nat 1976; 4(2) : 28-33.
50. Wesołowski T, Rowiński P and Neubauer G. Food of Nuthatch *Sitta europaea* young in a primeval forest: effects of varying food supply and age of nestlings. Acta Ornithol 2019. 54(1): 85-104.
51. Krištín A. Die Nestlingsnahrung des Kleibers (*Sitta europaea* L.) in Buchenwäldern. Acta ornithoecologica 1992a; 2: 341-349.
52. Houston AI, Krebs JR and Erichsen JT. Optimal prey choice and discrimination time in the great tit (*Parus major* L.). Behav Ecol Sociobiol 1980; 6(3): 169-175.
53. Lucas JR. The influence of time constraints on diet choice of the great tit, *Parus major*. Anim behav 1987; 35(5): 1538-1548.

54. Allen JA. Avian and mammalian predators of terrestrial gastropods. In: Barker GM (eds) *Natural enemies of terrestrial mollusks*. New Zealand: Landcare Research, Hamilton CABI Publishing, 2004, pp. 1-36.
55. Rosin ZM, Olborska P., Surmacki A, et al. Differences in predatory pressure on terrestrial snails by birds and mammals. *J Biosci* 2011; 36(4) : 691-699.
56. Renner SC, Baur S, Possler A, et al. Food preferences of winter bird communities in different forest types. *PLoS One* 2012; 7(12): 1-10.
57. Ledant JP and Jacobs P. La Sittelle kabyle (*Sitta ledanti*): Données nouvelles sur sa biologie. *Aves* 1977 ; 14(4): 233–242.
58. Hagar JC. *Functional relationships among songbirds, arthropods, and understory vegetation in Douglas-fir forests, western Oregon*. PhD thesis, Oregon State University, United States of America, 2004.
59. Hirao T, Murakami M and Kashizaki A. Importance of the understory stratum to entomofaunal diversity in a temperate deciduous forest. *Ecol Res* 2009; 24: 263-272.
60. Augusto L, Ranger J, Binkley D, et al. Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Ann For Sci* 2002; 59(3): 233-253.
61. Prescott CE, Zabek LM, Staley CL, et al. Decomposition of broadleaf and needle litter in forests of British Columbia: influences of litter type, forest type, and litter mixtures. *Can J For Res* 2000; 30(11): 1742-1750.
62. Lousier JD and Parkinson D. Litter decomposition in a cool temperate deciduous forest. *Can J Botany* 1976; 54(5-6): 419-436.
63. Perry DA, Choquette C and Schroeder P. Nitrogen dynamics in conifer-dominated forests with and without hardwoods. *Can J For Res* 1987; 17(11): 1434-1441.
64. Légaré S, Paré D and Bergeron Y. Influence of aspen on forest floor properties in black spruce-dominated stands. *Plant Soil* 2005; 275(1-2): 207-220.
65. Sabatinelli G. Le *Oxythyrea* Muls. del Mediterraneo: studi morfologici sistematici (Coleoptera, Scarabaeoidea). *Fragm Entomol* 1981; 16 : 45-60.
66. Mikšić R. Monographie der Cetoniinae der Paläarktischen und Orientalischen Region. 3rd ed. Sarajevo: Forst institute, 1982, p.530.

67. Micó E and Galante E. Biology and new larval descriptions for three cetoniine beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae: Cetoniini: Cetoniina, Leucocelina). Ann Entomol Soc Am 2003; 96: 95–106.
68. Tomás-Biosca ML and Galante E. Contribución al conocimiento de los Rutelidae y Cetoniidae (Col. Scarabaeoidea) de las Sierras de Béjary La Alberca (Prov. De Salamanca). Boletín de la Asociación Española de Entomología 1978; 2: 129-141.
69. Vondráček D, Hadjiconstantis M and Šlpek P. Immature stages of the genus *Oxythyrea* (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) with a key to third instar larvae, and notes on the biology of the genus. Zootaxa 2018; 4486(4): 401-434.
70. Recher HF. Specialist or generalist: avian response to spatial and temporal changes in resources. Stud Avian Biol 1990; 13: 333-336.
71. Vielliard J. Un nouveau témoin relictuel de la spéciation dans la zone méditerranéenne : *Sitta ledanti* (Aves, Sittidae). C R Acad Sci Paris 1976b; 83(2):1193-1195.
72. Lack D. The breeding seasons of European birds 1950; Ibis. 92(2) : 288-316.
73. Cholewa M and Wesółowski T. Nestling food of European hole-nesting passerines: do we know enough to test the adaptive hypotheses on breeding seasons?. Acta Ornithol 2011; 46(2) : 105-116.
74. Wesółowski T and Neubauer G. Diet of Marsh Tit *Poecile palustris* nestlings in a primeval forest in relation to food supply and age of young. Acta Ornithol 2017; 52(1): 105-118.
75. Löhrl H. Das verhalten des kleibers (*Sitta europaea caesia* Wolf). Zeitschrift für Tierpsychologie 1958; 15(2): 191-252.
76. Sherry TW. When are birds dietarily specialized? Distinguishing ecological from evolutionary approaches. Stud Avian Biol 1990; 13 : 337-352.
77. Unno A. Tree species preferences of insectivorous birds in a Japanese deciduous forest: the effect of different foraging techniques and seasonal change of food resources. Ornithol Sci 2002; 1(2): 133-142.

78. Murgatroyd M, Avery G, Underhill LG, et al. Adaptability of a specialist predator: the effects of land use on diet diversification and breeding performance of Verreaux's eagles. *J Avian Biol* 2016; 47(6): 834-845..
79. Hamitouche S, Bouchareb A and Bougaham AF. Status and distribution of the Algerian Nuthatch's population (*Sitta ledanti* Vielliard, 1976) in the Tamentout forest (north-eastern Algeria). *Avian Biol Res* 2020; 13(4): 81-86.
80. Bougaham AF, Hamitouche S and Bouchareb A. Trois nouvelles localisations de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* en Algérie. *Alauda* 2020; 88(2): 147-148.
81. Berg J. Discussion of methods of investigating the food of fishes, with reference to a preliminary study of the prey of *Gobiusculus flavescens* (Gobiidae). *Mar boil* 1979; 50: 263-273.
82. Mills MGL. A comparison of methods used to study food habits of large African carnivores. *Wildlife* 2001: populations 1992; 1112-1124.
83. Jordan MJR. Dietary analysis for mammals and birds: a review of field techniques and animal management applications. *Int Zoo Yearb* 2005; 39(1): 108-116.
84. Vuts J, Imrei Z and Tóth M. Development of an Attractant-Baited Trap for *Oxythyrea funesta* Poda (Coleoptera: Scarabaeidae, Cetoniinae). *Zeitschrift für Naturforschung* 2008; 63(9-10): 761-768.
85. Horák J. Threatened or harmful? Opportunism across spatial scales apparently leads to success during extralimital colonization. *Insect Conserv Divers* 2016; 9(4): 351-357.

**Conclusion générale et
perspectives**

À travers nos travaux de recherches réalisés durant notre thèse, nous avons apporté de nouveaux éléments concernant la biologie et l'écologie de notre espèce d'oiseau endémique et menacé qui n'existe, nulle part ailleurs dans le monde, que dans une petite partie du Nord-Est algérien qui est la Petite Kabylie (Kabylie des Babors). Le régime alimentaire des oisillons de la Sittelle kabyle a été quantifié dans la forêt domaniale caducifoliée de Tamentout via l'analyse des sacs fécaux. Pour nourrir ses petits, la Sittelle kabyle est insectivore durant sa quête alimentaire. Pour la première fois, nous avons pu identifier 39 taxons proies dans le menu alimentaire des oisillons de la Sittelle kabyle. Ces taxons proies appartiennent aux insectes (95.4%) et aux araignées (4.6%). L'ordre des coléoptères était l'ordre le plus riche avec 22 taxons proies. Le taxon proie le plus abondant était *Forficula auricularia* (36,88%). L'ampleur de la niche trophique des oisillons était étroite (0,017) et le graphe de Costello montre une stratégie de chasse spécialisée. Pour élever ses oisillons, la Sittelle kabyle durant la recherche alimentaire semble suivre une stratégie basée sur la capture des proies abondantes dans l'immédiat du nid. En termes d'effectif et de distribution, nous avons pu actualiser son aire de distribution par la découverte de deux nouveaux sites de reproduction. Ainsi ses effectifs se sont agrandis de quatre couples (deux couples dans la forêt de Tababort et deux couples dans la forêt d'El Arem) et son aire de distribution s'est agrandie d'environ 1087 ha. La population de la forêt du mont Babor est la forêt qui abrite la population la plus dense en Sittelle kabyle (275 individus). Une étude démographique réalisée sur une période de 38 ans avait révélé que la population mère de Babor est plus en moins stable (le taux de multiplication annuelle (λ) = 1,01 et le taux de croissance annuel r = 1.36%). La population de Babor est considérée comme une population isolée, un corridor pourra la relier avec la population de Tababort sise seulement à 4 km. L'identification des proies potentielles dans quatre autres sites dont un est sempervirent, s'est fait de la même méthode qu'à Tamentout. Le taxon le plus prisé reste toujours *Forficula auricularia* malgré le changement du type du peuplement forestier. Un constat qui renforce la théorie de la spécialisation. Au total, 89 taxons proies ont été identifiés. La présence d'un troisième embranchement (mollusques) dans le menu des oisillons a été constatée. Parmi les proies potentielles, un coléoptère nuisible (*Oxythyrea funesta*) et un Lépidoptère

(Lepidoptera sp.1) qui pourrait être un ravageur de forêt. Un régime alimentaire spécialisé rendrait cette espèce plus fragile dans ses habitats déjà dégradés.

Au terme de ce présent travail qui avait traité trois aspects de la biologie et de l'écologie de la Sittelle kabyle, nous laissons quelques perspectives de recherche à compléter dans l'avenir qui sont :

- 1- Une étude sur régime alimentaire de la Sittelle kabyle durant tout le cycle de développement de sa nichée.
- 2- Une étude du régime alimentaire d'individus adultes de la Sittelle de Kabyle.
- 3- Une étude de la structure génétique de la Sittelle de Kabylie dans ses habitats les plus denses.
- 4- Une étude de la parasitologie des nichées de la Sittelle de Kabylie
- 5- Une étude de l'éco-éthologie de la Sittelle kabyle

**Références
bibliographiques**

- Affre G. 1976. Quelques réflexions sur les méthodes de dénombrement d'oiseaux par sondages (IKA et IPA) : une approche théorique du problème. *Alauda*. 44(4) : 387-409.
- Albouy V. & Richard D. 2017. *Guide des Coléoptères d'Europe*. Paris: Deachaux et Niestl.
- Altmann J. 1974. Observational study of behavior : sampling methods. *Behaviour*. 49:272-312.
- Ashmole N.P. & Ashmole M.J. 1967. Comparative feeding ecology of sea birds of a tropical oceanic island. *Bulletin of the Peabody Museum of Natural History*. 40(1) : 1-131.
- Baker R., Buckland A. & Sheaves M. 2014. Fish gut content analysis: robust measures of diet composition. *Fish and Fisheries*. 15(1) : 170-177.
- Barrett R.T., Camphuysen K., Anker-Nilssen T., Chardine J.W., Furness R.W., Garthe S. ... & Veit, R. R. (2007). Diet studies of seabirds: a review and recommendations. *ICES Journal of Marine Science*. 64(9) : 1675-1691.
- Belkacem R., Bougaham A.F., Gagaoua M. & Moulai R. 2019. Food profile of Grey Wagtail *Motacilla cinerea* during an annual cycle in the Algerian Babors Mountains of North Africa. *Ostrich*. 90(1) : 45-52.
- Bell G.P. 1990. Birds and mammals on an insect diet: a primer on diet composition analysis in relation to ecological energetics. *Studies in avian biology*. 13 : 416-422.
- Bellatrèche M. & Boubaker Z. 1995. Premières données sur le comportement alimentaire de la Sittelle Kabyle (*Sitta ledanti*) en période de reproduction. *Annales Agronomiques*. 16: 35-48.
- Bellatrèche M. & Chalabi B. 1990. Données nouvelles sur l'aire de distribution de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti*. *Alauda*. 58: 95-97.

- Bernard A. & Ficheur É. 1902. Les régions naturelles de l'Algérie. *In Annales de géographie*. 57(11) : 221-246.
- Bird Life International. 2021. *Sitta ledanti*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021 : e.T22711179A157600336.<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-3.RLTS.T22711179A157600336.en>
- Birdlife International 2023. <http://datazone.birdlife.org/species/factsheet/algerian-nuthatch-sitta-ledanti> (Consulté le 24/05/2023).
- Blondel J. 1975. L'analyse des peuplements d'oiseaux, éléments d'un diagnostic écologique I. la méthode des échantillonnages fréquents progressifs (EFP). *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*. (4) : 533-589.
- Blondel J., Ferry C. & Frochot J. 1970. La méthode des indices ponctuels d'abondance (IPA) ou des relevés d'avifaune par « stations d'écoute ». *Alauda*. 38 : 55-71.
- Boudrissa F., Zemouri M. & Bougaham A.F. 2023. Diet and prey availability of the Black Wheatear *Oenanthe leucura* in the El Hodna region (M'Sila, Algeria). *Avoceta*. 47: 1-12.
- Bougaham A. F., Belkacem R., Ait-Habib S., Boudjemaa L., Moulai R. & O'Hlloran J. 2019. Trophic ecology of dippers, *Cinclus cinclus*, in the babor mountains, North-East algeria. *Bulletin de la Société Zoologique de France*. 144(1): 41-50.
- Bougaham A.F., Announ L, Aissat L, et al. 2018. Distribution et grandeur de la population de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* dans la forêt de Djimla (Nord-Est algérien). *Alauda*. 87(4):299-304.
- Bougaham A.F., Hamitouche S. & Bouchareb A. 2020. Trois nouvelles localisations de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* en Algérie. *Alauda*. 2 : 147-148.
- Bougaham A.F., Soukkou W., Soukkou O. & Zemouri M. 2022. Algerian Nuthatch: new breeding site and current distribution. *Dutch Birding*. 44(4): 288-292.

- Bounaceur F., Bissaad F.Z., Marniche F., Boutheldja H., Abaiter N., Khellil K. & Saad A. 2016. Écologie trophique du hibou grand-duc du désert *Bubo ascalaphus* (Savigny, 1809) dans la région de l'Ahaggar, sud algérien. *Revue Ivoirienne des Sciences Technologiques*. 27 : 175-189.
- Burnier E. 1976. Une nouvelle espèce de l'avifaune paléarctique: la Sittelle Kabyle, *Sitta ledanti*. *Nos Oiseaux*. 33: 337–340.
- Calver M.C & Wooller R.D. 1982. A technique for assessing the taxa, length, dry weight and energy content of the arthropod prey of birds. *Wildlife Research*. 9: 293–301.
- Calver M.C. & Wooller R.D. 1982. A technique for assessing the taxa, length, dry weight and energy content of the arthropod prey of birds. *Wildlife Research*. 9: 293–301.
- Carlisle J.D. & Holberton R. L. 2006. Relative efficiency of fecal versus regurgitated samples for assessing diet and the deleterious effects of a tartar emetic on migratory birds. *Journal of Field Ornithology*. 77(2) : 126-135.
- Carlisle J.D., Kaltenecker G.S. & Swanson D.L. 2005. Stopover ecology of autumn landbird migrants in the Boise foothills of southwestern Idaho. *The Condor*. 107(2) : 244-258.
- Ceia R.S., Machado R.A. & Ramos J.A. 2016. Nestling food of three hole-nesting passerine species and experimental increase in their densities in Mediterranean oak woodlands. *European Journal of Forest Research*. 135 : 839-847.
- Chabi Y. 1998. *Etude de l'écologie de la reproduction des populations de Mésanges (Parus) dans les chênaies du Nord Est de l'Algérie*. Thèse de doctorat. Université d'Annaba. 197 pp.
- Chalabi B. 1989. Du nouveau à propos de l'aire de distribution de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* Vieilliard. *Biocénose*. 4: 116-118.

- Charrier S. 2002. Clé de détermination des Coléoptères Lucanides et Scarabéides de Vendée et de l'Ouest de la France. *Le Naturaliste Vendéen*. 2: 61-93.
- Chinery M. 2005. *Insectes de France et d'Europe Occidentale*. Paris: Flammarion.
- Collis K., D.D. Roby D.P. Craig S. Adamany J.Y. Adkins. & D. E. Lyons. 2002. Colony size and diet composition of piscivorous waterbirds on the lower Columbia River: implications for losses of juvenile salmonids to avian predation. *Transactions of the American Fisheries Society*. 131:537-550.
- Da Silveira E.L., Semmar N., Cartes J.E., Tuset V.M., Lombarte A., Ballester E.L. C. & Vaz-dos-Santos A.M. 2020. Methods for trophic ecology assessment in fishes: a critical review of stomach analyses. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*. 28(1) : 71-106.
- Dunn M.R., Szabo A., McVeagh M.S., Smith P.J., 2010. The diet of deepwater sharks and the benefits of using DNA identification of prey. *Deep Sea Research Part I*. 57(7) : 923-930.
- Duplan L., 1952. *La région de Bougie*. Publ. XIXe Congrès Géologique International Monographie Régionale 1ère Série Algérie. 17 :1-40.
- Durães R. & Marini M.Â. 2003. An evaluation of the use of tartar emetic in the study of bird diets in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. *Journal of Field Ornithology*. 74(3) : 270-280.
- Ferry C. & Frochot B. 1958. Une méthode pour dénombrer les oiseaux nicheurs. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*. (2) : 85-102.
- Fleischer Jr A.L., Bowman R. & Woolfenden G.E. 2003. Variation in foraging behavior, diet, and time of breeding of Florida scrub-jays in suburban and wildland habitats. *The Condor*. 105(3) : 515-527.
- Frochot B. 2010. Les méthodes de recensement d'oiseaux appliquées aux suivis pluriannuels. *Revue Scientifique Bourgogne-Nature*. 11: 123-130.

- Gaglio D., Cook T.R., Connan M., Ryan P.G. & Sherley R.B. 2017. Dietary studies in birds: testing a non-invasive method using digital photography in seabirds. *Methods in Ecology and Evolution*. 8(2) : 214-222.
- Gatter W. & Mattes H. 1979. Zur Populationsgrösse und Ökologie des neuentdeckten Kabylenkleibers *Sitta ledanti* Vielliard 1976. *Journal für Ornithologie*. 120(4): 390-405.
- Gavett A.P. & Wakeley J.S. 1986. Diets of House Sparrows in urban and rural habitats. *The Wilson Bulletin*. 98(1) : 137-144.
- Géroudet P. 1976. À propos de la Sittelle kabyle. *Nos Oiseaux*. 33: 340-342.
- Gibbs J.P. 2006. *Applied Demography*. New York: Network of Conservation Educators and Practitioners, Center for Biodiversity and Conservation, American Museum of Natural History. 28p.
- Gill F., Donsker D. & Rasmussen P. Eds. 2020. IOC World Bird List (v 11.1). Doi 10.14344/IOC.ML.11.1. <http://www.worldbirdnames.org/>
- Hadj Benamane A., Bissati-Bouafia S., Amrani K., Pansu J., Pompanon F., Doumandji S. & Sekour M. 2019. Diet of Barn Owl (*Tyto alba*) determination from regurgitated pellets in southeastern Algeria, coupling the classical approach with the eDNA analysis. *International Journal*. 75(2/1).
- Hamitouche 2022. *Habitat et structure des populations de la Sittelle kabyle (Sitta ledanti), espèce endémique de la Kabylie des Babors (Nord-Est algérien)*. Thèse de doctorat. Université de Bejaia. 176 pp.
- Hamitouche S., Berkati D., Choulak A.M. & Bougaham A.F. 2021. Distribution of the endemic and endangered Algerian Nuthatch (*Sitta ledanti*): case of the Larbaâ forest. *Revue Agrobiologia*. 11(2): 2791-2800
- Hamitouche S., Bouchareb A. & Bougaham A.F. 2020. Status and distribution of the Algerian Nuthatch's population (*Sitta ledanti* Vielliard, 1976) in the

- Tamentout forest (north-eastern Algeria). *Avian Biology Research*. 13(4) : 81-86.
- Harrap S. & Quinn D. 1996. Tits, *Nuthatches and Treecreepers*. Ed. Helm C., 392 p.
- Harrap S. 2002. Little known West Palearctic birds : Algerian Nuthatch. *Birnding World*. 5 (4): 154-156.
- Hedda. & Montevecchi W.A. 2006. Diet and trophic position of Leach's storm-petrel during breeding and molt, inferred from stable isotope analysis of feathers. *Marine Ecology Progress Series*. 322:291–301.
- Heim De Balsac H. 1976. Commentaires sur la découverte d'un élément imprévu de la faune paléarctique. *Alauda*. 44(3): 353-355.
- Hoelzel A.R. 2001. Shark fishing in fin soup. *Conservation Genetics*. 2: 69-72.
<https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt#null> Consulté le 01/11/2023.
- Huggett R.J. 2002. Fundamentals of Biogeography. Routledge, London and New York. 261 p.
- J.O.R.A. (Journal Officiel de la République Algérienne) 2019. Décret exécutif n° 19-147 du 08 Mai 2019 portant classement du territoire de Babor-Tababort, wilayas de Sétif, Béjaïa et Jijel, en parc national. pp. 12–14.
- J.O.R.A. (Journal Officiel de la République Algérienne) 2012. Décret exécutif n°12-235 du 10 juin 2012, fixant la liste des espèces animales non domestiques protégées. Journal officiel de la République algérienne, pp. 5–11.
- J.O.R.A. Décret n° 83-509 du 20 août 1983 relatif aux espèces animales non domestiques protégées. Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire 1983; 1439-1440.
- Jacobs P., Mahler F. & Ochando B. 1978. À propos de la couleur de la calotte chez la Sittelle kabyle (*Sitta ledanti*). *Aves*. 15 : 149-153.

- Jarman S.N., Deagle B.E. & Gales N.J. 2004. Group-specific polymerase chain reaction for DNA-based analysis of species diversity and identity in dietary samples. *Molecular ecology*. 13(5) : 1313-1322.
- Jarman S.N., Gales N.J., Tierney M., Gill P.C. & Elliott N.G. 2002a. A DNA-based method for identification of krill species and its application to analysing the diet of marine vertebrate predators. *Molecular Ecology*. 11(12) : 2679-2690.
- Jordan M.J.R. 2005. Dietary analysis for mammals and birds: a review of field techniques and animal management applications. *International Zoo Yearbook*. 39(1) : 108-116.
- Jordan M.J.R. 2005. Dietary analysis for mammals and birds: a review of field techniques and animal-management applications. *International Zoo Yearbook*. 39: 108-116.
- Kisserli O. 1992. *Approche bioécologique des peuplements d'oiseaux dans le Parc national de Taza (Wilaya de Jijel)*. Thèse Ingénieur agronomie. Institut National d'agronomie d'El Harrach. 120 p.
- Krahn M.M., Herman D.P., Matkin C.O., Durban J.W., Barrett-Lennard L., Burrows D. G., ... & Wade P.R. (2007). Use of chemical tracers in assessing the diet and foraging regions of eastern North Pacific killer whales. *Marine environmental research*. 63(2) : 91-114.
- Le Fur R. 1981. Notes sur l'avifaune algérienne. II. *Alauda*. 49: 295-299.
- Le Louarn H. 1974. Intérêt de l'étude du régime alimentaire des rapaces par l'examen des pelotes de réjection. *Revue forestière française*. 26(5) : 361-368.
- Ledant J.P. 1977. La Sittelle kabyle (*Sitta ledanti* Vielliard), espèce endémique montagnarde récemment découverte. *Aves*. 14: 83-85.
- Ledant J.P., Jacobs P., Ochando B. & Renault J. 1985. Dynamique de la forêt du Mont Babor et préférences écologiques de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti*. *Biological Conservation*. 32(3): 231-254.

- Leyman M. 2019. Les pelotes de réjection. *Complément à L'Érable*. 43(2) : 1-30.
- Lezzard N. 2018. *Manuel d'autopsie et de pathologie aviaires*. Polycopié pédagogique. Université des frères Mentouri Constantine. 135p.
- Little L.P., Strong A.M. & Perlut N.G. 2009. Aggressive response of adult Bobolinks to neck ligatures on nestlings. *The Wilson Journal of Ornithology*. 121(2) : 441-444.
- Lopes L.E., Fernandes A.M. & Marini M.Â. 2005. Diet of some Atlantic Forest birds. *Ararajuba*. 13(1) : 95-103.
- Lopes L.E., Fernandes A.M., Medeiros M. C. & Marini M.Â. 2016. A classification scheme for avian diet types. *Journal of Field Ornithology*. 87(3) : 309-322.
- Machane D., Guillier B., Chatelain J.L., Bouillin, J. P., Haddoum, H., Guemache, M. A., ... & Benelhadj Z. 2009. Le séisme (Mw= 5) de Laalam (Kabylie, Algérie) du 20 mars 2006: prospections géologiques et géophysiques (bruit vibratoire ambiant) et corrélations avec les dommages. *Bulletin du Service Géologique National*. 20(3), 357-373.
- Mallet-Rodrigues F. 2001. Foraging and diet composition of the Black-capped Foliage-gleaner (*Philydor atricapillus*). *Ornitologia Neotropical*. 12(3) : 255-264.
- Margalida A., Bertran J. & Boudet J. 2005. Assessing the diet of nestling Bearded Vultures: a comparison between direct observation methods. *Journal of Field Ornithology*. 76(1) : 40-45.
- Mayache M.E., Khider B. & Moulai R. 2021. Données récentes sur la distribution de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* en Algérie. *Alauda*. 89 (2): 135-138.
- Mellott R. & Woods P.E. 1993. An improved ligature technique for dietary. *Journal. Field Ornithology*. 64(2): 205-210.

- Migot P. & Linard J.C. 1984. Recensement et distribution des nids dans une colonie plurispécifique de Goélands (*Larus argentatus*, *Larus fuscus*, *Larus marinus*). *Alauda*. 52(4): 248–255.
- Moermond T.C., Denslow J.S., Levey D.J. & Santana E.C. 1985. Moermond T. C., & Denslow J.S. (1985). Neotropical avian frugivores: patterns of behavior, morphology, and nutrition, with consequences for fruit selection. *Ornithological Monographs*. 36: 865-897.
- Monticelli D. & Legrand V. 2009. Algerian Nuthatch: a photographic trip. *Dutch Birding* 31: 247-251.
- Monticelli D. & Legrand V. 2009. Identification of Algerian Nuthatch
- Monticelli D. 2009. Algerian Nuthatch: a photographic trip. *Dutch Birding*. 31 : 247-251.
- Monticelli D. Legrand V. 2009. Algerian Nuthatch: a photographic trip. *Dutch Birding*. 31: 247-251
- Moore J. 1986. Dietary variation among nestling starlings. *The Condor*. 88(2) : 181-189.
- Moreby S.J. & Stoate C. 2000. A quantitative comparison of neck-collar and faecal analysis to determine passerine nestling diet. *Bird Study*. 47(3) : 320-331.
- Moulaï R., Bouchareb A., Gheribi A. & Bougaham A.F. 2017. Statut de la population et biologie de la reproduction de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* dans la forêt de Guerrouch (Algérie). *Alauda*. 85 : 21-27.
- Nielsen J.M., Clare E.L., Hayden B., Brett M.T. & Kratina P. 2018. Diet tracing in ecology: Method comparison and selection. *Methods in Ecology and Evolution*. 9(2) : 278-291.

- Oehm J., Thalinger B., Eisenkölbl S. & Traugott M. 2017. Diet analysis in piscivorous birds: What can the addition of molecular tools offer?. *Ecology and Evolution*. 7(6) : 1984-1995.
- Paccaud N. 1956. Les oiseaux d'un petit bois de la Côte. *Nos oiseaux*. 244 : 161-196.
- Päckert M., Bader-Blukott M., Künzelmann B. et al. 2020. A revised phylogeny of nuthatches (Aves, Passeriformes, *Sitta*) reveals insight in intra and interspecific diversification patterns in the Palearctic. *Vertebrate Zoology*. 70(2): 241-262.
- Palmgren P. 1930. Quantitative Untersuchungen über die Vogelfauna in den Wäldern Südfinnlands mit besonderer Berücksichtigung Ålands. *acta Zoologica Fennica*. 7 : 1-218.
- Pasquet E. 1998. Phylogeny of the nuthatches of the *Sitta canadensis* group and its evolutionary and biogeographic implications. *Ibis*. 140(1) : 150-156.
- Pasquet E., Barker F.K., Martens J., Tillier A., Cruaud C. & Cibois A. 2014. Evolution within the nuthatches (Sittidae: Aves, Passeriformes): molecular phylogeny, biogeography, and ecological perspectives. *Journal of Ornithology*. 155 : 755-765.
- Pough R.H. 1950. Comment faire un recensement d'oiseaux nicheurs?. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*. (4) : 203-217.
- Pütz K. 1995. The post-moult diet of emperor penguins (*Aptenodytes forsteri*) in the eastern Weddell Sea, Antarctica. *Polar Biology*. 15 : 457-463.
- Quézel P. & Santa S., 1962-1963. *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*: 12, carte 2)
- Quézel P. 1978. Analysis of the flora of Mediterranean and Saharan Africa. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 65(2): 479-534.

- Ralph CP, Nagata SE, Ralph CJ. 1985. Analysis of droppings to describe diets of small birds. *Journal of Field Ornithology* 56: 165-174.
- Reif V. & Tornberg R. 2006. Using time-lapse digital video recording for a nesting study of birds of prey. *European Journal of Wildlife Research*. 52 : 251-258.
- Reinhard K. 1998. Ligature use in food studies of precocial birds-methodological results from Antarctic skua chicks. *Ornis Fennica*. 75(2) : 69-75.
- Rosenberg K.V. & Cooper R.J. 1990. Approaches to avian diet analysis. *Studies in Avian Biology*. 13: 80–90.
- Rougière N. 2010. *Etude comparée des paramètres digestifs des poulets issus des lignées génétiques D+ et D- sélectionnées pour une efficacité digestive divergente*. Thèse de Doctorat. Université François – Rabelais S de Tours. France. 158p.
- Rundle W.D. 1982. A case for esophageal analysis in shorebird food studies. *Jour. Field Ornithol.* 53: 249-257.
- Rytönen S., Vesterinen E.J., Westerduin C., Leviäkangas T., Votka E., Mutanen M., ... & Orell M. 2019. From feces to data: A metabarcoding method for analyzing consumed and available prey in a bird-insect food web. *Ecology and evolution*. 9(1) : 631-639.
- Sainz-Borgo C. 2016. Diet composition of birds associated to an urban forest patch in northern Venezuela. *Interciencia*. 41(2) : 119-126.
- Sherry T.W. 1990. When are birds dietarily specialized? Distinguishing ecological from evolutionary approaches. *Studies in Avian Biology*. 13 : 337-352.
- SITI, 2023. Système d'Information Taxonomique Intégré.
- Sutherland W.J., Newton I. & Green R.E. 2004. *Bird Ecology and Conservation*. A Handbook of Techniques. Edition Oxford Biology. Pp.386.
- Tatner P. 1983. The diet of urban Magpies *Pica pica*. *Ibis*. 125: 90-107

- Tautz D., Arctander P., Minelli A., Thomas RH. & Vogler A.P. 2003. A plea for DNA taxonomy. *Trends in Ecology and Evolution*. 18: 70-74.
- Tornberg R. & Reif V. 2007. Assessing the diet of birds of prey: a comparison of prey items found in nests and images. *Ornis Fennica*. 84(1) : 21-31.
- UICN. 2012. Catégories et Critères de la Liste rouge de l'UICN : Version 3.1. Deuxième édition. Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni : UICN. vi + 32pp. Originellement publié en tant que IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition. (Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN, 2012).
- Van Den Berg A.B. 1982. Plumages of Algerian Nuthatch. *Dutch Birding*. 4:98-100
- Vaurie C. 1957. *Systematic notes on Palearctic birds. No. 29, The subfamilies Tichodromadinae and Sittinae*. American Museum novitates. N° 1854. 26p.
- Vielliard J. 1976a. La Sittelle Kabyle. *Alauda*. 44: 351-352.
- Vielliard J. 1976b. Un nouveau témoin relictuel de la spéciation dans la zone méditerranéenne: *Sitta ledanti* (Aves: Sittidae). *Comptes rendus de l'académie des Sciences de Paris*. Série D : 1193-1195.
- Vielliard J. 1978. Le Djebel Babor et sa Sittelle, *Sitta ledanti* Vielliard 1976. *Alauda*. 46: 1-42.
- Vielliard J. 1980. Remarques complémentaires sur la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* Vielliard 1976. *Alauda*. 48(2-3) : 139-150.
- Yapp W.B. 1956. The theory of line transects. *Bird study*. 3(2) : 93-104.
- Zemouri M, Asloune L, Adrar A, Bouchareb A,&Bougaham A-F. 2021. Nestling diet of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*, an endemic threatened bird in Babors' Kabylia region (north-eastern Algeria). *Ostrich*. 92(3): 175-183.

- Zemouri M. & Bougaham A.F. 2022. Distribution and demographic trend of Algerian Nuthatch population of Mount Babor forest in Babor-Tababort National Park. *Ornis Hungarica*. 30(1): 113-125.
- Zemouri M., Baba-Ahmed M., Meddouri K., Hani L., Beldjoudi M., Tighlit S., ... & Bougaham, A. F. 2023. Potential prey and conservation implications of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti* (Vielliard 1976). *Avian Biology Research*. 16 (03): 97-106.

Annexes

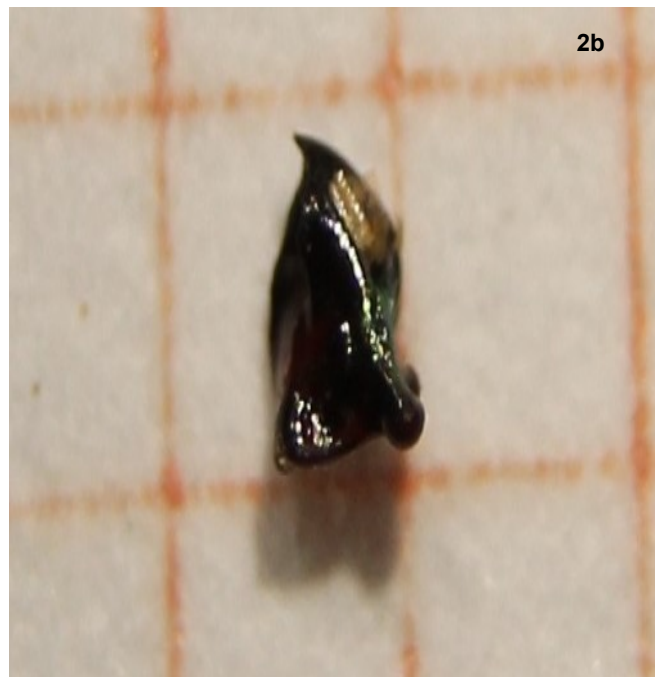
SUPPLEMENTARY MATERIAL

<https://doi.org/10.2989/00306525.2021.1923582>

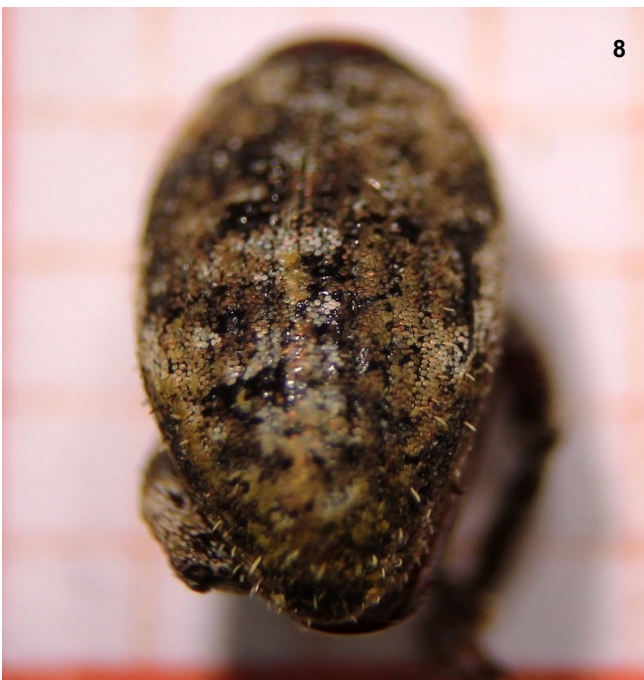
Ostrich 2021: 1–9

Nestling diet of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*, an endemic threatened bird in Babors' Kabylia region (north-eastern Algeria)

Mourad Zemouri, Lydia Asloune, Aida Adrar, Abdelouhab Bouchareb and Abdelazize Franck Bougaham







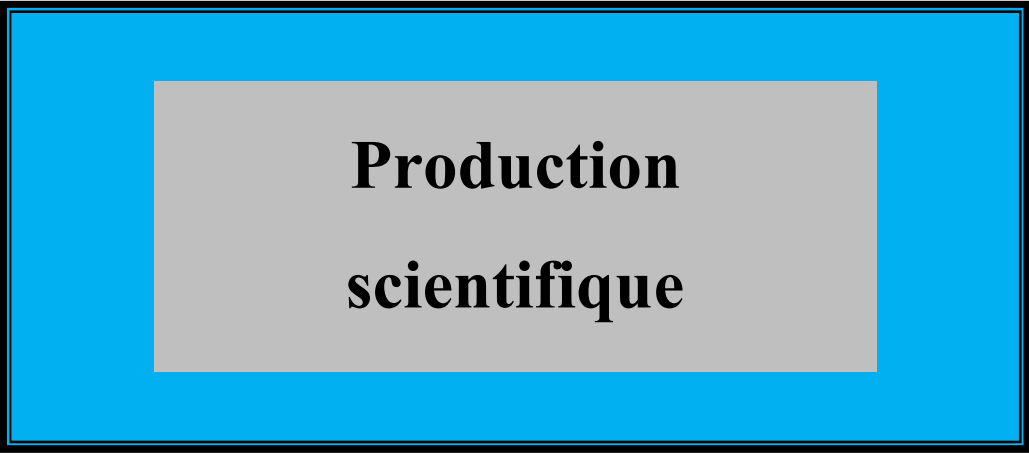
Supplementary material 1: Photos of some arthropods eaten by the Algerian nuthatch' nestlings. 1. *Forficula auricularia*: 1a: Head and Mandible, 1b: Forceps; 2. *Anthaxia* sp.: 2a: Head, 2b: Mandible; 3. Lepidoptera sp.1: 3a: Mandibles, 3b: Thoracic legs; 4. Araneae sp.1: Chelicerae; 5. *Camponotus* sp.1: Head; 6. *Oxythyrea funesta*: Scutellum; 7. Carabidae sp.2: Elytra; 8. Curculionidae sp.4: Elytra; 9. Staphylinidae sp.2: Pronotum

Table S1. Relative Abundance (RA%) and Frequency of Occurrence (FO%) of prey taxa consumed in the five sampled forests.

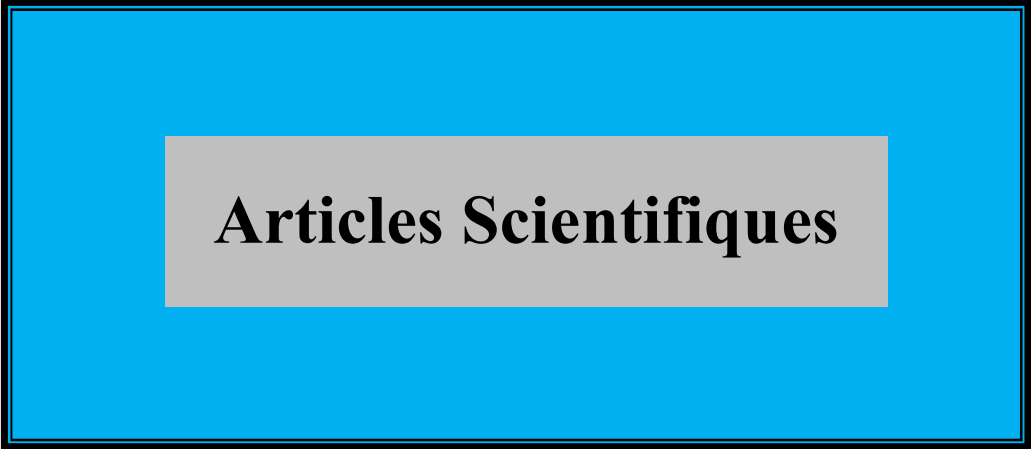
*:Prey taxa that were not considered in the analysis (RA > 0, FO = 0). •:Prey taxa whose size has been estimated

	Tamentout		Guerrouch		Babor		Larbaâ		Djimla	
Prey taxa	RA%	FO%	RA%	FO%	RA%	FO%	RA%	FO%	RA%	FO%
<i>Anthaxia</i> sp•	8.60	67.57	10.11	59.74	0.00	0.00	1.39	6.25	7.61	39.13
Buprestidae sp.	0.00	0.00	0.50	1.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	4.35
<i>Oxythyrea funesta</i> •	18.95	94.59	12.03	85.06	15.93	76.71	12.96	78.13	11.96	86.96
Dermestidae sp. ••	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00
Carabidae sp. 1•	0.73	6.76	0.25	1.30	0.93	6.85	4.17	25.00	0.54	0.00
Carabidae sp. 2•	0.15	1.35	0.17	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carabidae sp. 3	0.15	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carabidae sp. 4	2.04	17.57	1.84	12.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cerambycidae sp. 1	0.15	1.35	0.17	0.65	0.19	1.37	0.46	3.13	0.00	0.00
Cerambycidae sp. 2•	0.00	0.00	7.27	24.03	0.00	0.00	9.72	46.88	1.63	4.35
Cerambycidae sp. 3••	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cerambycidae sp. 4•	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Cerambycidae sp. 5••	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cerambycidae sp. 6•	0.00	0.00	0.08	0.65	0.74	4.11	0.00	0.00	0.00	0.00
Cerambycidae sp. 7	0.00	0.00	1.00	5.19	0.19	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Cerambycidae sp. 8•	0.00	0.00	0.25	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cerambycinae sp	2.62	12.16	1.09	7.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lamiinae sp•	0.73	8.11	2.09	14.29	0.37	2.74	1.39	6.25	1.09	8.70
Chrysomelidae sp. 1	0.15	1.35	0.08	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chrysomelidae sp. 2••	0.44	2.70	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chrysomelidae sp. 3	0.44	4.05	0.58	4.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chrysomelidae sp. 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.24	18.75	4.35	26.09
Chrysomelidae sp. 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	3.13	0.00	0.00
Coccinellidae sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.85	12.50	1.09	8.70
Curculionidae sp. 1	1.31	12.16	1.09	6.49	0.56	2.74	5.56	37.50	1.09	8.70
Curculionidae sp. 2	0.58	4.05	1.92	13.64	0.37	2.74	0.46	3.13	0.54	4.35
Curculionidae sp. 3	1.90	17.57	2.92	20.78	0.19	1.37	3.24	21.88	1.63	17.39
Curculionidae sp. 4•	0.58	5.41	0.42	2.60	0.37	2.74	0.93	6.25	0.00	0.00
Curculionidae sp. 5•	0.44	2.70	3.26	24.68	0.19	4.11	1.85	12.50	1.63	8.70
Curculionidae sp. 6	0.00	0.00	0.42	1.95	0.19	4.11	0.46	3.13	1.63	4.35
Curculionidae sp. 7	0.00	0.00	1.50	9.74	0.19	2.74	0.93	6.25	1.63	17.39
Curculionidae sp. 8•	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	4.11	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Meloe</i> sp•	0.44	4.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Silphinae sp.	0.15	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Staphylinidae sp. 1	1.02	8.11	0.00	0.00	0.74	5.48	0.00	0.00	0.00	0.00
Staphylinidae sp. 2•	1.02	6.76	3.09	19.48	0.00	0.00	0.46	3.13	0.00	0.00
Staphylinidae sp. 3••	0.00	0.00	0.08	0.00	1.30	6.85	0.46	3.13	0.00	0.00
Staphylinidae sp. 4•	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Staphylinidae sp. 5••	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00
<i>Ocyus olens</i> ••	0.00	0.00	0.08	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tenebrionidae sp. 1•	0.00	0.00	0.25	0.65	0.56	2.74	2.31	9.38	0.00	0.00
Tenebrionidae sp. 2•	0.00	0.00	0.00	0.00	2.22	5.48	0.00	0.00	0.00	0.00
Tenebrionidae sp. 3•	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Aleocharinae sp••	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Haliplidae sp•	0.00	0.00	0.33	2.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Elateridae sp•	0.00	0.00	0.33	2.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Coleoptera sp. 1	0.15	1.35	0.50	3.25	0.19	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Coleoptera sp. 2	0.00	0.00	0.17	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Coleoptera sp. 3	0.00	0.00	0.08	0.65	0.00	0.00	0.93	6.25	0.00	0.00
<i>Camponotus cruentatus</i> •	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.39	9.38	0.54	4.35
<i>Camponotus</i> sp. 1•	3.50	24.32	1.75	7.79	6.85	30.14	2.31	9.38	3.26	17.39
<i>Camponotus</i> sp. 2•	0.00	0.00	2.01	4.55	0.00	0.00	0.46	3.13	9.24	13.04
<i>Camponotus</i> sp. 3•	0.00	0.00	1.84	3.25	0.19	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Aphaenogaster</i> sp•	0.00	0.00	0.08	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Formicidae sp•	0.15	1.35	0.00	0.00	0.37	2.74	0.00	0.00	0.00	0.00
Ichneumonidae sp•	0.00	0.00	0.08	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Apidae sp	0.00	0.00	0.08	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hymenoptera sp. 1•	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Hymenoptera sp. 2•	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	3.13	0.00	0.00
<i>Forficula auricularia</i> •	36.88	98.65	17.29	89.61	37.22	95.89	17.13	84.38	30.98	95.65
<i>Anisolabis maritima</i> •	1.75	13.51	0.58	3.25	0.19	1.37	0.00	0.00	1.09	8.70
Cydnidae sp•	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Pentatomidae sp•	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00

[illegible]



**Production
scientifique**



Articles Scientifiques



Ostrich

Journal of African Ornithology

ISSN: (Print) (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/tost20>

Nestling diet of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*, an endemic threatened bird in Babors' Kabylia region (north-eastern Algeria)

Mourad Zemouri, Lydia Asloune, Aida Adrar, Abdelouhab Bouchareb & Abdelazize Franck Bougaham

To cite this article: Mourad Zemouri, Lydia Asloune, Aida Adrar, Abdelouhab Bouchareb & Abdelazize Franck Bougaham (2021): Nestling diet of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*, an endemic threatened bird in Babors' Kabylia region (north-eastern Algeria), Ostrich, DOI: [10.2989/00306525.2021.1923582](https://doi.org/10.2989/00306525.2021.1923582)

To link to this article: <https://doi.org/10.2989/00306525.2021.1923582>

 View supplementary material 

 Published online: 01 Jun 2021.

 Submit your article to this journal 

 Article views: 5

 View related articles 

 View Crossmark data 

Nestling diet of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*, an endemic threatened bird in Babors' Kabylia region (north-eastern Algeria)

Mourad Zemouri^{1*} , Lydia Asloune¹, Aida Adrar¹, Abdelouhab Bouchareb² and Abdelazize Franck Bougaham¹

¹ Laboratoire de recherche en Écologie et Environnement, Université de Bejaia, Bejaia, Algeria

² Parc national de Taza à Jijel, Algeria

*Correspondence: zemouri06@gmail.com

The Algerian Nuthatch is an endemic and protected bird species in Algeria, and its different habitats are threatened by fires and others human actions; the species is therefore considered 'Endangered'. A faecal samples analysis of the species' nestlings was done to determine their diet. The nestling faecal samples were collected during the breeding season of 2019 in the Tamentout deciduous forest in the region of Babors' Kabylia (north-east Algeria). The faecal samples analysis allowed us to count 686 individuals belonging to 39 different prey taxa. They belong to two arthropods classes and six orders. Insects (95.4%) were more dominant compared with spiders (4.96%). Beetles were most diverse, with 22 prey taxa and 293 individuals. Dermaptera (earwigs) were represented by only two prey taxa and 265 individuals, with the European Earwig *Forficula auricularia* recorded 253 times. A correlation was also found between the prey sizes and energy intake. Costello's charts indicated five potential prey including *Forficula auricularia*, *Oxythyrea funesta* and *Anthaxia* sp. were the most consumed. The niche breadth calculation (0.017) revealed that the Algerian Nuthatch specialises on some prey items such as *Forficula auricularia* to feed its nestlings. The most prized prey species had sizes between 14.5 mm and 19 mm, *Forficula auricularia* has a size of 15 mm.

Régime alimentaire des oisillons de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti*, un oiseau endémique et menacé dans la région de la Kabylie des Babors (Nord-Est de l'Algérie)

La Sittelle kabyle est une espèce d'oiseau endémique et protégée en Algérie. Ses différents habitats sont menacés par les incendies et autres actions humaines; l'espèce est considérée comme 'En danger'. Le régime alimentaire des oisillons de l'espèce a été déterminé par l'analyse des échantillons fécaux. Durant la saison de reproduction 2019, les échantillons fécaux des oisillons ont été collectés dans la forêt caducifoliée de Tamentout dans la région de la Kabylie des Babors (Nord-Est de l'Algérie). L'analyse des échantillons fécaux nous a permis de dénombrer 686 individus appartenant à 39 taxons proies différents. Ils appartiennent à deux classes d'arthropodes et à six ordres. Les insectes (95.4%) étaient plus dominants que les araignées (4.96%). Les coléoptères étaient plus diversifiés avec 22 taxons proies et 293 individus. Les Dermaptères étaient représentés par deux taxons proies et 265 individus où *Forficula auricularia* a été enregistré 253 fois. Une corrélation a également été trouvée entre la taille des proies et leurs apports énergétiques. Le graphe de Costello indiquait cinq proies potentielles, dont *Forficula auricularia*, *Oxythyrea funesta* et *Anthaxia* sp. étaient les plus consommés. Le calcul de la largeur de la niche (0.017) a révélé que la Sittelle kabyle, pour nourrir ses oisillons, se spécialise dans certaines proies telles que *Forficula auricularia*. Les espèces de proies les plus prisées avaient des tailles comprises entre 14.5 mm et 19 mm, *Forficula auricularia* a une taille de 15 mm.

Keywords: Algerian Nuthatch, arthropods, beetles, energy intake, faecal samples, insects, nestlings, prey size, prey taxa, spiders

Supplementary material: available at <https://doi.org/10.2989/00306525.2021.1923582>

Introduction

Studying the animals' diet is essential for understanding their ecology, their behaviour, and even spatiotemporal changes in their vital area (Bell 1990; Jordan 2005). An accurate knowledge about species diet structure contributes greatly to understand habitats biodiversity, appreciate their resources and the species competition for these resources (Maran et al. 1998). It provides information about the ecological niche that the species occupies in its habitat (Berg 1979).

Understanding the birds' trophic ecology is generally based on studies of their nestlings' diet, which appears to be one of the most common approaches. They provide information on the diet composition of chicks as well as that of adults (Pravosudov and Pravosudova 1996). Faecal samples analysis provide accurate estimates of diet (Rosenberg and Cooper 1990) and the sizes of invertebrates eaten can be accurately assessed (Calver and Wooler 1982). Various methods have been used

to determine bird's diet (Rosenberg and Cooper 1990), however, in our study we opted for nestlings' faecal analysis, because of the ease of access to the faecal samples those are collected without killing or disturbing the birds especially for endemic and endangered species such as the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti* (Ralph et al. 1985).

Nuthatches belong to the Palaearctic avifauna (Burnier 1976), refugees since the Neolithic period in habitats that have escaped the anthropogenic harmful effects (Géroudet 1976). They form a passerine group, which is made up of 24 monotypic species (IUCN 2012), where the Algerian Nuthatch is classified in the Mesogean nuthatches group in the same clade with the Krüper Nuthatch *Sitta krueperi* (Pasquet 1998; Pasquet et al. 2014).

In the Eurasian Nuthatch group (Ledant 1978), only the Eurasian Nuthatch *Sitta europea* and the White-breasted Nuthatch *Sitta carolinensis* have been the subject of several studies on their nestlings' diet. These studies were carried out in different regions of their distribution areas and different habitat types with ligature methods (Anderson 1976; Krištin 1992a; Krištin 1994; Ceia et al. 2016) and direct observations (Wesołowski et al. 2019). It was concluded that these two species feed their chicks mainly on Lepidoptera. However, the Mesogean nuthatches' diet has never been quantified until now. The scattered and rare observations were limited to the foraging behaviour for the Algerian Nuthatch (Bellatrèche and Boubaker 1995) and the Corsican Nuthatch *Sitta whiteheadi* (Villard et al. 2003; Thibault et al. 2006).

The Algerian Nuthatch is the only bird endemic to Algeria. It was discovered in Djebel Babor by Ledant in 1975 and described by Vieilliard (1976) under the taxonomic name *Sitta ledanti*. It is distributed in Babors' Kabylia across three forests stands types isolated from each other: the mixed forest of Numidian Fir *Abies numidica*, Atlas Cedar *Cedrus atlantica* and Zeen Oak *Quercus canariensis* (Ledant 1977), mixed forests of Zeen Oak and Afares Oak *Quercus afares* (Bellatrèche 1991; Moulai and Mayache 2018; Bougaham et al. 2020) and the Cork Oak forests *Quercus suber* (Haddad and Afoutni 2019; Bougaham et al. 2020). Previous research has focused on ecological preferences (Bellatrèche 1994; Bougaham et al. 2018; Hamitouche et al. 2020) and some nesting parameters (Bougaham et al. 2017). Diet had only been examined occasionally without real monitoring (Bellatrèche and Boubaker 1995). The prey types consumed by the Algerian Nuthatch were often mentioned in publications devoted to the species, but practically never well studied. The direct observation study of Bellatrèche and Boubaker (1995) is a happy exception in this regard, although data on the species diet has not been quantified. Nevertheless, these latter authors have briefly described that the species' chicks were fed on spiders, Lepidoptera and ants. Finally, they were able to identify a single species of Lepidoptera: *Lymantria dispar*. In winter, the Algerian Nuthatch in the Djebel Babor forest mainly collects seeds from Atlas Cedar and Numidian Fir (Ledant and Jacob 1977; Vieilliard 1978).

This present study aimed to quantify and detail, for the first time, the diet of the Algerian Nuthatch' nestlings in the deciduous forest of Tamentout located in the Babors' Kabylia region (north-eastern Algeria).

Materials and methods

Study area

Our study was carried out in Tamentout national forest, located in north-eastern Algeria and is part of the mountain range of Bobors' Kabylia (Figure 1). It is at the crossroads of three district borders, namely Sétif in the south-west, Jijel in the north and Mila in the south-east. Tamentout forest has a total area of 9 878 ha (Eastern limit: 36°31'16.12" N; 5°39'16.12" E; Western limit: 36°32'51.14" N, 5°50'3.78" E). It is located in a sub-humid bioclimatic stage at low altitudes and humid at its summit, with a dry season that can last from June to October (Benmecheri 1994). It receives an annual rainfall with a value between 1 500 and 2 000 mm (Chaumont and Paquin 1971). In the forest of Tamentout, winter is cold; the minimum temperature of -5.2 °C was recorded during the month of January. In summer, the maximum temperature of 35.1 °C was recorded in June (Benmecheri 1994). It is characterised by altitude ranges between 780 m and 1 681 m (Zerroug 2012). The most recent description of the Tamentout forest was made by Hamitouche et al. (2020), where they specify that the tree stratum is dominated by Zeen Oak (51%), with Afares Oak cover representing 22%. Tamentout forest contains other tree species like Cork Oak, *Acer obtusatum*, *Sorbus torminalis* and *Sorbus domestica*. The shrub and herbaceous stratum were composed mainly of *Calycotome spinosa*, *Cytisus villosus*, *Crataegus monogyna*, *Ampelodesmos mauritanicus*, *Urtica membranacea*, *Polystichum setiferum*, *Platanthera bifolia* and *Urginea maritima*.

Faecal sample collection

In the Tamentout forest and during the breeding season in 2019, we located four nests of the Algerian Nuthatch. Because of the high feeding demand of nestlings, around five days before fledging the adult pairs of the species are unable to clean the nest and leave the faecal sacs in the nest (Bougaham et al. 2017). To avoid disturbing broods, the faecal samples were directly collected from the nests later after fledging on 5 July 2019. Altogether 74 complete faecal samples were sampled and some disaggregated samples were gathered in Eppendorf tubes ($n =$ two nests). These damaged faecal samples were not included in some diet analyses (mean richness, occurrence frequencies). To ensure that sampling be representative, the nests were located as evenly as possible in the different parts of the Tamentout forest (nest 1: 36°32'26.9" N, 5°43'46.3" E; nest 2: 36°32'20.6" N, 5°42'44.8" E; nest 3: 36°32'12.6" N, 5°41'36.1" E; nest 4: 36°32'10.1" N, 5°42'28.4" E) and the number of faecal samples per nest varied from 11 to 31. Each faecal sample collected per nest was separately preserved in labeled Eppendorf tubes.

Nestling faecal samples analyses

The faecal samples analyses for Algerian Nuthatch nestlings were done at the laboratory. Each Eppendorf tube's content was poured into a Petri dish. Each faecal sample was analysed under Z410 Olympus binocular stereo zoom (0.8–4.7 × 10 magnification). In a Petri dish, we added a few drops of water to soften each faecal sample. We did the same thing with disaggregated samplings. Then, under



Figure 1: Schematic map of the geographical location of the study area

binocular stereo zoom, firstly, with entomological forceps, we proceeded to the dehusking of the faecal sample (Belkacem et al. 2019). This step was done carefully to avoid breaking the already damaged fragments. After, we sorted the fragments well arranged by their categories (head, elytra, mandibles). The fragments were arranged in another blotting paper lined Petri dish. The fragment measurement was done with a graph paper. They were photographed (Supplementary material 1) under a Z410 Olympus trinocular stereo zoom equipped with a suitable Canon EOS camera. We also proceeded to the estimation of prey taxa energy content (EEC). Knowing only 60–75% of the dry weight of the prey taxa is assimilated by the predator (Ricklefs 1974; Wolf and Hainsworth 1978) we estimated the energy (E) content in each eaten prey taxa in J with Ricklefs' (1974) and Wolf and Hainsworth's (1978) formula $E = 2.5L^{2.6}$ (E: Available Energy in J; L: Prey taxa length in mm).

Prey taxa identification

The prey taxa found in the faecal samples belong to two classes (Arachnida and Insecta). Identification of Arachnida was done according to the Calver and Wooller (1982) method using legs and chelicera (Supplementary material 1). Identification of the Insecta (Supplementary material 1) was done using keys suggested by Tatner (1983) and Ralph et al. (1985), or features and colours apparent on the heads, elytra, pronotums, mandibles and thoracic legs (Charrier 2002; Chinery 2005; Albouy and Richard 2017). For the most consumed prey items by the Algerian Nuthatch's nestling, their identification was done to genus and species levels. These prey items were identified with the aid of a reference collection of each one collected in the immediate surrounding environment of each sampled nest. Finally, the prey taxa *Camponotus* sp. was identified by Henri Cagniant (Paul Sabatier University-Toulouse III).

Lepidoptera remains were often reduced to mandibles and therefore indeterminable and we have not attempted to go further in their identification.

Once the fragments were determined, the number of prey taxa consumed by categories was carried out. An item of each prey taxa would correspond to a head, a thorax, a mandible (or two), an elytron (or two), or a chelicera (Calver and Wooller 1982). The exact quantification of the prey taxa number was not always obtained. An item was retained only once in the count when much damaged fragments appeared, which prevented us from deducing the exact number in the sample.

Measurement of diet diversity

We proceeded to calculate five diversity indices. The total specific richness (S) was simply calculated by counting all prey taxa identified in all faecal samples that occurred at least once. The mean specific richness (s) is the sum of the total specific richness of each faecal sample divided by the total number of faecal sacs. A frequency of occurrence (FO) is the ratio of the number of the faecal sample where a prey taxon was present to the total number of faecal samples analysed (expressed in percentage) (Dajoz 1971). According to Dajoz (1971), the relative abundance (RA) is the ratio of the number of individuals of a prey taxon to the total number of individuals of all prey taxa (expressed in percentage).

We used a Shannon–Weaver diversity index (H' ; Ramade 2003) to quantify the Algerian Nuthatch nestlings' dietary diversity:

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

(Ln: natural logarithm; p_i : Relative abundance of a prey taxa; H' value ranges from 0 for the community with only one species to 4.5 or 5 for the most diverse communities).

In order to quantify the Algerian Nuthatch nestlings' food niche breadth ' B_i ', we used a formula from Levin's standardised index.

$$B_i = \frac{1}{(n-1)} \left(\frac{1}{\sum p_i^2} - 1 \right)$$

(p_i : Occurrence frequencies of each prey taxa; n : Total number of prey taxa). Niche breadth ' B_i ' can vary on a scale from 0 to 1. When B_i tends to 0; niche breadth is narrow (specialised consumer), and when B_i tends to 1; niche breadth is wide (generalist consumer) (Nascimento et al. 2019).

Costello graphs use the frequency of occurrence (FO) in percentage on x-axis and relative abundance (RA) in percentage on the y-axis of prey taxa in the diet. It depicts the relative importance of the prey (dominant or rare) and the degree of homogeneity of prey selection in the predator diet (Costello 1990).

Prey taxa sizes

To estimate the prey taxa sizes, we measured the complete fragments found in each faecal sample (head, pronotum or elytron), and then estimated the complete prey taxa size following the method of Calver and Wooller (1982). This

measure was only made possible for eleven prey taxa (Table 1). In case a single statistical series of range (R) with (N) items, according to Sturges (1926), the class interval (C) may be estimated from the formula:

$$C = \frac{R}{1 + 3.322 \log N}$$

The range (R) is defined by Everitt and Skrondal (2010) as the difference between the largest value (prey taxa size) and the smallest (prey taxa size) measurement in a dataset.

Results

Diet composition

For 74 complete and disaggregated faecal samples analysed, we identified 39 prey taxa and altogether 686 individuals. The dietary composition of the Algerian Nuthatch nestlings in Tamentout forest consisted of Insecta and Arachnida (Table 1). The Insecta were dominant with 652 individuals (95.4%), whereas Arachnida were represented by only 34 individuals (4.96%). The diet was composed mainly of 13 prey families, including six prey orders (Figures 2a and 2b). Coleoptera (42.71%) were most frequently recorded (Figure 2a), represented mainly by Cetoniidae (*Oxythyrea funesta*: 18.95%) and Buprestidae (*Anthaxia* sp.: 8.60%). Accordingly, the Dermaptera accounted for 38.63%, due essentially to Forficulidae predominance (Figure 2b), where *Forficula auricularia* was the most consumed prey by the Algerian Nuthatch nestlings (36.88%). These main prey taxa were followed by Lepidoptera (7.29%), Araneae (4.96%), Hymenoptera (3.64%) and Hemiptera (2.77%).

Figure 3 shows the number of prey taxa and the relative abundance per prey order. Coleoptera predominate in the diet of Algerian Nuthatch nestlings. They alone represent 22 prey taxa (AR: 42.71%). Lepidoptera order and Araneae order with six prey taxa for each one are less abundant, whereas Dermaptera with only two prey taxa are the most abundant (AR: 38.63%). Hymenoptera (RA: 3.64%) and Hemiptera (RA: 2.77%) have only two and one prey taxa, respectively.

Diet ecological analysis

The prey taxa numbers per faecal sample ranged from one to eleven. The mean richness was 5.35 ± 1.79 prey taxa, $n = 74$ (Table 2). The diversity index showed a moderate value (2.38). The energy content of prey taxa is proportional to their size. It ranged from 12.17 J (*Staphylinidae* sp. 2) to 3 018.15 J (*Anisolabis maritima*), with mean energy content estimated at 660.17 ± 581.15 J. Mean prey taxa size was 12.93 ± 4.44 mm, $n = 246$. The food niche width gave a value of 0.017 (Table 2) indicating a narrow food niche breadth.

The Costello graphical representation of the diet composition of the Algerian Nuthatch's nestlings shows five important prey taxa (Figure 4). *Forficula auricularia*, *Oxythyrea funesta*, *Anthaxia* sp., Lepidoptera sp. 1 and *Camponotus* sp. were the main prey, both in relative abundance and occurrence frequency. The prey capture strategy showed a dominance of *Forficula auricularia* and *Oxythyrea funesta*, with more specialisation for *Forficula auricularia*.

Table 1: Relative abundances (prey taxa individuals) and occurrence frequencies (occurrence number) of each prey taxa found in the faecal samples of Algerian Nuthatch nestlings

Class	Order	Family	Prey taxon	Relative abundance (%)	Frequency of occurrence (%)	
Insecta	Coleoptera	Cetoniidae	<i>Oxythyrea funesta</i> *	18.95 (130)	94.59 (70)	
		Buprestidae	<i>Anthaxia</i> sp.*	8.60 (59)	67.57 (50)	
		Curculionidae	Curculionidae sp. 1	1.31 (9)	12.16 (9)	
			Curculionidae sp. 2	0.58 (4)	4.50 (3)	
			Curculionidae sp. 3	1.90 (13)	17.57 (13)	
			Curculionidae sp. 4*	0.58 (4)	5.41 (4)	
			Curculionidae sp. 5	0.44 (3)	2.70 (2)	
			Carabidae	Carabidae sp. 1	0.73 (5)	6.76 (5)
		Carabidae	Carabidae sp. 2*	0.15 (1)	1.35 (1)	
			Carabidae sp. 3	0.15 (1)	1.35 (1)	
			Carabidae sp. 4	2.40 (14)	17.57 (13)	
			Chrysomelidae	Chrysomelidae sp. 1	0.15 (1)	1.35 (1)
		Chrysomelidae sp. 2*		0.44 (3)	2.70 (2)	
		Chrysomelidae sp. 3		0.44 (3)	4.50 (3)	
		Staphylinidae	Staphylinidae sp. 1	1.20 (7)	8.11 (6)	
			Staphylinidae sp. 2*	1.20 (7)	6.76 (5)	
		Cerambycidae	Cerambycinae sp.*	2.62 (18)	12.16 (9)	
			Cerambycidae sp.	0.15 (1)	1.35 (1)	
			Lamiinae sp.*	0.73 (5)	8.11 (6)	
		Meloedae	<i>Meloe</i> sp.*	0.44 (3)	4.50 (3)	
		Silphidae	Silphinae sp.	0.15 (1)	1.35 (1)	
			Coleoptera sp.	0.15 (1)	1.35 (1)	
		Dermaptera	Forficulidae	<i>Forficula auricularia</i> *	36.88 (253)	98.65 (73)
			Carcinopharidae	<i>Anisolabis maritima</i> *	1.75 (12)	13.51 (10)
		Hymenoptera	Formicidae	<i>Camponotus</i> sp.	3.50 (24)	24.32 (18)
				Formicidae sp.	0.15 (1)	1.35 (1)
		Hemiptera	Acanthosomatidae	<i>Elasmucha</i> sp.	2.77 (19)	18.92 (14)
	Lepidoptera		Lepidoptera sp. 1	3.64 (25)	27.30 (20)	
			Lepidoptera sp. 2	2.48 (17)	20.27 (15)	
			Lepidoptera sp. 3	0.15 (1)	1.35 (1)	
			Lepidoptera sp. 4	0.29 (2)	2.70 (2)	
			Lepidoptera sp. 5	0.44 (3)	4.50 (3)	
			Lepidoptera sp. 6	0.29 (2)	1.35 (1)	
Arachnida	Araneae	Araneae sp. 1	1.75 (12)	12.16 (9)		
		Araneae sp. 2	1.17 (8)	9.46 (7)		
		Araneae sp. 3	0.29 (2)	2.70 (2)		
		Araneae sp. 4	0.44 (3)	2.70 (2)		
		Araneae sp. 5	0.44 (3)	4.50 (3)		
		Araneae sp. 6	0.87 (6)	6.76 (5)		

(*): Prey taxa size estimated

Prey taxa sizes

The prey sizes consumed by Algerian Nuthatch nestlings varied between 3 mm (*Staphylinidae* sp. 2) and 25 mm (*Anisolabis maritima*), with a mean size of 12.93 ± 4.44 mm. Most prey taxa consumed were in the medium size class (465 individuals, >93%, Table 3), whereas only 2.42% ($n = 11$) of them are in the large size class (19.5–25 mm). Small prey taxa size class (3–8.5 mm) was the least consumed (Table 3).

Prey taxa size class of 14–19.5 mm predominated (63.23%) in the number of items, because of the extensive presence of *Forficula auricularia* (size: 15 mm, $n = 253$) and *Anthaxia* sp. (size: 15 mm, $n = 59$). The prey's taxa size class of 8.5–14 mm accounted for more than 30%, where 130 individuals of them were mainly of *Oxythyrea funesta* (10 mm).

Discussion

To our knowledge, this study is the first one to quantify the diet of the Algerian Nuthatch nestlings. The 74 faecal samples analysed highlighted that the Algerian Nuthatch feeds its chicks on 39 different prey taxa. This prey taxa number is lower than that found in the diet of the Eurasian Nuthatch's nestlings, where Krištín (1994) was able to identify 432 different prey taxa ($n = 1\,585$ food samples). However, the study of the species foraging behaviour in the Guerrouche forest has shown that it feeds (during the breeding season) on ants, spiders and Lepidoptera of different sizes, especially those of *Lymantria dispar* (Bellatrèche and Boubaker 1995).

Our analysis indicates that the diet composition of the Algerian Nuthatch nestlings is made up of only two classes

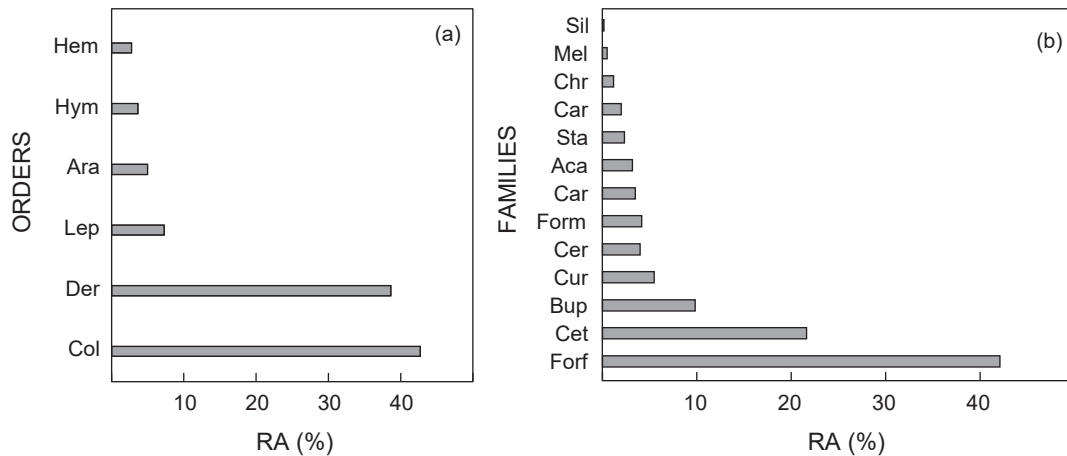


Figure 2: Relative abundance of the prey orders and prey families consumed by the Algerian Nuthatch's nestlings. Col: Coleoptera, Der: Dermaptera, Lep: Lepidoptera, Ara: Araneae, Hym: Hymenoptera, Hem: Hemiptera, Forf: Forficulidae, Cet: Cetoniidae, Bup: Buprestidae, Cur: Curculionidae, Cer: Cerambycidae, Form: Formicidae, Car: Carabidae, Aca: Acanthosomatidae, Sta: Staphylinidae, Car: Carcinophoridae, Chr: Chrysomelidae, Mel: Meloedae, Sil: Silphidae

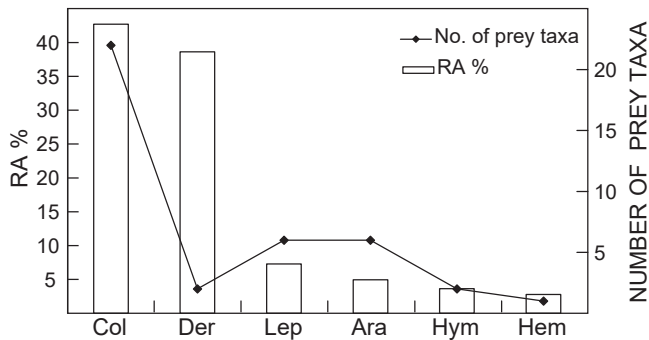


Figure 3: Relative abundance prey orders and their number of prey taxa. Col: Coleoptera, Der: Dermaptera, Lep: Lepidoptera, Ara: Araneae, Hym: Hymenoptera, Hem: Hemiptera

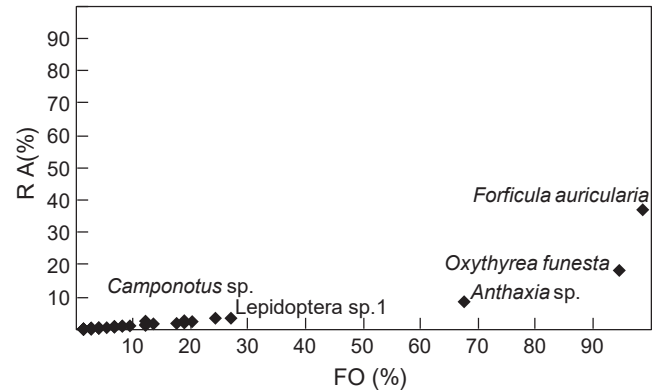


Figure 4: Costello graphical representation of important prey taxa of the Algerian Nuthatch' nestlings in the Tamentout forest

Table 2: Diet ecological indices for Algerian Nuthatch nestlings

Parameters	Values
Total richness	39
Mean richness (s) $\pm$ SD	5.35 $\pm$ 1.79
Shannon–Weaver index (H')	2.38
Mean energy content $\pm$ SD	660.17 $\pm$ 581.15
Mean prey taxa size $\pm$ SD	12.93 $\pm$ 4.44
Niche breadth (B_i)	0.017

of arthropods (insects and spiders), with insects dominating. Deciduous forests are mainly web spiders host (Albert 1982 in Kraus and Krumm 2013) of which the latter are more abundant on the ground in the litter (Shuldt et al. 2008), which could explain the low spider's percentage (4.96%) in the nestlings' faecal samples seeing that the Algerian Nuthatch hunts rarely on the ground (Bellatrèche and Boubaker 1995).

The prey taxa consumed belong to five different orders, namely: Coleoptera, Lepidoptera, spiders, Hymenoptera, Hemiptera and Dermaptera. The entomological inventory

Table 3: Different prey taxa sizes of the Algerian Nuthatch nestlings. n_i : number of individuals, relative abundance

Prey size width (mm)	n_i	Relative abundance (%)
3–8.5	18	3.64
8.5–14	152	30.71
14–19.5	313	63.23
19.5–25	12	2.42

carried out by Benmecheri (1994) in the Tamentout forest revealed a similarity with our results, where she recorded the highest number of species in beetles and Lepidoptera. The other insect groups were also noted, but with lower species: Hymenoptera, Hemiptera and Dermaptera (*Forficula auricularia*). The beetles were most consumed by the Nuthatch chicks with a percentage of 42.71%. This is not in agreement with the results found in the diet of the Eurasian and White-breasted Nuthatches' chicks where Lepidoptera were predominant (Anderson 1976;

Krištín 1992a; Krištín 1994; Ceia et al. 2016; Wesolowski et al. 2019). The same results were found in Algeria for the African Blue Tit *Cyanistes teneriffae* chicks, as well in a deciduous forest of Zeen Oak (Rouag-Ziane and Chabi 2008) and in evergreen forest of Cork Oak (Djenidi and Bouslama 2014), where Lepidoptera were the main prey (Zeen Oak forest: 87%, Cork Oak forest: 71%). A similar observation was also noted for another hole nesting bird, the Atlas Pied Flycatcher *Ficedula speculigera* in the Cork Oak forest, where Lepidoptera were also the most consumed (23.4%) (Boudeffa 2015). A low proportion of Lepidoptera recorded in the diet of the Algerian Nuthatch nestlings could be because at this development stage of the chicks (late May/early June), the Afares and Zeen Oaks bud break, which generates a massive production of caterpillars, has already ended. According to Benmecheri (1994), bud break of these trees (in Tamentout) begins at the end of April for the Afares Oak and the beginning of May for the Zeen Oak. Furthermore, the temperature increase could induce there the appearance of other insect categories (Boudeffa 2015). The method of faecal samples analysis used in this study could favour the indigestible chitinous items in the diet to the detriment of those whose digestion is easy, rapid and complete, could not leave Lepidoptera traces in the faecal samples analysed.

The diet analysis of the Algerian Nuthatch' nestlings revealed the presence of 13 prey families. Curculionidae recorded the highest prey taxa number with five prey followed by Carabidae with four prey taxa. Chrysomelidae and Cerambycidae recorded three prey taxa. Staphylinidae and Formicidae recorded two prey taxa. The remains of the families namely, Forficulidae, Cetoniidae, Buprestidae, Meloedae, Silphidae, Carcinopharidae and Acanthosomatidae recorded a single prey taxon each. Benmecheri (1994) also reports that Chrysomelidae and Curculionidae were quite abundant in Tamentout forest. Forficulidae, presented here by a single prey taxon (*Forficula auricularia*), were the most abundant in the faecal samples analysed. Generally, many species of Dermaptera frequently dig temporary shelters under various supports (stones, wood) or on the ground (Albouy and Caussanel 1990). *Forficula auricularia* is mainly found on the soil surface, in humus or under the bark of a dead tree (Kocarek 1998) and its foraging sites are in trees (Suckling et al. 2006). The Algerian Nuthatch is a gleaner bird during its foraging quest where it looks for its prey on tree supports while moving on them (Bellatrèche and Boubaker 1995).

The mean faecal samples richness was 5.35 ± 1.79 . The minimum richness was only one prey taxon and the maximum was 11 prey taxa. The highest prey taxa occurrences varied between 18 and 73, of which the most frequent prey taxon was *Forficula auricularia*. The diversity index calculated in this study revealed an important value (2.38), which indicates an average diversity, this value can be explained by the noticeable abundance of some prey in the faecal samples analysed. Costello's graphs shows us five potential prey taxa namely, one Dermaptera (*Forficula auricularia*), two beetles (*Oxythyrea funesta*, *Anthaxia* sp.), one ant (*Camponotus* sp.) and one Lepidoptera (Lepidoptera sp. 1). The Algerian Nuthatch search the most available prey taxa both in time and space,

where the capture time or the energy value of these prey may be more profitable (Vignes 2011). The most searched prey sizes by the species were between 8.5 and 19.5 mm. The importance of these prey sizes in the diet of the species nestlings could be explained by the fact that the three potential prey taxa namely, *Forficula auricularia* (15 mm), *Anthaxia* sp. (15 mm) and *Oxythyrea funesta* (10 mm) were more caught by parents. It seems that Algerian Nuthatch takes the available prey in quantity near the nests to avoid the energy expenditure of foraging long distance (Rouag-Ziane and Chabi 2008). Indeed, a clear correlation (Spearman test) was found between the prey taxa size and their energy inputs ($R_s = 1$, $n = 11$, $p < 0.001$).

We noted a calculated value of the niche breadth width close to zero (0.017) which reflects the specialization tendency of the species for some preys during the nestlings feeding activity. Among the potential prey taxa, we have recorded the overwhelming preponderance of *Forficula auricularia*, which was characterised by a high energy value and could be very accessible prey to the Algerian Nuthatch. Indeed, in this chicks development phase, the Algerian Nuthatch parents prefer *Forficula auricularia* as the main food resource, which would seem to attribute to the greater abundance of these prey and that they might be easier to catch than other prey (Rouag-Ziane and Chabi 2008; Pagani-Núñez et al. 2014) and lepidopteran caterpillars were less available later in the late spring. At the end of the breeding season, the caterpillars become less frequent in the faecal samples analysed, because of massive emergence of other prey types (beetles, Dermaptera) which gain other surrounding micro-habitats, such as dead parts of trees (branches, trunks).

To raise its nestlings, the Algerian Nuthatch foraging strategy seems to be based on capturing the most abundant and available prey in the surrounding of the nests, such as Dermaptera, beetles, ants, caterpillars and spiders. In our study, we showed that, when rearing chicks, the Algerian Nuthatch is a specialist in Earwig *Forficula auricularia* and, nevertheless, tends to develop an alternative feeding strategy by capturing certain beetles, ants and caterpillars of Lepidoptera. It is interesting and necessary to extend this study over its entire distribution area and over an annual cycle, to try to determine the seasonal variations in the species diet. A study on the species prey availability would be interesting to undertake.

Acknowledgements — We thank the Direction Générale de la Recherche Scientifique et du Développement Technologique (DGRSDT), which supports our research laboratory.

ORCID

Mourad Zemouri: <http://orcid.org/0000-0002-1371-9634>

References

- Albouy V, Caussanel C. 1990. Dermaptères ou Perce-oreilles. Paris: Fédération française des sociétés de sciences naturelles. [in French].
- Albouy V, Richard D. 2017. Guide des Coléoptères d'Europe. Paris: Deachaux et Niestl. [in French].

- Anderson SH. 1976. Comparative food habits of Oregon. *Northwest Science* 50: 213–221.
- Belkacem R, Bougaham AF, Gagaoua M, Moulai R. 2019. Food profile of Grey Wagtail *Motacilla cinerea* during an annual cycle in the Algerian Babors Mountains of North Africa. *Ostrich* 90: 45–52. <https://doi.org/10.2989/00306525.2018.1543214>.
- Bell GP. 1990. Birds and mammals on an insect diet: a primer on diet composition analysis in relation to ecological energetics. *Studies in Avian Biology* 13: 416–422.
- Bellatrèche M, Boubaker Z. 1995. Premières données sur le comportement alimentaire de la Sittelle Kabyle (*Sitta ledanti*) en période de reproduction. *Annales Agronomiques* 16: 35–48. [in French].
- Bellatrèche M. 1991. Deux nouvelles localisations de la Sittelle Kabyle *Sitta ledanti* en Algérie. *L'Oiseau et la Revue Française d'Ornithologie* 61: 269–272.
- Benmecheri S. 1994. Etude bioécologique des insectes phytophages et des mangeurs de glands de trois chênaies: Suberaies-Afareçaises et Zeenaie de la forêt de Tamentout. MSc thesis. Université Badji Mokhtar, Annaba, Algeria. [in French].
- Berg J. 1979. Discussion of methods of investigating the food of fishes, with reference to a preliminary study of the prey of *Gobioculus flavescens* (Gobiidae). *Marine Biology* 50: 263–273. <https://doi.org/10.1007/BF00394208>.
- Boudeffa K. 2015. Ecologie d'une population de gobe-mouches de l'atlas *Ficedula speculigera* dans la région d'el Kala: reproduction, régime alimentaire et parasitose. PhD thesis. Université Badji Mokhtar, Annaba, Algeria. [in French].
- Bougaham AF, Announ L, Aissat L, Zemouri M, Lillouch S, Mirouh A, Soukkou W, Bouchareb A. 2018. Distribution et grandeur de la population de la Sittelle Kabyle *Sitta ledanti* dans la forêt de Djimla (Nord-Est algérien). *Alauda* 86: 1–6. [in French].
- Bougaham AF, Benazouz A, Bouchareb A. 2017. Reproduction et soins parentaux chez la Sittelle Kabyle *Sitta ledanti* en forêt de Guerrouche (Jijel, Algérie). *Alauda* 85:29-34. [in French].
- Bougaham AF, Hamitouche S, Bouchareb A. 2020. Trois nouvelles localisations de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* en Algérie. *Alauda* 2: 147–148. [in French].
- Burnier E. 1976. Une nouvelle espèce de l'avifaune paléarctique: la Sittelle Kabyle, *Sitta ledanti*. *Nos Oiseaux* 33: 337–340. [in French].
- Calver MC, Wooller RD. 1982. A technique for assessing the taxa, length, dry weight and energy content of the arthropod prey of birds. *Wildlife Research* 9: 293–301. <https://doi.org/10.1071/WR9820293>.
- Ceia RS, Machado RA, Ramos JA. 2016. Nestling food of three hole-nesting passerine species and experimental increase in their densities in Mediterranean oak woodlands. *European Journal of Forest Research* 135: 839–847. <https://doi.org/10.1007/s10342-016-0977-4>.
- Charrier S. 2002. Clé de détermination des Coléoptères Lucanides et Scarabéides de Vendée et de l'Ouest de la France. *Le Naturaliste Vendéen* 2: 61–93.
- Chaumont et Paquin C. 1971. 'Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord, échelle 1/500000' (4 feuilles et notice). Société de l'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord, Alger. [in French].
- Chinery M. 2005. *Insectes de France et d'Europe Occidentale*. Paris: Flammarion. [in French].
- Cooper RJ, Martinat PJ, Whitmore RC. 1990. Dietary similarity among insectivorous birds: influence of taxonomic versus ecological categorization of prey. *Studies in Avian Biology* 13: 104–109.
- Costello MJ. 1990. Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. *Journal of Fish Biology* 36: 261–263. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1990.tb05601.x>.
- Dajoz R. 1971. *Précis d'écologie* (2^{ème} édition). Paris: Dunod. [in French].
- Djenidi R, Bouslama Z. 2014. Reproductive phenology and nestling diet of African Blue Tit *Cyanistes teneriffae*. *Revue d'écologie. La Terre et la Vie* 69: 72–80.
- Everitt BS, Skrondal A. 2010. *The Cambridge dictionary of Statistics* (4th edn.). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511779633>.
- Géroutet P. 1976. A propos de la Sittelle kabyle. *Nos Oiseaux* 33: 340–342. [in French].
- Haddad K, Afoutni L. 2019. La Sittelle kabyle *Sitta ledanti*: nouvelle localité, répartition et habitat. *Ornithos* 26: 83–94. [in French].
- Hamitouche S, Bouchareb A, Bougaham A.F. 2020. Status and distribution of the Algerian Nuthatch's population (*Sitta ledanti* Vielliard, 1976) in the Tamentout forest (north-eastern Algeria). *Avian Biology Research* 13: 81–86.
- IUCN. 2012. IUCN redlist. <http://www.iucnredlist.org>. [Accessed 15 March 2016].
- Jordan MJR. 2005. Dietary analysis for mammals and birds: a review of field techniques and animal-management applications. *International Zoo Yearbook* 39: 108–116. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.2005.tb00010.x>.
- Kocarek P. 1998. Life cycles and habitat associations of three earwig (Dermaptera) species in lowland forest and its surroundings. *Biologia-Bratislava* 53: 205–211.
- Kraus D, Krumm F. 2013. *Les approches intégratives en tant qu'opportunités de conservation de la biodiversité forestière*. In Focus - Managing Forest in Europe. Joensuu: European Forest Institute (Institut européen des forêts). [in French].
- Kristín A. 1992a. Die nestlings nahrung des Kleibers (*Sitta europaea* L.) in Buchenwäldern. *Acta Ornithoecologica* 2: 341–349. [in German with English abstract].
- Kristin A. 1994. Food variability of Nuthatch nestlings (*Sitta europaea*) in mixed beech forests: where are limits of its polyphagy? *Biologia-Bratislava* 49: 773–779.
- Ledant JP. 1977. La Sittelle Kabyle (*Sitta ledanti* Vielliard), espèce endémique montagnarde récemment découverte. *Aves* 14: 83–85. [in French].
- Ledant JP. 1978. Données comparées sur la Sittelle corse (*Sitta whiteheadi*) et sur la Sittelle Kabyle (*Sitta ledanti*). *Aves* 15: 154–157. [in French].
- Ledant JP, Jacobs P. 1977. La Sittelle Kabyle (*Sitta ledanti*): données nouvelles sur sa biologie. *Aves* 14: 233–242. [in French].
- Maran T, Kruuk H, Macdonald DW, Polma M. 1998. Diet of two species of mink in Estonia: displacement of *Mustela lutreola* by *M. vison*. *Journal of Zoology* 245: 218–222. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1998.tb00093.x>.
- Moulai R, Mayache MEA. 2018. Un nouveau site de reproduction pour la Sittelle Kabyle *Sitta ledanti*. *Alauda* 86: 73–74. [in French].
- Nascimento T, Oliveira N, Fagundes AI, Baena CT, Luís A. 2019. Diet selection of introduced black rats *Rattus rattus* L. in relation to plant availability on Berlenga Island, Portugal. *Ecologia Mediterranea* 45: 15–29. <https://doi.org/10.3406/ecmed.2019.2072>.
- Pagani-Núñez E, Hernández-Gómez S, Riyahi S, Senar JC. 2014. Year-round preference for spiders by Mediterranean Great Tits *Parus major*. *Ardeola* 61: 257–267. <https://doi.org/10.13157/arla.61.2.2014.257>.
- Pravosudov VV, Pravosudova EV, Zimireva EY. 1996. The diet of nestling Eurasian Nuthatches. *Journal of Field Ornithology* 67: 114–118. www.jstor.org/stable/4514089.
- Ralph CP, Nagata SE, Ralph CJ. 1985. Analysis of droppings to describe diets of small birds. *Journal of Field Ornithology* 56: 165–174.
- Ramade F. 2003. *Éléments d'écologie. Ecologie fondamentale* (3^{ème} édition). Paris: Dunod. [in French].
- Ricklefs RE. 1974. Ecological aspects of avian energetics. In: Raymond A, Paynter JR, Paynter RA (Eds), *Avian Energetics*. Cambridge: Nuttall Ornithological Club. pp 152–292.

- Rosenberg KV, Cooper RJ. 1990. Approaches to avian diet analysis. *Studies in Avian Biology* 13: 80–90.
- Rouag-Ziane N, Chabi Y. 2008. Écologie de la reproduction de la Mésange Bleue (*Cyanistes caeruleus ultramarinus*) dans un habitat caducifolié: Caractérisation du régime alimentaire et inventaire des ectoparasites. *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie* 17: 14–24. [in French].
- Rundle WD. 1982. A case for esophageal analysis in shorebird food studies. *Journal Field Ornithology* 53: 249–257.
- Schuldt A, Fahrenholz N, Brauns M, Migge-Kleian S, Platner C, Schaefer M. 2008. Communities of ground-living spiders in deciduous forests: does tree species diversity matter? *Biodiversity and Conservation* 17: 1267–1284. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9330-7>.
- Sturges HA. 1926. The choice of a class interval. *Journal of the American Statistical Association* 21: 65–66. <https://doi.org/10.1080/01621459.1926.10502161>.
- Suckling DM, Burnip GM, Hackett J, Daly JC. 2006. Frass sampling and baiting indicate European Earwig (*Forficula auricularia*) foraging in orchards. *Journal of Applied Entomology* 130: 263–267. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2006.01064.x>.
- Tatner P. 1983. The diet of urban Magpies *Pica pica*. *Ibis* 125: 90–107. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1983.tb03086.x>.
- Thibault JC, Prodon R, Villard P, Seguin JF. 2006. Habitat requirements and foraging behaviour of the Corsican Nuthatch *Sitta whiteheadi*. *Journal of Avian Biology* 37: 477–486. <https://doi.org/10.1111/j.0908-8857.2006.03645.x>.
- Vielliard J. 1976. La Sittelle Kabyle. *Alauda* 44: 351–352. [in French].
- Vielliard J. 1978. Le Djebel Babor and his Nuthatch, *Sitta ledanti* Vielliard 1976. *Alauda* 46: 1–42. [in French].
- Vignes JC. 2011. Succès de la reproduction et rythmes de nourrissage de la Bergeronnette des ruisseaux (*Motacilla cinerea*) en nichoir artificiel. <https://cdnfiles1.biolovision.net/www.faune-aquitaine.org/userfiles/FAPublications/0019FA2011.pdf>. [Accessed 20 June 2016].
- Villard P, Bichelberger S, Seguin JF, Thibault JC. 2003. Foraging behavior of the Corsican Nuthatch (*Sitta whiteheadi*) in the Corsican pine (*Pinus nigra laricio*). *Vie et milieu - Life and environment* 53: 27–32.
- Wesołowski T, Rowiński P, Neubauer G. 2019. Food of Nuthatch *Sitta europaea* young in a primeval forest: effects of varying food supply and age of nestlings. *Acta Ornithologica* 54: 85–104. <https://doi.org/10.3161/00016454AO2019.54.1.008>.
- Wolf LL, Hainsworth F R. 1978. Energy: expenditures and intakes. In: Florkin M, Brush AH (Eds), *Chemical Zoology*. New York: Academic Press. pp 307–358.
- Zerroug K. 2012. Elaboration d'un système d'information géographique (fore) dans la Wilaya de Sétif. MSc thesis. Université Ferhat Abbas, Sétif, Algeria. [in French].

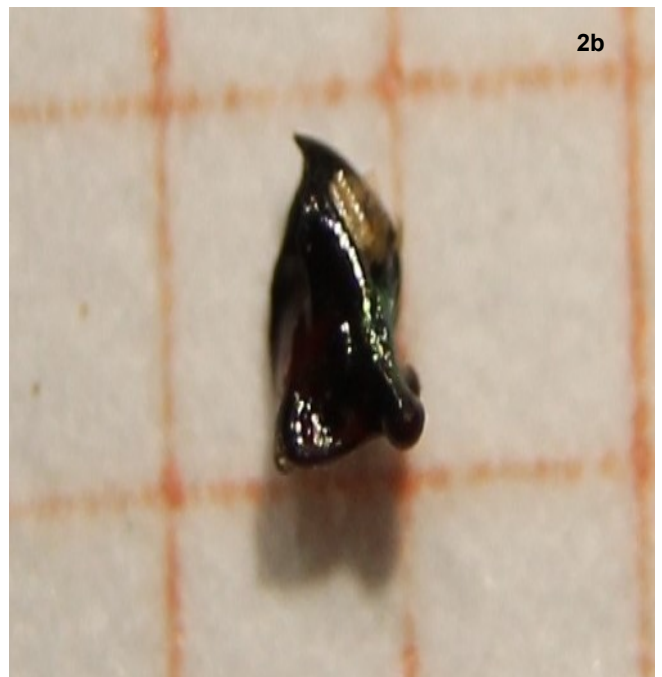
SUPPLEMENTARY MATERIAL

<https://doi.org/10.2989/00306525.2021.1923582>

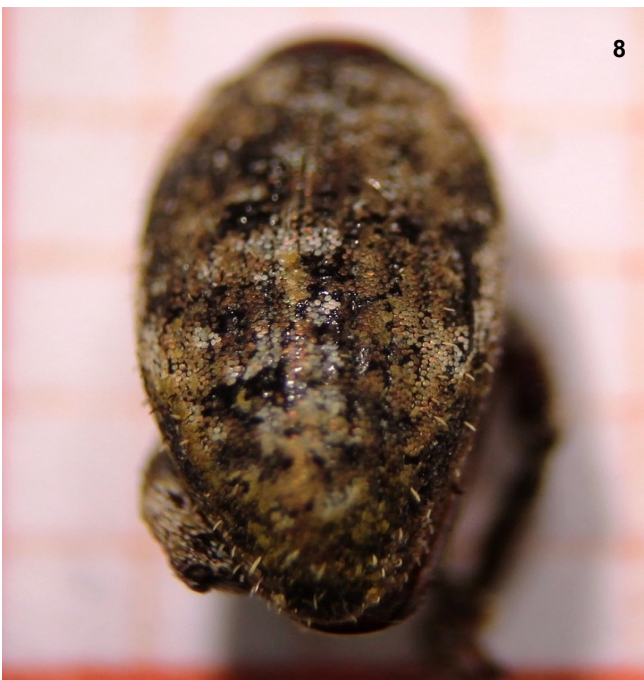
Ostrich 2021: 1–9

Nestling diet of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*, an endemic threatened bird in Babors' Kabylia region (north-eastern Algeria)

Mourad Zemouri, Lydia Asloune, Aida Adrar, Abdelouhab Bouchareb and Abdelazize Franck Bougaham







Supplementary material 1: Photos of some arthropods eaten by the Algerian nuthatch' nestlings. 1. *Forficula auricularia*: 1a: Head and Mandible, 1b: Forceps; 2. *Anthaxia* sp.: 2a: Head, 2b: Mandible; 3. Lepidoptera sp.1: 3a: Mandibles, 3b: Thoracic legs; 4. Araneae sp.1: Chelicerae; 5. *Camponotus* sp.1: Head; 6. *Oxythyrea funesta*: Scutellum; 7. Carabidae sp.2: Elytra; 8. Curculionidae sp.4: Elytra; 9. Staphylinidae sp.2: Pronotum

Distribution and demographic trend of Algerian Nuthatch (*Sitta ledanti*) population of Mount Babor forest in Babor-Tababort National Park

Mourad ZEMOURI* & Abdelazize Franck BOUGAHAM



Received: January 06, 2022 – Revised: April 12, 2022 – Accepted: April 12, 2022

Zemouri, M. & Bougaham, A. F. 2022. Distribution and demographic trend of Algerian Nuthatch (*Sitta ledanti*) population of Mount Babor forest in Babor-Tababort National Park. – Ornis Hungarica 30(1): 113–125. DOI: 10.2478/orhu-2022-0008

Summary The Algerian Nuthatch (*Sitta ledanti*) is the only bird species endemic to Algeria and it's a protected species by the Algerian law since 1983. So far, we have no precise information on recent changes in population density as well as the demographic trends of this endangered species in its entire range in the Kabylia of Babors. The population of the species in the Babor-Tababort National Park remains the most abundant, with 275 individuals recorded in 2020. Thirty-eight years after the 1982 census, it multiplied with an annual multiplication rate of (λ) = 1.01 and grew with an annual growth rate of $r = 1.36\%$. The Algerian Nuthatch has been present throughout the Mount Babor forest from 1,300 m altitude to the summit at 2,004 m altitude. The Algerian Nuthatch, in 2020, was more abundant in the mixed cedar forest because this type of forest covers the largest area in Mount Babor. The population of the species in the Mount Babor forest remains isolated that, however, could be connected to the population in the Tababort forest through the setting of an ecological corridor.

Keywords: Algerian Nuthatch, Babor-Tababort National Park, distribution, growth, habitat

Összefoglalás Az Atlasz csuszka (*Sitta ledanti*) Algériában 1983 óta védett, egyetlen endemikus madárfaj. Az Kizárólag a Badors Kabylia régióban fordul elő, de nincsenek pontos információk a populációk nagyságáról és az egyedszámok változásáról. A Babor-Tababort Nemzeti Parkban 2020-ban végzett felmérés szerint az ott élő populációt kb. 275 egyed alkotja. Az 1982-ben (Ledant 1985) végzett felméréshez képest a populáció növekedett, éves átlagos növekedési rátája 1,36% volt. A Babor-hegy erdei élőhelyein az 1300 m tengerszint feletti magasságtól a 2004 m-es csúcsig mindenhol előfordul. A 2020-as felméréskor a legnagyobb számban a legnagyobb kiterjedésű, kevert cédrus erdőkben fordult elő. A Babor-hegyi Atlasz csuszka populáció elszigetelt a többi költőpopulációtól. Fennmaradását segítené, ha ökológiai folyosókkal kapcsolódhatna a Tabort erdőség nagyobb csuszkapopulációihoz.

Kulcsszavak: Atlas csuszka, Babor-Tababort Nemzeti Park, elterjedés, denzitás, populációdinamika, élőhely

Laboratoire de recherche en Écologie et Environnement, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Bejaia, 06000 Bejaia, Algeria.

* corresponding author, e-mail: mourad.zemouri@univ-bejaia.dz

Introduction

Population dynamics is a discipline that has as interest the description and understanding the fluctuations in number of individuals in a given population over space and time. Thus fluctuations result in growth, decline or stability (Besnard & Salles 2000, Kricsfalussy 2012). The population growth potential of vertebrates allows the creation of population reserves, which can only exist with the availability of heterogeneous and favorable habitats (Blondel 2000) that provide refuges in case of rare climatic events such as prolonged drought or extreme cold (Wiens 1977). Demographic analyses of long-term monitoring data allow exploration of a variety of ecological and evolutionary questions, ranging from social behavior (Boulinier *et al.* 1996) to adaptation to spatio-temporal habitat heterogeneity (Blondel 2007). This kind of analysis is also applicable to investigate the impact of global changes and human activities on bird populations (Lebreton 2019) through the management of exploited populations and conservation (Weimerskirch *et al.* 1997, Nichols & Williams 2006). Thus, studies of population dynamics are used in population viability analysis and threat assessment criteria (IUCN 2012). They are also involved in assessing the status of endemic and threatened species (Schemske *et al.* 1994).

The Algerian Nuthatch *Sitta ledanti* is the only endemic bird for Algeria (Isenmann & Moali 2000) and a protected species by the Algerian law since 1983 (J.O.R.A. 1983). Since its discovery in 1975 in the Mount Babor forest situated in the Babor-Tababort National Park (Ledant 1977, Ledant & Jacobs 1977), its numbers continue to increase thanks to new discoveries in new habitats. The Algerian Nuthatch is distributed over twelve different habitats, which are all within the biogeographic area of Kabylia of Babors (Petite Kabylie) in northeastern Algeria (Chalabi 1989, Bellatrèche & Chalabi 1990, Moulai & Mayache 2018, Haddad & Afoutni 2019, Bougaham *et al.* 2020, Mayache & Moulai 2021, Bougaham *et al.* 2021). Despite the increase of its numbers, the Algerian Nuthatch still remains on the IUCN Redlist with numbers below 1000 individuals (IUCN 2012, Hamitouche & Bougaham 2021). The Algerian Nuthatch population estimations were carried out via censuses in many of its habitats, namely Guerrouch, Babor, Djimla, Tamentout, Larbaâ, El-Djarda, Sendouh, Tloundène, Tazegzeout, Coudia and Tababort (Hamitouche & Bougaham 2021). However, studies on the aspect of the population dynamics of the bird remain anecdotal and less precise. The only work was done in the Mount Babor forest and there is variation in the number of individuals from year to year (Vielliard 1978). Fluctuations in the number of individuals (between 12–70 pairs) from year to year may be related to field sampling effort (Vielliard 1976a, Ledant 1977, Ledant & Jacob 1977, Gatter & Mattes 1979). Apart from the variable sampling efforts, the availability of coniferseeds of the Atlas cedar *Cedrus atlantica* and the Numidian fir *Abies numidica* may also cause differences in nuthatch density.

The exhaustive and general census that took place on the whole Mount Babor forest (Ledant 1985) in 1982 is the reference work for our present study. The demographic changes of this endemic bird must be followed very closely (Vielliard 1978) because of its reduced numbers (Ledant 1977).

In this paper, our main objective is to describe the population dynamics of Algerian Nuthatch in the Mount Babor forest on the basis of: 1) the increased population density after

38 years; 2) the rate of multiplication and 3) the annual growth rate. Finally, the distribution of the species in the Babor forest is defined according to habitat types and altitudinal gradients.

Material and Methods

Study area

The Babor-Tababart National Park is part of the territory of Kabylia of Babors. It spreads over three Wilayas (Districts), namely Bejaia, Jijel and Sétif. It covers an area of 23,656 hectares. It is delimited by the following geographical coordinates: (36.600948°; 36.463018°) * N (5.327397°; 5.583446°) E (J.O.R.A. 2019) (*Figure 1*). The Mount Babor forest is defined as a core area of the Babor-Tababart National Park (J.O.R.A. 2019). It is located at 45 km east of Bejaia and forms the highest point of Petite Kabylie (2,004 m). The extent of the forest is 1,268 hectares (Ledant 1985). Mount Babor is a 7 km long and 4 km wide extrusion (Duplan 1952). It has got more than 500 plant taxa; including 45 tree species and 24 endemic species, as well as 22 species have a protected status by the Algerian law (J.O.R.A. 2012). Recently, two new orchid species have been reported including *Epipactis microphylla* (Bougaham & Rebbas 2020), as a new orchid for the Algeria flora and *Cephalanthera rubra* (Bougaham *et al.* 2020) as a new site for the species in the Mount Babor forest. The average annual precipitation ranges from 512 mm (1,000 m altitude) to 920 mm (2,004 m altitude) on the

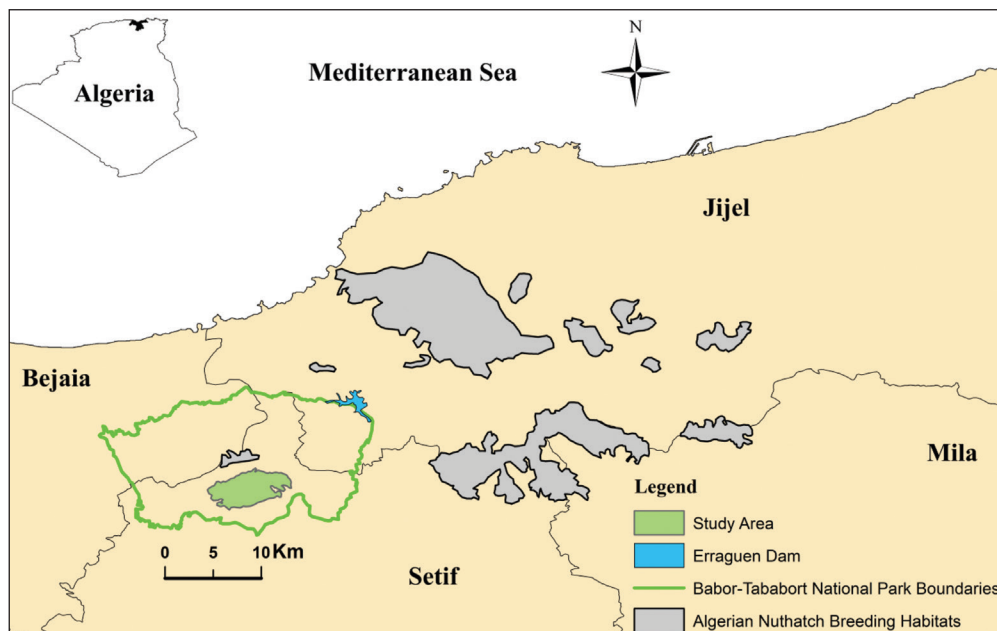


Figure 1. The study area in the Babor-Tababart National Park

1. ábra A vizsgálati terület földrajzi elhelyezkedése a Babor-Tababart Nemzeti Parkban

northern slopes and from 980 mm (1,000 m altitude) to 1,397 mm (2,004 m altitude) on the southern slopes. The average annual temperatures of the coldest month are between 0.0 °C (1000 m altitude) and -5.4 °C (2,004 m altitude) on the north slope and between 3.8 °C (1,000 m altitude) and -3.2 °C (2,004 m altitude) on the south slope (Gharzouli 2007).

The census

To estimate the size of the Algerian Nuthatch population, we used a point count census method suggested by Frochot (2010). The census in the Mount Babor forest was carried out from the beginning of June (04/06/2020) until the beginning of July (11/07/2020). We took the liberty of spreading out our census over time because of the late breeding period of the Algerian Nuthatch in this forest and especially in high altitudes (Vielliard 1976b, Vielliard 1978). The census was carried out during the breeding season, during the mornings (bird activity is intense) and during favorable weather conditions (absence of rain, fog and wind). The census was conducted on the basis of point counts (Blondel 1975, Ledant *et al.* 1985, Bougaham *et al.* 2018, Hamitouche *et al.* 2020). The point counts were practiced along a line transect in aim to cover the entire forest. At each point count, the song of the species is played via a tape recorder in order to stimulate and observe the species. The point counts on the line transects are spaced about 200 to 300 meters apart, except in the case of crossing the ridge line or the no possibility of access. This distance between two point counts was in order to avoid counting the same individual twice, while limiting the risk of not detecting some individuals. At each point count, after the species' song has been played, a 20 minutes period was observed on site. During the 20 minutes, the presence or absence of the species is first noted by auditory and/or visual identification. In case of presence, we noted if it was a pair or a solitary bird. Finally, in each point count, we noted the GPS coordinates, the altitude and the type of dominant forest stand on a radius of 30m.

Mapping and statistics

We used Esri 2014, ArcGis (spatial analysis software) with the ArcMap application v10.2.2 for processing geographic information. The spatial geo-referencing data (GPS coordinates of presence/absence points and altitude) were taken in the field with a GPS Carmin map 76 CSx' model. The distribution map (presence and absence) of the species in the Mount Babor forest was made on the basis of Arcmapv10.2.2 and the spatial geo-referencing data taken in the field. The chi-squared statistical test was carried out under the software R. This test was performed in aim to show relationship of the Algerian Nuthatch numbers in each habitat type, between the two census periods (1982 and 2020).

Distribution according habitat type

The dominant trees were noted in a radius of 30 meters around of each point count in aim to identify the habitat type.

Distribution according to altitudinal classes

Altitudinal classes were calculated via Yule's rule: the number of classes = $2.5\sqrt[4]{n}$, where n corresponds to the total number of point counts performed ($n = 240$), and the class interval is calculated by the ratio of the difference between the highest and lowest altitude divided over the already calculated classes number (Highest altitude – Lowest altitude/number of classes).

Population dynamics of the Algerian Nuthatch

The numbers obtained after our count of the Algerian Nuthatch in the Mount Babor forest during the breeding season of the year 2020 were compared to those of Ledant (1985) carried out in the same forest during the breeding season of the year 1982. A comparison of numbers according to the habitat type was also made. The typology of our habitats was respected, as far as possible, with respect to the one defined by Ledant (1985). The population dynamics of the species was checked, after a 38-year period, via densities, annual multiplication rate and annual growth rate.

The density and the individuals mean number

The density is the total number of pairs counted divided by the forest total area surface, multiplied by 10 (Hamitouche *et al.* 2020). The individuals mean number per point count is the ratio between the number of individuals counted in each habitat and the number of point counts performed.

Average annual multiplication rate (λ)

The population numbers variation, in a considered time lapse, is given according to the formula of Migot and Linard (1984):

$$\lambda = \sqrt[n]{E_f/E_i}$$

n = number of years between two censuses; E_f = final number; E_i = initial number;

$\lambda = 1$: Population size is stable;

$\lambda > 1$: Population size is increasing;

$\lambda < 1$: Population size is declining.

Annual growth rate (r)

According to Gibbs (2006), the annual growth rate (%) is calculated according to the following function:

$$r = \frac{\ln(Nt) - \ln(N0)}{t}$$

t = number of years between two censuses; Nt = final number; $N0$ = initial number; $\ln$ = natural logarithm;

$r \simeq 0$: Population size is stable;

$r > 0$: Size of the population is increasing;

$r < 0$: Population size is declining.

Results

Number of pairs and individuals counted

Out of 240 point counts carried out on the whole Mount Babor forest, we counted 133 pairs, nine solitaires and 105 absences. A total of 275 individuals were counted. The number of this population in the Mount Babor forest is the highest compared to that counted in other known forests.

Distribution of the Algerian Nuthatch

The species distribution within the forest follows the same pattern of distribution as that of the different habitat types distinguished. The species distribution map in the Mount Babor forest (*Figure 2*) shows the concentration of numbers was in the forest central parts which are the least degraded. The very degraded and open patches (clearings and edges) were totally avoided by Algerian Nuthatches.

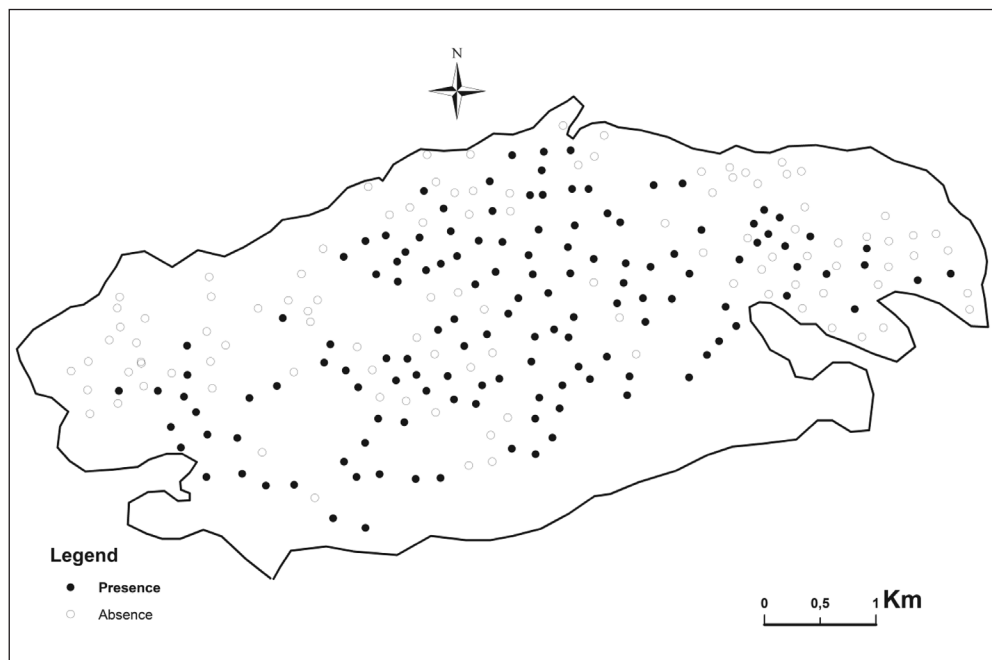


Figure 2. The Algerian Nuthatch distribution map (presence and absence) in the Mount Babor forest
 2. ábra Az Atlasz csuszka elterjedési térképe (jelenlét és hiány) a Babor-hegyi erdőben

Table 1. Distribution of the Algerian Nuthatch by habitat type. N: number of point counts

1. táblázat Az Atlasz csuszkapárok száma megoszlása élőhelytípusok szerint. N: felvételezési pontok száma

Habitat	N	Pairs	Solitaries	Absences	Total individuals number	Mean individuals number
Mixed cedar forest	119	85	4	27	174	1.46
Cedar forest	70	30	5	35	65	0.93
Deciduous oak forest	29	10	0	19	20	0.69
Fir-Deciduous oak forest	10	6	0	4	12	1.20
Summit forest	2	2	0	0	4	2.00
Evergreen oak forest	10	0	0	10	0	0.00
Totals	240	133	9	92	275	1.15

Distribution according to habitat type

The total point counts number was lower than the sum of the points with pairs, solitaires (unpaired birds) and without birds in the mixed Cedar forest, because there were point counts where more than two birds were recorded (Table 1), especially in the mixed cedar forest.

The most preferred habitat by the Algerian Nuthatch for reproduction is the mixed cedar forest (85 pairs and four solitaires), followed by the pure cedar forest (30 pairs and five solitaires), the deciduous oak forest with 10 pairs, followed by the fir oak forest with 6 pairs. The summit forest recorded only 2 pairs based on two counts only. In terms of mean individual number, the summit forest is apparently the most abundant (although the number of points is not significant), followed by the mixed cedar and fir-oak forest (Table 1). Finally, on the northern slope (Ubac), the evergreen oak *Quercus ilex* forest, located at an altitude below 1,200 m, was infiltrated in 2020 by some young individuals of zeen oak *Quercus canariensis*, and we even recorded at this altitude small bunches of young and pure zeen oak forest. The Algerian Nuthatch was still absent in this habitat and at this altitude.

Distribution according to altitudinal classes

The number of altitudinal classes was 10, with a class interval of 92.4 m (Figure 3). The first two altitude classes included between 1,079–1,263.8 m were empty of any Algerian Nuthatch presence. The first Algerian Nuthatch pair was noted at 1,326 m altitude, and the first solitary male was noted at 1,357 m altitude. The two altitude classes ([1,818.2–1,910.6] and [1,541–1,633.4]) recorded more occurrences with 52 and 54 individuals, respectively. The other altitudinal classes had relatively high abundances ranging from 12 to 43 individuals. The Algerian Nuthatch has been present throughout the Mount Babor forest from 1,300 m altitude to the summit at 2,004 meters altitude. It should be noted that our census stopped at 1,700 m altitude on the southern slope because of habitat degradation on this exposure below that altitude.

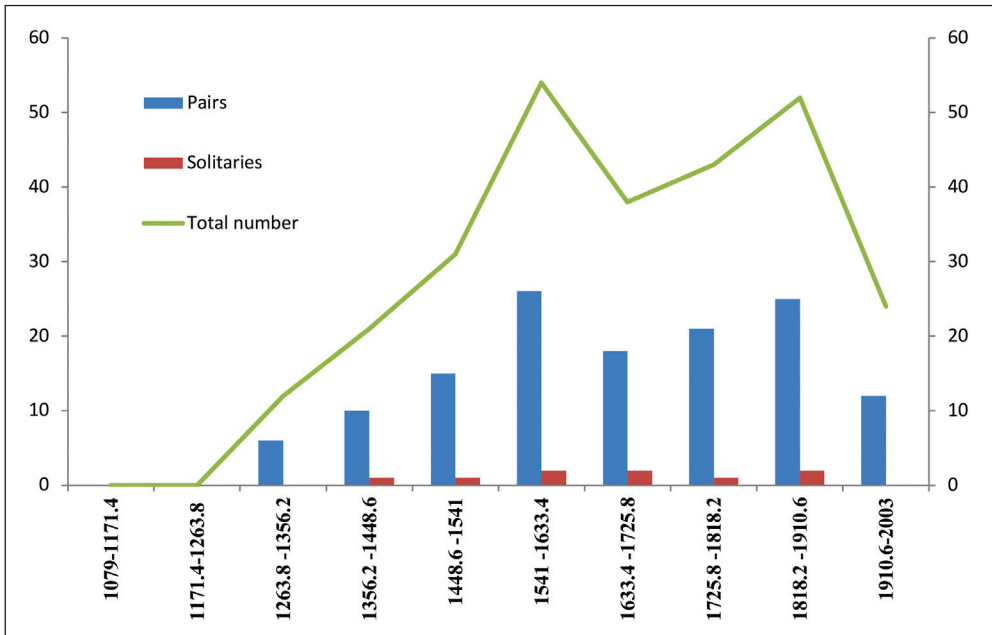


Figure 3. The Algerian Nuthatch distribution according to altitudinal classes in the Mount Babor forest
 3. ábra Az Atlasz csuszka eloszlása a Babor-hegyi erdőben a magassági osztályok szerint

Numbers and population growth of the Algerian Nuthatch

The Algerian Nuthatch population total density within this habitat for the year 2020 was estimated to be 1.05 pairs/10 ha and 2.17 individuals/10 ha. The individuals mean number varies according to the type of habitat, with the highest one recorded in the summit forest (2 individuals/point count) and no nuthatches were observed in the evergreen oak forest. The mixed cedar forest and the fir oak forest also contained many individuals, while the Cedar forest and the deciduous oak forest recorded less than one individual per point count (Table 1).

The Algerian Nuthatch numbers in the Mount Babor forest increased from 164 individuals in 1982 to 275 individuals in 2020. The annual growth rate and the average multiplication rate calculated gave positive values and greater than 1, which are in the order of 1.36% and 1.01, respectively.

Discussion

The species flourishing in the Mount Babor forest may be due to the absence of species-specific predators of adults (Vielliard 1976b, Bougaham *et al.* 2017). The population size of the Algerian Nuthatch in this area has almost doubled in a 38 year period (from 164 individuals in 1982 to 275 individuals in 2020). In the Guerrouch forest, 91 individuals were counted by Bellatrèche and Chalabi (1990), 60 individuals were counted in the Djimla

forest by Bougaham *et al.* (2018), and 187 individuals were estimated in the Tamentout forest by Hamitouche *et al.* (2020). In the other habitats recently discovered, the population size was low (Hamitouche & Bougaham 2021). The Algerian Nuthatch distribution in Mount Babor forest started from 1326 m altitude up to 2004m. In the lower altitudes, the Algerian Nuthatch is still absent below 1200 m (Ledant *et al.* 1985), despite at this altitude the existing evergreen oak forest is dotted with zeen oak forest. This absence may be due to its preference for forests with older trees (Brichetti & Di Capi 1987). The same is true for the Corsican Nuthatch (Tibault *et al.* 2006), which chooses trees with diameters greater than 80 cm due to the greater availability of pine seeds from older trees (Villard *et al.* 2014). In the higher altitudes, we encountered many overlapping nesting territories (the distance between nests was less than 100 m). This observation was made in the mixed cedar forest on the northern slope between the altitudes of 1800 m and 1900 m. This may be due to the abundant food availability offered by a diverse habitat with several plant species (Bougaham *et al.* 2018, Hamitouche *et al.* 2020) and a sedentary lifestyle more marked in the Algerian Nuthatch (Bellatrèche 1994). We used the same habitat typology defined by Ledant (1985) in order to have a more realistic comparison between the population sizes from the two censuses carried out in 1982 and in 2020. The habitat types distinguished by Ledant (1985) are those illustrated in the text and not those in the tables. In the Mount Babor forest, the Algerian Nuthatch has been absent in the evergreen oak forest since 1982. The absence of the species in the Evergreen oak stand in 1982 and 2020 may be due to the fact that this type of stand is the result of regeneration after fires (Ledant 1985). These degraded types of habitat are avoided by the Algerian Nuthatch (Bougaham *et al.* 2018, Hamirouche *et al.* 2020). A Chi-squared test was used to check the density differences between habitat types. Number of nuthatch individuals significantly differed between habitats (Chi-squared test= 251.23, df = 4, $P < 2.2 \times 10^{-16}$). The most frequented habitat in 1982 was the deciduous oak forest, whereas in 2020 it was the mixed cedar forest. The 2020 census showed a higher number than in 1982. Indeed, the annual population growth of the species is 1.36% with a multiplication rate of 1.01. The calculated growth indices indicate a low population demography of the species, as already predicted by Ledant and Jacobs (1977). In addition to nestling predation (Vielliard 1976b, Bougaham *et al.* 2017), the low demography could be due to the low fecundity of the Algerian Nuthatch (Ledant & Jacobs 1977). The number of fledged nestlings is lower than the number of eggs laid per nest (Bougaham *et al.* 2017). The mortality rate is high for this species during the winters because of a single and fluctuating food resource (Vielliard 1978). Its diet consists of coniferous seeds (Vielliard 1978) and the acorns of deciduous trees (Ledant & Jacobs 1977). In the Stenbrohult Forest in southern Sweden, the mortality rate of adult Nuthatches was studied by Nilsson (1982) between 1974 and 1978 via monitoring of adults (at least one-year-old). The study showed that only 47% of ringed adults survived to the next nesting period, when the maximum mortality rate was recorded during winter. For our study area, the average temperature of the three winter months (December, January, February) recorded from 1946 to 2019 is around 10.09 °C (Harris *et al.* 2020). However, the same temperature 37 years before the 1982 census (1946–1982) is 10.01 °C and 37 years after the 1982 census (1983–2019) is around 10.18 °C. This increase in temperature

leads to mild winters which, according to Nilsson (1987), will lead to a high survival rate probably due to lower thermoregulation costs and an increase in food availability. The birds' total density calculated in 2020 was 2.17 individuals (10 ha) and 1.05 pairs (10 ha). These figures indicate a slight increase compared to the density found by Ledant *et al.* (1985), which was in the order of 0.65 pairs (10 ha) and 1.29 individuals (10 ha) in 1982. It seems that the densities obtained varied more in direct proportion to the population size of the species than to the change in the area of the Mount Babor forest. On the other hand, the Tamentout forest hosts the Algerian Nuthatch with a density of 0.19 individuals/10 ha (Hamitouche *et al.* 2020), and in the Djimla forest the species is distributed with a density of 0.6 individuals/10 ha (Bougaham *et al.* 2018). The low densities in these habitats may be due to the non-wooded (degraded) habitats in these forests, which the Algerian Nuthatch does not use as breeding sites (Bellatrèche & Chalabi 1990, Bougaham *et al.* 2018).

Threats and conservation

The Mount Babor forest is still among the more preserved forests in Algeria (Ledant 1985). The insecurity that Algeria had observed since the 90s until the end of the 2010s has reduced and limited all anthropogenic origin nuisances (wood cutting, overgrazing, fires and clearing). The non-adventurousness of humans in the Mount Babor forest has contributed to forest safeguarding (living trees) and especially to the standing dead wood safeguarding used by the Algerian Nuthatch as nesting and foraging sites (Bougaham *et al.* 2017, Bougaham *et al.* 2018, Hamitouche *et al.* 2020, Zemouri *et al.* 2021). In spite of the Mount Babor forest having a protected status in an official way, after the foundation of the National Park Babor-Tababart (J.O.R.A. 2019) until now, there is no visible physical and administrative progression on the field. Uncontrolled grazing still remains a threat to the Mount Babor forest, especially after the return of quietness. We have noticed a high number in cattle individuals, which graze the young trees and prevent the regeneration of this forest. The Algerian Nuthatch population in the Mount Babor forest is considered an isolated population (no exchange of individuals with other nearby populations). Due to its isolated location, it can neither receive other individuals from other nearby populations (immigrants) nor allow its individuals to nest elsewhere (migrants) because of the absence of an ecological corridor. It would be interesting to create an ecological passage (corridor) between this forest and the nearest forest of Tababart over a distance of 4 km, to allow the species' individuals to fly between these isolated habitat patches (Bougaham *et al.* 2021).

Acknowledgements

We would like to thank Jean Paul Ledant, for agreeing to answer some questions about their study published in 1985 (Ledant *et al.* 1985). We also thank him for his valuable instructions regarding the calculating of densities and the individuals mean number per point count. We would like to thank the "Direction Générale de la Recherche Scientifique et du Développement Technologique" (DGRSDT) which supports our Research Laboratory.

References

- Bellatrèche, M. 1994. Ecologie et Biogéographie de l'avifaune forestière nicheuse de la Kabylie des Babors (Algérie) [Ecology and Biogeography of the forest-dwelling avifauna of Kabylie des Babors (Algeria)]. – Doctoral Thesis, Dijon, University of Bourgogne, France (in French)
- Bellatrèche, M. & Chalabi, B. 1990. Données nouvelles sur l'aire de distribution de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* [New data on the range of the Algerian Nuthatch (*Sitta ledanti*)]. – *Alauda* 58: 95–97. (in French)
- Besnard, A. & Salles, J. M. 2000. Suivi scientifique d'espèces animales. Aspects méthodologiques essentiels pour l'élaboration de protocoles de suivis. Note méthodologique à l'usage des gestionnaires de sites Natura 2000 [Essential methodological aspects for the development of follow-up protocols. Scientific follow-up of animal species. Methodological note for use by Natura 2000 site managers]. – Rapport DREAL PACA, pôle Natura, 62, 169. http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/NT_MethodoSuiBio_Faune_final2_cle658bab.pdf
- Blondel, J. 2000. Biogéographie, Approche écologique et évolutive [Biogeography, ecological and evolutionary approach]. – Collection Ecologie N 27. Masson (in French)
- Blondel, J. 1975. L'analyse des peuplements d'oiseaux, éléments d'un diagnostic écologique. La méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (E.F.P.) [Bird populations analysis, an ecological diagnosis element. – Progressive Frequency Sampling method (PFS)]. – *La Terre et la Vie* 29: 533–589. http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/58479/LATERREET_LAVIE_1975_4_533.pdf. (in French)
- Blondel, J. 2007. Coping with habitat heterogeneity: the story of Mediterranean Blue Tits. – *Journal of Ornithology* 148(1): 3–15. DOI: 10.1007/s10336-007-0161-1.
- Bouaza, F. & De Smet, K. 1984. La structure forestière du mont Babor [The Mount Babor forest structure]. – *Silva Gandavensis* 50: 65–84. DOI: 10.21825/sg.v50i0.963 (in French)
- Bougaham, A. F., Benazouz, A. & Bouchareb, A. 2017. Reproduction et soins parentaux chez la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* en forêt de Guerrouche (Jijel, Algérie) [Breeding and parental care in the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti* in the Guerrouche forest (Jijel, Algeria)]. – *Alauda* 85(4): 42–34. (in French)
- Bougaham, A. F., Hamitouche, S. & Bouchareb, A. 2020. Trois nouvelles localisations de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* en Algérie [Three new locations of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti* in Algeria]. – *Alauda* 88(2): 147–148 (in French)
- Bougaham, A. F. & Rebbas, K. 2020. Nouvelle station de *Cephalanthera rubra* (Orchidaceae) au Babor (nord-est de l'Algérie) [New station of *Cephalanthera rubra* (Orchidaceae) in Babor (north-eastern Algeria)]. – *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège* 89: 115–122. (in French)
- Bougaham, A. F., Rebbas, K. & Vela, E. 2020. Découverte d'*Epipactis microphylla* (Orchidaceae) au Djebel Babor (nord-est de l'Algérie), orchidée nouvelle pour l'Afrique du Nord [Discovery of *Epipactis microphylla* (Orchidaceae) in Djebel Babor (north-eastern Algeria), a new orchid for North Africa]. – *Flora Mediterranea* 30: 261–271. DOI: 10.7320/FlMedit30.261 (in French with English Summary)
- Bougaham, A. F., Zemouri, M., Hamitouche, S. & Bouchareb, A. 2021. Découverte dans le Djebel Tababort (nord-est de l'Algérie) d'un nouveau site de reproduction de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* [Discovery in the Djebel Tababort (north-east Algeria) of a new breeding site of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*]. – *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège* 90: 241–248. DOI: 10.25518/0037-9565.10540 (in French with English Summary)
- Boulinier, T., Danchin, E., Monnat, J. Y., Doutrelant, C. & Cadiou, B. 1996. Timing of prospecting and the value of information in a colonial breeding bird. – *Journal of Avian Biology* 27: 252–256. DOI: 10.2307/3677230.
- Brichetti, P. & Di Capi, C. 1987. Conservation of the Corsican Nuthatch *Sitta whiteheadi* Sharpe, and proposals for habitat management. – *Biological Conservation* 39(1): 13–21. DOI: 10.1016/0006-3207(87)90003-6
- Chalabi, B. 1989. Du nouveau à propos de l'aire de distribution de la Sittelle kabyle (*Sitta ledanti*) [News on the distribution area of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*]. – *Aves* 26: 233–234. (in French)
- Duplan, L. 1952. La région de Bougie. Publication Du XIX^{ème} Congrès Géologique International, Monographies Régionales, 1^{re} Série [Bougie region. The XIXth International Geological Congress Publication, Regional Monographs, 1st Series]. – *Algérie* 17: 40.
- Frochot, B. 2010. Les méthodes de recensement d'oiseaux appliquées aux suivis pluriannuels [Bird census methods applied to multi-annual follow-up]. – *Revue Scientifique Bourgogne-Nature* 11: 123–130. https://observatoire.shna-ofab.fr/fichiers/bn11-p123a130_1461578283.pdf. (in French)

- Gatter, W. & Mattes, H. 1979. Zur Populationsgrösse und Ökologie des neuentdeckten Kabylenkleibers *Sitta ledanti* Vielliard 1976 [Population size and biology of the newly-discovered Kabyle Nuthatch *Sitta ledanti* Vielliard 1976]. – Journal für Ornithologie 120(4): 390–405. DOI: 10.1007/BF01642912 (in German)
- Gharzouli, R. 2007. Flore et végétation de la Kabylie des Babors: étude floristique et phytosociologique des groupements forestiers et post-forestiers des djebels Takoucht, Adrar ou-Mellal, Tababort et Babor [Flora and vegetation of Babors Kabylia: floristic and phytosociological study of the forest and post-forest groups of the Takoucht, Adrar ou-Mellal, Tababort and Babor djebels]. – Doctoral thesis, Sétif: university of Sétif Algeria (in French)
- Gharzouli, R. & Djellouli, Y. 2005. Diversité floristique de la Kabylie des Babors (Algérie) [The floristic diversity of the Babors forest lands (Algeria)]. – Science et changements planétaires/Sécheresse 16(3): 217–223. (in French)
- Gibbs, J. P. 2006. Applied Demography. – New York: Network of Conservation Educators and Practitioners, Center for Biodiversity and Conservation, American Museum of Natural History. <http://ncep.amnh.org>.
- Haddad, K. & Afoutni, L. 2019. La Sittelle kabyle *Sitta ledanti*: nouvelle localité, répartition et habitat [Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*: new locality, distribution and habitat]. – Ornithos 26(2): 83–94. (in French)
- Hamitouche, S. & Bougaham, A. F. 2021. Algerian Nuthatch (Vielliard, 1976): Current challenges of an endemic species. – Ornis Hungarica 29(2): 167–176. DOI: 10.2478/orhu-2021-0027.
- Harris, I., Osborn, T. J., Jones, P. & Lister, D. H. 2020. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. – Sci Data 7: 109. DOI: 10.1038/s41597-020-0453-3
- Horn, H. S. 1968. The adaptive significance of colonial nesting in the Brewer's Blackbird (*Euphagus cyanocephalus*). – Ecology 49(4): 682–694. DOI: 10.2307/1935532
- Isenmann, P. & Moali, A. 2000. Oiseaux d'Algérie [Birds of Algeria]. – SEOF Paris (in French)
- IUCN 2012. IUCN Red List Categories and Criteria Version 3.1. 2nd ed. – Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN
- J.O.R.A. (Journal Officiel de la République Algérienne) 2012. Décret exécutif n°12-235 du 10 juin 2012, fixant la liste des espèces animales non domestiques protégées [Executive decree n°12-235 of 10 juin 2012 establishing the list of protected non-domestic animal species]. – Journal officiel de la République algérienne, pp. 5–11. (in French)
- J.O.R.A. (Journal Officiel de la République Algérienne) 2012. Décret exécutif n°12-03 du 18 janvier 2012, complétant la liste des espèces végétales non cultivées et protégées [Executive decree n°12-03 of 18 January 2012, completing the list of non-cultivated and protected plant species]. – Journal Officiel de la République Algérienne, pp. 12–39. (in French)
- J.O.R.A. (Journal Officiel de la République Algérienne) 2019. Décret exécutif n° 19-147 du 08 Mai 2019 portant classement du territoire de Babor-Tababort, wilayas de Sétif, Béjaïa et Jijel, en parc national [Executive decree n° 19-147 of 08 May 2019 classifying the territory of Babor-Tababort, wilayas of Sétif, Béjaïa and Jijel, as a national park]. pp. 12–14. (in French)
- Jacquet, S. 2000. Dynamique des populations picoplanctoniques marines [Dynamics of marine picoplankton populations]. – Doctoral thesis, Paris: university of Paris 6, France, <https://hal.sorbonne-universite.fr/tel-01116025/document> (in French)
- Kricsfalussy, V. 2012. Population Dynamics. – In: Vasey, D. E., Fredericks, S. E., Shen, L., Thompson, S. & Lei, S. (eds.) Berkshire Encyclopedia of Sustainability, Vol. 4. – Natural Resources and Sustainability 1st ed., pp. 313–316.
- Lebreton, J. D. 2019. Un tour d'horizon de la démographie des oiseaux [An overview of bird demography]. – Alauda 87(2): 107–124 (in French)
- Ledant, J. P. 1977. La Sittelle kabyle (*Sitta ledanti* Vielliard), espèce endémique montagnarde récemment découverte [The Algerian Nuthatch (*Sitta ledanti* Vielliard), endemic species recently discovered]. – Aves 14: 83–85 (in French)
- Ledant, J. P. 1981. Conservation et fragilité de la forêt de Babor, habitat de la Sittelle kabyle [Conservation and fragility of the Babor forest, habitat of the Algerian Nuthatch]. – Aves 18(1–2): 1–9 (in French)
- Ledant, J. P. & Jacobs, P. 1977. La Sittelle kabyle (*Sitta ledanti*): Données nouvelles sur sa biologie [The Algerian Nuthatch (*Sitta ledanti*): new data on its biology]. – Aves 14: 233–242 (in French)
- Ledant, J. P., Jacobs, P., Ochando, B. & Renault, J. 1985. Dynamique de la forêt du Mont Babor et préférences écologiques de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* [Mount Babor forest dynamics and ecological preferences of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*]. – Biological Conservation 32(3): 231–254. (in French)

- Mayache, M. E., Khider, B. & Moulai, R. 2021. Données récentes sur la distribution de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* en Algérie [New data on the distribution of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*]. – *Alauda* 89(2): 135–138 (in French)
- Migot, P. & Linard, J. C. 1984. Recensement et distribution des nids dans une colonie plurispécifique de Goélands (*Larus argentatus*, *Larus fuscus*, *Larus marinus*) [Census and distribution of nests in a colony multi-species of gulls (*Larus argentatus*, *Larus fuscus*, *Larus marinus*)]. – *Alauda* 52(4): 248–255. (in French)
- Moulai, R. & Mayache, M. E. 2018. Un nouveau site de reproduction pour la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* [A new breeding site for the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*]. – *Alauda* 86(4): 73–74 (in French)
- Nevoux, M. 2008. Réponse démographique des populations longévives aux changements climatiques: importance de la variabilité spatio-temporelle et de l'hétérogénéité individuelle [Demographic response of longevity populations to climate change: spatio-temporal variability importance and individual heterogeneity]. – Doctoral thesis, La Rochelle: Université of La Rochelle, France <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00245570>. (in French)
- Nichols, J. D. & Williams, B. K. 2006. Monitoring for conservation. – *Trends in Ecology & Evolution* 21(12): 668–673. DOI: 10.1016/j.tree.2006.08.007
- Nilsson, S. G. 1982. Seasonal variation in the survival rate of adult Nuthatches *Sitta europaea* in Sweden. – *Ibis* 124(1): 96–100. DOI: 10.1111/j.1474-919X.1982.tb03748.x
- Nilsson, S. G. 1987. Limitation and regulation of population density in the Nuthatch *Sitta europaea* (Aves) breeding in natural cavities. – *The Journal of Animal Ecology* 56(3): 921–937.
- Schemske, D. W., Husband, B. C., Ruckelshaus, M. H., Goodwillie, C., Parker, I. M. & Bishop, J. G. 1994. Evaluating approaches to the conservation of rare and endangered plants. – *Ecology* 75(3): 585–606. DOI: 10.2307/1941718.
- Thibault, J.-C., Prodon, R., Villard, P. & Seguin, J. F. 2006. Habitat requirements and foraging behavior of the Corsican Nuthatch (*Sitta whiteheadi*). – *Journal of Avian Biology* 37(5): 477–486. DOI: 10.1111/j.0908-8857.2006.03645.x
- Vielliard, J. 1976a La Sittelle kabyle [Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*]. – *Alauda* 44 (3): 351–352. (in French)
- Vielliard, J. 1976b Un nouveau témoin relictuel de la spéciation dans la zone méditerranéenne: *Sitta ledanti* (Aves: Sittidae) [A new relictual witness of speciation in the Mediterranean area: *Sitta ledanti*]. – *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences* 83(2): 1193–1195. (in French)
- Vielliard, J. 1978. Le Djebel Babor et sa Sittelle, *Sitta ledanti* Vielliard 1976. [The Djebel Babor and its Nuthatch, *Sitta ledanti* Vielliard 1976]. – *Alauda* 46(1): 1–42 (in French)
- Villard, P., Besnard, A., Thibault, J. C., Recorbet, B. & Prodon, R. 2014. Selection of mature and old stands by Corsican Nuthatch *Sitta whiteheadi* in harvested forests. – *Ibis* 156(1): 132–140. DOI: 10.1016/j.yqres.2016.01.002
- Weimerskirch, H., Brothers, N. & Jouventin, P. 1997. Population dynamics of Wandering Albatross *Diomedea exulans* and Amsterdam Albatross *D. amsterdamensis* in the Indian Ocean and their relationships with long-line fisheries: conservation implications. – *Biological Conservation* 79(2–3): 257–270. DOI: 10.1016/S0006-3207(96)00084-5
- Wesołowski, T. & Stawarczyk, T. 1991. Survival and population dynamics of Nuthatches *Sitta europaea* breeding in natural cavities in a primeval temperate forest. – *Ornis Scandinavica* 22(2): 143–154.
- Wiens, J. A. 1977. On Competition and Variable Environments: Populations may experience “ecological crunches”, variable climates, nullifying the assumptions of competition theory and limiting the usefulness of short-term studies of population patterns. – *American Scientist* 65(5): 590–597.
- Zemouri, M., Asloune, L., Adrar, A., Bouchareb, A. & Bougaham, A. F. 2021. Nestling diet of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*, an endemic threatened bird in Babors' Kabylia region (north-eastern Algeria). – *Ostrich* 92(2): 1–9. DOI: 10.2989/00306525.2021.1923582



Potential prey and conservation implications of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti* (Vielliard 1976)

Avian Biology Research
2023, Vol. 0(0) 1–10
© The Author(s) 2023
Article reuse guidelines:
sagepub.com/journals-permissions
DOI: 10.1177/117581559231198646
journals.sagepub.com/home/avb


Mourad Zemouri , Mehdi Baba-Ahmed, Khaled Meddouri, Lydia Hani, Meriem Beldjoudi, Sabah Tighlit, Asma Khemis and Abdelazize Franck Bougaham

Abstract

The Algerian Nuthatch (*Sitta ledanti*), which is mentioned on the Red List of threatened species, is one of the first protected birds in Algeria. The species' populations are distributed with low numbers in Babors' Kabylia in northeastern Algeria. The diet composition of the species has been studied on a large scale in five large forests. The diet analysis method is based on the identification of the different prey items found in the fecal sacs of the nestlings. We divided the 89 identified prey into 81 insects, 7 arachnids and 1 gastropod, giving 88 arthropods and 1 mollusc. According to both the Cluster Dendrogram and the Costello graph, the Algerian Nuthatch becomes a specialist species while searching for prey to feed its nestlings. This supply of specific prey for nestlings has been observed in both evergreen (Atlas cedar or Algerian fir) and deciduous (Algerian or African oaks) forests. Only the relative abundances (RA) of each prey consumed, prey number per fecal sac, and prey diversity by forest type showed differences. The low proportion of gastropods found in the fecal sacs of Algerian Nuthatch nestlings may explain the low nutritional value of this prey or may also be due to its low abundance. The species' nestlings consumed a lot of European Earwig (*Forficula auricularia*) and White spotted rose beetle (*Oxythyrea funesta*) which could be due to their high energy intake and abundance in the area near the nests. Repeated fires and other anthropogenic activity constitute direct threats to the species' habitat, and its specialised diet on certain prey weakens the survival of this species with endangered conservation status.

Keywords

Algerian Nuthatch, nestlings, diet, fecal sacs, potential prey, conservation issues, Babors' Kabylia

Introduction

The nuthatches' diet has been widely studied in the context of trophic niche. Most research on the nuthatches' diet has been conducted on adults.^{1–3} However, studies of nestlings' diet have been largely ignored; even it is believed that nestlings' diet is similar to those of adults.⁴ To understand the biology and ecology of birds, studies on nestlings' diet are necessary.⁵ Considering that nestlings are the birds' future generations, their diets may provide as a multifunctional biotic component and could be the main determinant of population viability. The nestlings' diet is interestingly placed in the context of understanding the conservation strategies of a threatened species since knowledge of the prey consumed by the birds could influence the breeding success.

The nuthatches nestlings' diet is rarely studied, with the exception of the Eurasian Nuthatch (*Sitta europaea*) and the Algerian Nuthatch.^{6,4,7,8} Adult diets of most nuthatches have been studied by stomach content analysis, where birds are killed. It contains arthropods, spiders and plant material.^{1–3} Nonetheless, we chose to examine the nestlings' fecal sacs for this study since it is more appropriate from the standpoint that it provides the opportunity to not kill or disturb the birds, especially for endemic and threatened species such as the Algerian Nuthatch.⁹ However, no detailed description of the Mesogean

nuthatches diet' has been provided, with the exception of the Algerian Nuthatch⁸ where the European earwig (*Forficula auricularia*) is the main prey to feed its nestlings, and the species searches for arthropods in the dead wood of all types of trees during the breeding season, preferring the Algerian oak (*Quercus canariensis*) as the main support for food quests.^{10,11}

The Algerian Nuthatch is the 28th and last known species of Nuthatches in the group Sittidae.^{12,13} It was initially discovered in 1975 by Jean-Paul Ledant¹⁴ in the Babor forest located in the Babors' region of northeastern Algeria.¹⁵ This species is a passerine bird of the small nuthatches group¹³ that lives on the southern edge of the Palearctic biogeographic area in North Africa¹⁶ and is a part of the Mesogean clade.¹⁷ Birdlife International¹⁸ has categorised it as Endangered due to its limited distribution area and habitat degradation.¹⁹ Since 1983, the Algerian government has

Laboratoire de Recherche en Écologie et Environnement, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Bejaia, Bejaia, Algeria

Corresponding author:

Mourad Zemouri, Laboratoire de Recherche en Écologie et Environnement, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Bejaia, Bejaia 06000, Algeria.

Email: mourad.zemouri@univ-bejaia.dz



designated it a protected species.²⁰ Only the forests present in Taza National Park²¹ and Babor-Tababort National Park²² are protected across the entirety of the species' distribution range. Since its discovery, the genus *Sitta* has received a global phylobiogeographical revision.²³ The Algerian Nut-hatch has been discussed in more than 36 papers covering different bio-ecological fields.²⁴ The diet of this endangered and endemic species has, however, not been the subject of many investigations. The prey of this species will only be quantified and identified by Zemouri et al.,⁸ although this work was only conducted in one deciduous forest.

Le Fur et al.²⁵ and Bellatrèche and Boubaker¹¹ were limited to direct observation of the species' foraging behaviour, but Zemouri et al.⁸ provided accurate information on the prey given to the nestlings through the analysis of fecal sacs.⁵ Indeed, the study by Zemouri et al.⁸ was carried out on a small scale by focusing only on the analysis of fecal sacs from the species' nestlings in Tamentout deciduous forest. In this study, we investigated into the nestling diet composition which is a biotic component of its ecological niche. The main aim is to continue on one of the perspectives put forth by Zemouri et al.⁸ by expanding the scope of the study to its entire distribution area and also to confirm the diet composition of its nestlings in a different forest type including the evergreen forest of Babor.

Material and methods

Study area

The study area covered five sites of forests (Figure 1) which was separated by inhospitable habitats.²⁶ These forests are the most important habitats of the species.²⁷ The Guerrouch forest which covers an area of 10 859.7 hectares (ha) in the district of Jijel, is the largest forest²⁸ and the Larbaâ forest which has an area of 700 ha, is the smallest one.²⁹ The Djimla forest covers 1000 ha³⁰ and spreads over two districts Jijel and Mila. The Babor forest with an area of 1268 ha³¹ is located in the district of Sétif while the Tamentout forest with an area of 9688 ha is spread over three districts namely Jijel, Sétif and Mila (Bouddy 1955 in³²). Babor's Kabylia is traversed by mountains chain where the peak (2004m.) is located in Mount Babor.³³ The geology of this biogeographical sector is formed by the Cretaceous in the west and the micaschists in the east.³³ Excepted the Babor forest where the tree stratum is dominated by evergreen species represented by the Atlas cedar *Cedrus atlantica*, the Algerian fir *Abies numidica*, and the Aspen *Populus tremula*, the others forests studied are deciduous broad leaved forests dominated by the Algerian oak *Quercus canariensis* and the African oak *Quercus afares*.³¹ The average annual temperature in this region between 1901 and 2019 was 15.72 °C, with the coldest months having an average temperature of 9.05 °C and the hottest months having an average temperature of 23.02 °C.³⁴ Particularly on Babor Mount, the snow periods last an average of five months.³⁵

Samples recovery

The species' nestlings' fecal sacs were directly collected from the nests. This type of sample is recovered after the fledgling

to prevent disturbing the broods.⁸ Towards the end of the feeding phase, when the parents were more concerned with the supply of prey than with the upkeep of the nests, this hole nesting bird's nestlings' fecal sacs become accessible.³⁶ We collected both whole and damaged sacs (disaggregated samples) during the three breeding seasons (2019-2021). Each fecal sac was stored individually in an Eppendorf tube with a label. In this study, 356 fecal sacs were collected from 17 nests that were sampled (Table 2).

Analysis and prey identification

Fecal sacs analysis was accomplished in the laboratory. We observed and counted the prey taxa fragments in a Petri dish using an Olympus Z410 binocular and trinocular stereo zoom with a magnification (0.67-4.5 X 10). To identify and photograph the most complete fragments, we employed a Canon Eos camera adaptable on a trinocular stereozoom. In a Petri dish we pour the fecal sac which will be quickly softened by drops of water. The remaining steps of this procedure involved collecting the various fragments with entomological forceps, laying them in another Petri dish lined in absorbent paper, and organising them according to the considered prey components (such as the elytron, head, pronotum, etc.). After their identification, the items of each prey are counted. This number of items was deduced as follows: a head, an elytron or two, a mandible or two corresponded to an item. If the fragments are too-damaged, such as its legs, wings, or abdomen, it is counted as a single item.

The identification is made on the basis of the most complete and less damaged fragments. For the prey taxa that are most consumed, this identification was peculiarly done down until the genus and species level. Spider identification quest effort stopped at order level. Legs and chelicerae are characteristics that distinguish this prey-order.³⁷ The shell fragments presence allowed for the identification of the gastropods-prey.^{38,39} The insects-prey identification is based on their morphological shape and the recognition of the external characteristics on their elytra, heads, and thoraxes.^{40,9,41,42,43}

Some prey taxa identified during the study already conducted in Tamentout forest, including Cerambycidae sp., Coleoptera sp. et *Camponotus* sp.⁸ change their nomenclatures in order to become in this present work Cerambycidae sp.1, Coleoptera sp.1, *Camponotus* sp.1, respectively. Moreover, we assigned some prey taxa zero occurrence frequencies (RA > 0, FO = 0) because they were only found in the disaggregated samples and absent from the 356 fecal whole sacs examined (Supplementary Material).

Prey size

A Trinocular stereo zoom and graph paper were used to measure complete fragments of each prey, such as the head, pronotum, or elytron, in order to determine each prey's size (Supplementary Material). By multiplying the length previously measured in accordance with the type of the fragment and in accordance with the proportion that is stated in its classification, the size of the prey taxa is determined.³⁷ We were able to estimate the size of 44 preys taxa based on the complete fragments. We also calculated the size class interval

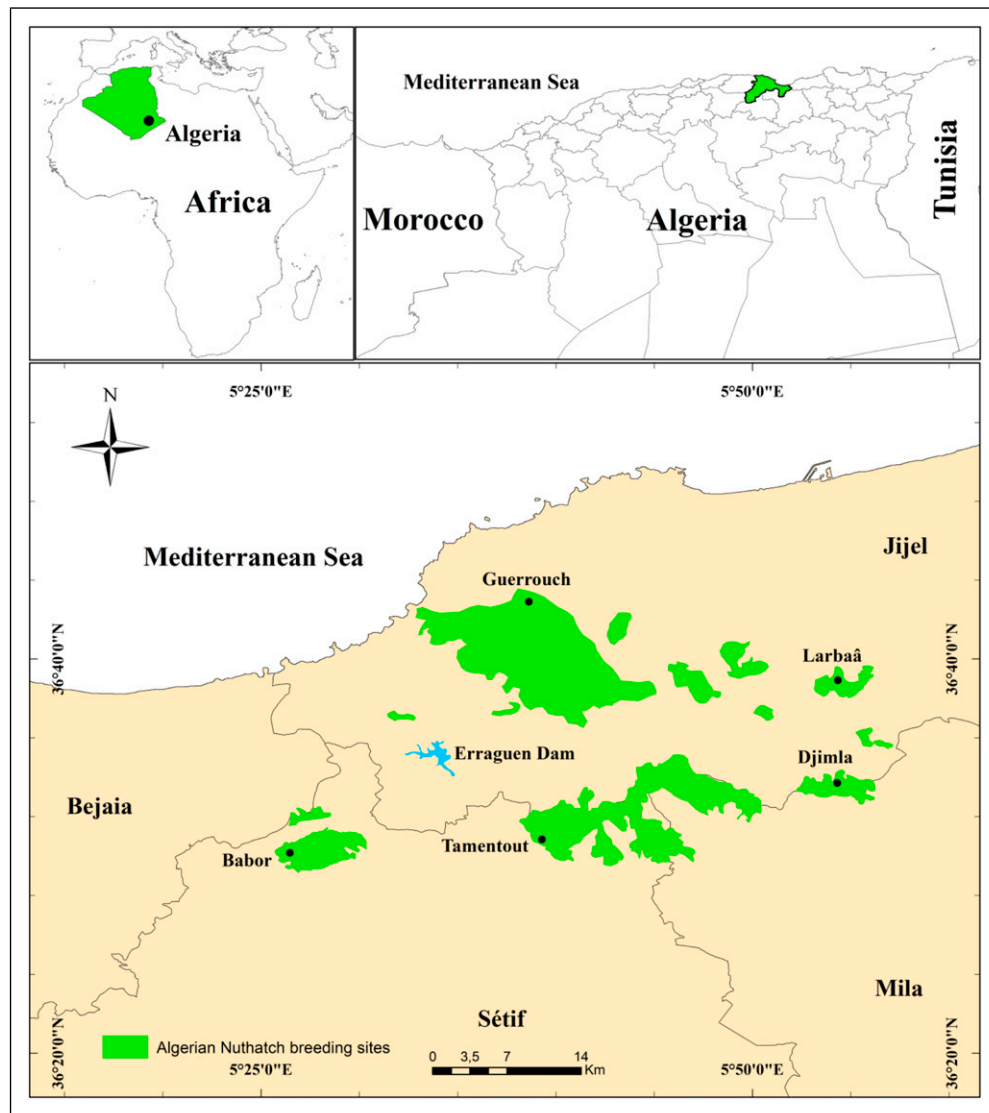


Figure 1. Geographical location map of the five study areas (Babors' Kabylia, Algeria).

(C) of prey taxa consumed in the five forests. We used Sturge's law,⁴⁴ $C = R / 1 + 3.322 \log n$, where n is the number of items and (R) is the range. The latter is determined by deducting the lower measurement value from the upper measurement value for all estimated prey taxa sizes. $R =$ upper size - lower size. The arithmetic mean ($\bar{M}$) of the prey taxa sizes consumed in each forest was calculated with its standard deviation (SD).

Diet diversity

Many ecological indices have been used to describe the Algerian Nuthatch nestlings' diet. The total richness (S) and the specific richness (s), where (S) denotes the total number of identified prey taxa in all fecal sacs analysed and " s " denotes the average number of identified prey taxa in a single fecal sac.⁴⁵ Additionally, we determined the relative abundances (RA) and frequencies of occurrences (FO) of each prey taxa. The relative abundance is the ratio between the number of items belonging to one prey taxa and the total number of items belonging to all prey taxa, and the frequency of occurrence is the ratio between the number of fecal sacs containing the prey taxa and the overall number of fecal sacs

analysed.⁴⁶ A graph was created using these two frequencies as the basis, with the relative abundances on the y-axis and the frequencies of occurrence on the x-axis. This particular graph, known as a Costello graph, is used to display a predator's hunting strategies, preferences, and potentials prey.⁴⁷ The following formula was used to determine each

forest's diet diversity (H'): $H' = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$ ⁴⁸ p_i is the ratio between the number's prey taxa items and the total number of items in the forest and $\ln$ is the natural logarithm. It is important to emphasise that the prey taxa found in the disaggregated parts of our fecal samples were not included on the calculation of average richness (s) and occurrence frequencies (FO).

Statistical tests

We performed a hierarchical ascending classification (Hierarchical Clustering) using the software R Version i386 4.1.2 (2021) based on the similarity of the relative abundances (RA) recorded by the prey taxa identified in the species nestlings' diet. Also, we conducted two types of statistical

testing for independence: a parametric Chi-square test and a non-parametric Kruskal-Wallis test. We opted for the last test when the raw statistical series are not normal and/or its variances are not equal. The Chi-square test was performed twice, the first time to verify whether there is a relationship between the relative abundances of prey taxa consumed by Algerian Nuthatch nestlings in deciduous versus evergreen habitats. A second time to verify whether there is a relationship between the relative abundances of the prey taxa size classes consumed in the five forests. The Kruskal-Wallis test was applied twice: once to verify whether there is a relationship between mean specific richness "s" per fecal sac and a second time, to verify whether there is a relationship in the average sizes of the prey taxa consumed.

Results

The analysis of the 356 fecal sacs revealed the presence of 89 different prey taxa comprising 2823 items (Supplementary Material). The identified prey taxa belonged to arthropods and gastropods. Arthropods are made up of two groups of prey, insects and spiders. Insects are more present in fecal sacs analyzed with 81 prey taxa. Spiders are represented by seven prey taxa and Gastropods are represented only by Gastropoda sp. Among the five forests, *Forficula auricularia* (Dermaptera), *Oxythyrea funesta* (Coleoptera), *Elasmucha* sp. (Hemiptera), *Anthaxia* sp. (Coleoptera), Cerambycidae sp. 2 (Coleoptera) and *Camponotus* sp. 1 (Hymenoptera) were the most consumed prey groups (Figure 2).

Prey size

Prey taxa that the Algerian Nuthatch chicks consumed in the five woods are estimated to have a range of size from 1.5 mm to 30 mm. The average sizes of the consumed prey taxa were between 11.19 mm and 12.05 mm (Table 1). There is a statistically significant difference between the average sizes of prey consumed in the five forests studied (Kruskal-Wallis, chi-squared = 17.867, df = 4, $P < 0.05$). The prey size classes between 15.75mm and 30mm had the less amount of prey consumed by the species' nestlings. The prey sizes between 1.5 mm and 15.75 mm were the most offered to the Algerian Nuthatch nestlings. The prey sizes between 11mm and 15.75 mm, such as *Forficula auricularia* and *Anthaxia* sp. are the ones that these nuthatches most seek to feed their nestlings in the nests. There is no statistically significant difference between the size classes proportion of the prey eaten in the five forests (Chi-square test, chi-squared calculated = 28.266, df = 20, $P > 0.05$).

Diet diversity

The number of fecal sacs collected depended on the number of nests sampled per forest, except Guerrouch forest which recorded the highest average number of fecal sacs per nest (Table 2). The Guerrouch forest obtained the greatest values for the Shannon-Weaver index (H') and total richness (S) (Table 2). Also, Guerrouch Forest had the highest mean number (s) of prey per fecal sac. Between the five forests there is a statistically significant difference between the average number of prey items per analysed fecal sac (Kruskal-Wallis,

chi-squared = 34.065, df = 4, $P < 0.05$). Additionally, there is a statistically significant difference between the relative abundances (RA) of prey consumed in deciduous and evergreen forests (Chi-square test, chi-squared calculated = 917.62, df = 612, $P < 0.05$).

Potential prey

Costello graph. Six potential prey taxa are depicted in the species nestlings' diet graphic: *Forficula auricularia*, *Oxythyrea funesta*, *Elasmucha* sp., *Anthaxia* sp., *Camponotus* sp.1 et Lepidoptera sp.1 (Figure 3). The Dermapter (*Forficula auricularia*) and the beetle (*Oxythyrea funesta*) were observed with higher values of relative abundances (RA = 26.74 %, 14.52 % respectively) and frequencies of occurrences (FO = 92.7 %, 84.83 % respectively). Two other beetles (*Elasmucha* sp. and *Anthaxia* sp.) appeared with high abundances and occurrences (RA = 7.76 %, 6.98 % and FO = 53.37 %, 42.98 % respectively), where they ranked third and fourth respectively. It should be noted too the presence of a Lepidoptera (Lepidoptera sp.1) and an ant (*Camponotus* sp. 1) as favourite prey (RA = 2.66%, 3.29 % and FO = 17.42%, 16.57 % respectively) for Algerian Nuthatch to feed its young.

Hierarchical Clustering Analysis (HCA). The tree diagram displays three distinct groups that share high level of similarities (Figure 4). The first group (blue color), there is only one single prey, which is *Forficula auricularia*. The second group (yellow color) has 84 preys. The third group (gray color) there are four preys. In contrast to all the other preys, the first group reveals *Forficula auricularia* to be the most eaten prey. The third group isolated four other potential prey that were more or less similarly consumed (*Elasmucha* sp., Cerambycidae sp.2, *Anthaxia* sp. et *Oxythyrea funesta*). According to this group, *Oxythyrea funesta* is the most commonly consumed prey throughout all five woods, but *Anthaxia* sp. is more commonly consumed across four forests: Tamentout, Guerrouch, Larbaâ, and Djimla. *Elasmucha* sp. et Cerambycidae sp.2 were consumed in equal portions. However, only the chicks' excrement obtained from the woodlands of Guerrouch, Larbaâ, and Djimla contain the Cerambycidae sp. 2 prey. The *Elasmucha* sp. prey is identified in excrement recovered from the five forests sampled.

Discussion

Additional research on diet trends for Algerian Nuthatch nestlings has been conducted in four other large forests, and they are identical to those previously discovered in Tamentout's sole deciduous forest.⁸ Although having just two species (*Forficula auricularia* and *Anisolabis maritima*), Dermaptera continue to be the order that nestlings eat the most of all other prey groups. Despite having a diet that appears to be rather diversified, nestlings nuthatches observed in the five woodlands mostly consumes European earwigs. Among all the nuthatches, only the Algerian Nuthatch and the White-breasted Nuthatch's diets are primarily composed of *Forficula auricularia*.^{2,8} In addition to the 39 prey taxa that the species' nestlings eat in the Tamentout forest,⁸ we were able to identify 50 different new prey taxa.

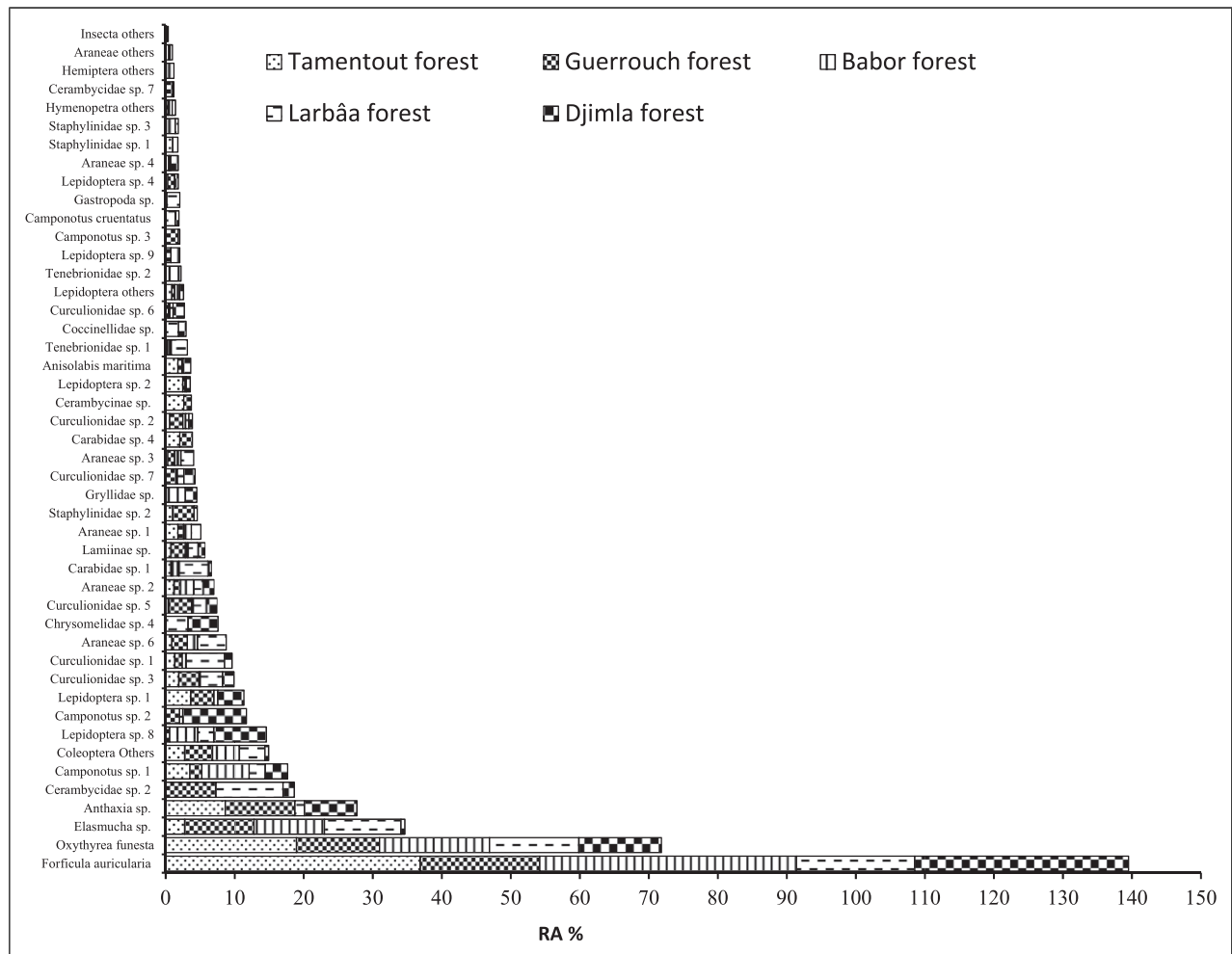


Figure 2. Diet composition of nestling Algerian Nuthatch. Coleoptera others : all Coleoptera prey with RA < 1%, Hymenoptera others : all Hymenoptera prey with RA < 1%, Hemiptera others : all Hemiptera prey with RA < 1%, Lepidoptera others : all Lepidoptera prey with RA < 1%, Insecta others : all insects prey with RA < 1% and didn't belong to the four precedent orders prey, Araneae others : all Araneae prey with RA < 1%.

Table 1. Size class of prey taxa consumed by the Algerian Nuthatch nestlings. *n* : number of items, RA (%) : Relative Abundance.

Size class	Tamentout		Babor		Guerrouch		Larbaâ		Djimla	
	<i>n</i>	RA%	<i>n</i>	RA%	<i>n</i>	RA%	<i>n</i>	RA%	<i>n</i>	RA%
[1.5-6.25]	41	13.80	44	10.1	146	16.26	10	7.09	25	19.84
[6.25-11]	100	33.67	164	37.7	275	30.62	61	43.26	23	18.25
[11-15.75]	145	48.82	223	51.3	469	52.23	70	49.65	78	61.90
[15.75-20.5]	0	0	1	0.23	0	0	0	0	0	0
[20.5-25.25]	11	3.7	2	0.46	7	0.78	0	0	2	1.59
[25.25-30]	0	0	1	0.23	1	0.11	0	0	0	0
Number of prey measured	16		26		26		17		11	
Mean prey length	11.87 ± 4.55		11.8 ± 3.84		11.19 ± 4.05		11.21 ± 3.05		12.05 ± 4.41	

Table 2. Algerian Nuthatch nestlings' diet diversity (Babors' Kabylia, Algeria).

	Tamentout	Babor	Guerrouch	Larbaâ	Djimla
Number of nests	4	4	4	3	2
Number of fecal sacs	74	73	154	32	23
Mean of faecal sacs per nest	18.5	18.25	38.5	10.67	11.5
Number of prey (S)	39	52	61	34	28
Mean of prey per fecal sac (s)	5.35 ± 1.79	4.44 ± 1.70	6.01 ± 1.99	5.59 ± 2.21	5.04 ± 1.72
Shannon-Weaver index	2.38	2.44	3.06	2.92	2.54

This means that at least 89 different prey taxa make up the diet of Algerian Nuthatch nestlings. Set apart from eating arthropods, young birds consume molluscs (gastropods), though in low proportions, particularly in the forests of Babor (RA = 0.19%) and Larbaâ (RA = 1.85%). The same is true for the diet of other nuthatches studied elsewhere in the world, where it is dominated by arthropods.^{2,49,3,50,8} Gastropods are also eaten with low proportion by the Eurasian Nuthatch.⁵¹ This difference between the proportions of Arthropods and Molluscs found in the nestlings' fecal sacs could be linked to the most profitable prey choices in terms of energy intake^{52,53}; where the Algerian Nuthatch consumed much less gastropods because of their low nutritional value per unit of time, especially for large snails. Compared to the work needed to crack the shell, remove the soft part of the body, and deal with the slime, snails provide less energy.⁵⁴ In addition, small snails are not profitable for birds.⁵⁵ Finally this low consumption of Molluscs can also be due to its low abundance.

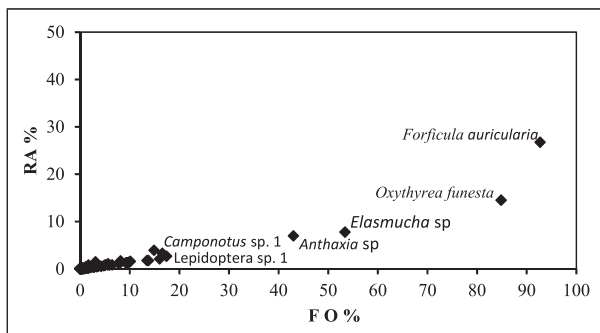


Figure 3. Costello's Graphic representation of the overall Algerian Nuthatch nestlings' diet in the five forests (Babors Kabyliya, Algeria).

Whether in deciduous forests or evergreen forests, the prey that the species' nestlings consume most frequently remains the same. Similar results were observed for the Eurasian Nuthatch despite the shift in the type of forest stands monitored.⁵⁶ Like the results obtained in the Tamentout forest,⁸ *Forficula auricularia* remains the most consumed prey, forming on its own a single group in the Dendrogram Cluster. It could be due to the fact that the nests sampled in the Babor forest were located in mixed forests patches between the Atlas cedar and the Algerian oak, knowing that the Algerian oak serves as the Algerian nuthatch's favoured support during its food quest.^{57,23,10,31,11} The average number of prey per fecal sac(s), where the difference was statistically significant between the five sampled forests. These results indicate that the potential prey types are constant in both deciduous and evergreen forests, but there is a difference in the abundances of the various prey species that are consumed. Those results can be explained by the type forest stand. In general, deciduous stand offer a higher abundance of prey-arthropods for birds than offered in evergreen stand,⁵⁸ Urs N and Kurt M 1997 in.⁵⁶ The forest dotted with understory provides more richness in insects for bird than did a forest with-out understory.⁵⁹ That difference in forest vertical structure can explain the nestlings diet Shannon-Weaver index change value between the studied forests. Because of the effect between trees species and soil fertility, forest stand type influences the development of understory in such a way that conifer litter tend to acidify the soil,^{60,61} and in the opposite the deciduous tree leaf-litter fall decompose more readily and provide more nutrient and enhance soil productivity.⁶²⁻⁶⁴ That stage was more developed in Guerrouch and Larbaâ forests. After *Forficula auricularia* clade, comes the second clade with four preys of which *Oxythyrea funesta* is considered as the second most prevalent prey in the diet. The fact that this last prey is extensively dispersed

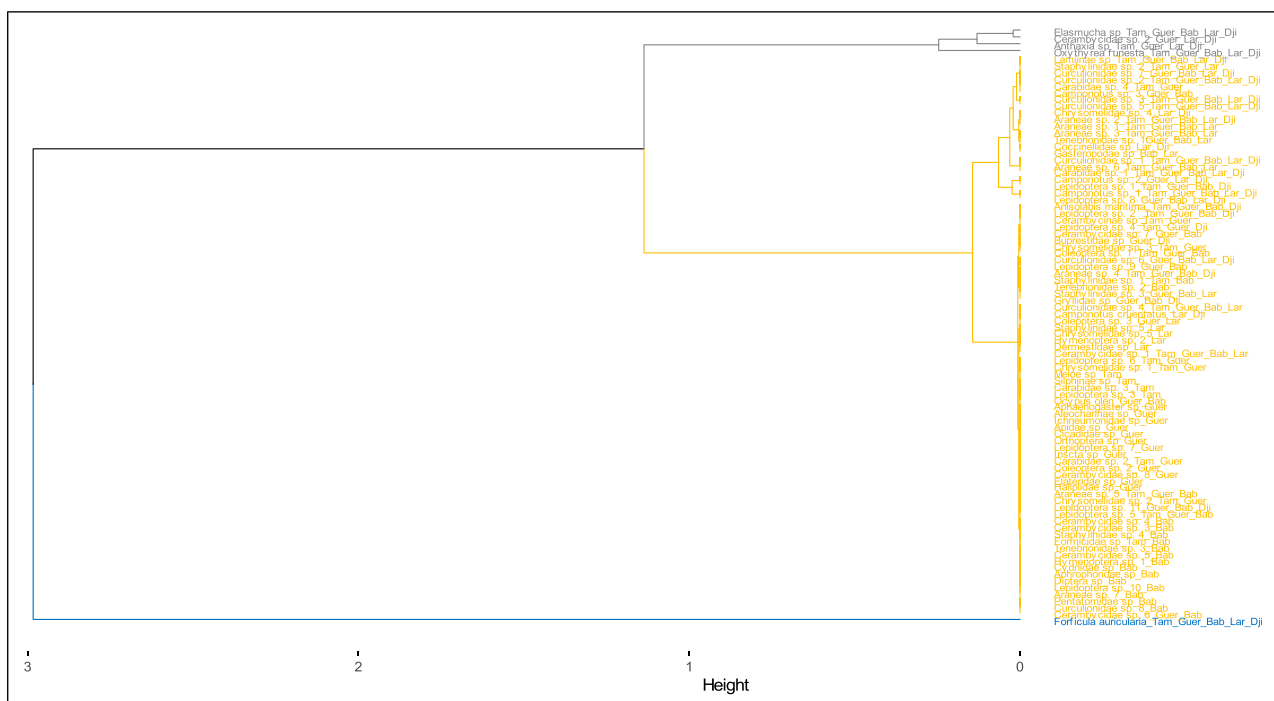


Figure 4. Dendrogram of prey taxa groups consumed according to the preferences of Algerian Nuthatch nestlings. The groups are separated according to their relative abundances' similarity (%).

throughout the various humid ecosystems in northern Algeria may be responsible for its high consumption^{65,66} and can have a two annually cycles of reproductive (March–August)^{67,68} using tree bark, decaying wood from hollow trees, and rotten wood from fallen trees.⁶⁹ The specialization was favored if resources were abundant⁷⁰ during the Algerian Nuthatch's breeding season, which corresponds to this beetle's development cycle.^{71,57,23,36} Furthermore, by lifting tree bark, pricking, and digging during the quest for its food, it increases the likelihood to find this prey.¹¹

In the Costello graph, a Lepidoptera (Lepidoptera sp. 1) appears as a potential prey, but is less abundant in comparison to the other four potential preys. However, the hole nesting birds in general^{72,4,73} and the group of Eurasian Nuthatch (*Sitta europaea*) especially^{6,7} take its resource in food more from Lepidoptera. A low proportion of Lepidoptera caterpillars in the diet of Algerian Nuthatch chicks could be explained by the fact that their diet changes with age⁷⁴ where the chicks' excrement were dropped when they were at least 20 days old (To find out more, go to³⁶); while Löhrl⁷⁵ states that Lepidoptera are given to chicks in the first days of their age because they have more saliva to swallow larger prey. The variations found among the consumed prey size by the species' chicks, strengthens the Algerian Nuthatch's approach of specialization to feed its chicks

Conservation implications

The Algerian nuthatch is always located in the forest patches of Babors' Kabylia, although there are other forests with similar ecological and phytogeographical circumstances elsewhere in northern Algeria. The species' potential prey was reported by Zemouri et al.⁸ and the present study reinforces the strategy of its diet specialization. It's known that specialists are more extinction-prone than generalists.⁷⁶ In the case of Algerian Nuthatch, even if the stand changed the preferred prey remained constant where found mainly in the dead wood. This behaviour makes the species less flexibly to spatial distribution and seasonal changes.⁷⁷ So a degradation of its habitat will do great damage in these numbers.⁷⁸ Its natural habitat is aggressed especially in its unprotected areas.^{30,79} A diet based on a small number of preys would suggest strongly any further the need to safeguard certain favorable conditions in the threatened forests.⁷⁸ Most often, this species' populations have a reduced numbers and these populations are threatened with extinction in the near future.⁸⁰ Possible programs for the preservation and introduction of the species in forest patches hosting small populations or not inhabited by the species will have to take into account the availability of these potential prey. The food habit is the essential component and the conditions indicator of the ecological niche occupied by a species.^{81,82} Investigation for potential prey availability in similar forests will predict potential sites that will ensure the preservation and viability of this endemic species elsewhere outside of its current range. These findings on its diet may be used to improve captive management methods which may significantly increase the likelihood that a species would survive after release.⁸³ Preserving standing dead wood in forests is crucial for the species' survival because it's both supports for its

nesting and is considered more significant for the presence of potential prey.⁸ The potential prey *Oxythyrea funesta* is regarded, by many countries, as a pest beetle.^{84,85} As a result, the Algerian Nuthatch could therefore help maintain trees and forests by controlling the populations of nuisance insects such as *Oxythyrea funesta*. Extending our study to Algerian Nuthatch nestlings' all age ranges would provide further information on their dietary habits. It might bring attention to our species' ecological and economic interest. Indeed, the Eurasian Nuthatch is considered a Lepidoptera important predator bird^{51,6,7,50} some of which are considered as defoliators of Mediterranean forests.⁷ Finally, the examination of nestling's diet sheds light on the foods that birds feed their young, as well as perhaps on adult diet during breeding season.⁴ Nothing prevents us to recommend a diet study for the Algerian Nuthatch adult.

Conclusion

The data on the prey consumed by Algerian Nuthatch' nestlings at the multi-site scale reveal a different diet from the other groups of nuthatches studied, with the exception of the Eurasian Nuthatch. The most abundant and accessible prey in the nesting sites makes up the Algerian Nuthatch nestlings' diet. The European earwig *Forficula auricularia* still the most consumed prey in both deciduous and evergreen forests. Arthropods make up the majority of the species' nestlings' prey, with gastropods making up a significantly smaller portion. The species' food is more varied in deciduous forests with a denser understory. The information collected on the potential prey of the species is decisive in the case of the preservation of the habitats and could be ensure the survival of this endemic and threatened species. The availability of these food resources could also explain the current pattern of the restricted range and raise concerns over the absence of this forest bird in other similar biogeographical regions of Algeria. The Algerian Nuthatch could be used in the regulation of pest beetle populations such as *Oxythyrea funesta* and Lepidoptera caterpillars which are considered defoliators in Mediterranean forests. A specialized diet would make this species more fragile in its already degraded habitats.

Acknowledgements

We thank the Direction Générale de la Recherche Scientifique et du Développement Technologique (DGRSDT) which supports our research laboratory. We also acknowledge Henri Cagniant (Paul Sabatier University-Toulouse III) for his contribution during the ants' identification.

Declaration of conflicting interests

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

Funding

The author(s) received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

ORCID iD

Mourad Zemouri  <https://orcid.org/0000-0002-1371-9634>

Supplemental material

Supplemental material for this article is available online.

References

1. Beal FEL. Birds of California in relation to the fruit industry. U.S. Department of Agriculture. Biological Survey. *Bulletin* 1907; 30:1-100.
2. Anderson SH. Comparative food habits of Oregon nuthatches. *Northwest Sci* 1976b; 50:213-221.
3. Mohammadi A, Kaboli M, Ashrafi S, et al. Trophic niche partitioning between two Rock Nuthatches (*Sitta tephronota* & *Sitta neumayer*) in a contact zone in Iran. *J Zool* 2016; 299(2): 116-124.
4. Pravosudov VV, Pravosudova EV and Zimireva EY. The diet of nestling Eurasian Nuthatches. *J Field Ornithol* 1996; 67: 114-118.
5. Rosenberg KV and Cooper RJ. Approaches to avian diet analysis. *Stud Avian Biol* 1990; 13: 80-90.
6. Krištín A. Food variability of Nuthatch nestlings (*Sitta europaea*) in mixed beech forests: where are limits of its polyphagy? *Biologia-Bratislava* 1994; 49: 773-779.
7. Ceia RS, Machado RA and Ramos JA. Nestling food of three hole-nesting passerine species and experimental increase in their densities in Mediterranean oak woodlands. *Eur J For Res* 2016; 135: 839-847.
8. Zemouri M, Asloune L, Adrar A, et al. Nestling diet of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*, an endemic threatened bird in Babors' Kabylia region (north-eastern Algeria). *Ostrich* 2021; 92(3): 175-183.
9. Ralph CP, Nagata SE and Ralph CJ. Analysis of droppings to describe diets of small birds. *J Field Ornithol* 1985; 56(2): 165-174.
10. Ledant JP. Conservation et fragilité de la forêt de Babor, habitat de la Sittelle kabyle. *Aves* 1981; 18 (1-2): 1-9.
11. Bellatrèche M and Boubaker Z. Premières données sur le comportement alimentaire de la Sittelle Kabyle en période de reproduction. *Annales Agronomiques* 1995 ; 16(1-2): 35-48.
12. Gill F, Donsker D and Rasmussen P. *IOC World Bird List* (v 11.1). Doi [10.14344/IOC.ML.11.1](https://doi.org/10.14344/IOC.ML.11.1), <http://www.worldbirdnames.org/> (2020, accessed on 05 March 2023).
13. Päckert M, Bader-Blukott M, Künzelmann B, et al. A revised phylogeny of nuthatches (Aves, Passeriformes, *Sitta*) reveals insight in intra- and interspecific diversification patterns in the Palearctic. *Vertebr Zool* 2020; 70(2) :241-262.
14. Vielliard J. La Sittelle kabyle. *Alauda* 1976a; 44 (3): 351-352.
15. Ledant JP. La Sittelle kabyle (*Sitta ledanti* Vielliard), espèce endémique montagnarde récemment découverte. *Aves* 1977; 14: 83-85.
16. Géroutet P. À propos de la Sittelle kabyle. *Nos Oiseaux* 1976; 33: 340-342.
17. Pasquet E, Barker FK, Martens J, et al. Evolution within the nuthatches (Sittidae: Aves, Passeriformes): molecular phylogeny, biogeography, and ecological perspectives. *J Ornithol* 2014; 155: 755-765.
18. Bird Life International. *Sitta ledanti*. The IUCN Red List of Threatened Species. 2021; 1-12.
19. Stattersfield AJ, Crosby MJ, Long AJ et al. Identifying Endemic Bird Areas. Endemic Bird Areas of the World, priorities for bird conservation. *Bird Life Conservation Series N°7* 1998; 19-26.
20. JORA. Décret n° 83-509 du 20 août 1983 relatif aux espèces animales non domestiques protégées. *Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire* 1983; 1439-1440.
21. Décret JORA. n° 84-328 du 3 novembre 1984 portant création du Parc National de Taza (Wilaya de Jijel) 1984; 1277-1278.
22. JORA. Décret exécutif n° 19-147 du 29 avril 2019 portant classement du territoire de Babor-Tababort, wilayas de Sétif, Béjaïa et Jijel, en parc national. *Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire* 2019; 12-14.
23. Vielliard J. Le Djebel Babor et sa Sittelle, *Sitta ledanti* Vielliard 1976. *Alauda* 1978; 46(1): 1-42.
24. Falagas ME, Pitsouni EI, Malietzis GA, et al. Comparison of PubMed, Scopus, web of science, and Google scholar: strengths and weaknesses. *FASEB J* 2008; 22(2): 338-342.
25. Le Fur R. Notes sur l'avifaune algérienne. *Alauda* 1981; 49(4) : 295-299.
26. Harrap S. Little known West Palearctic birds: Algerian Nuthatch. *Birnding World* 2002; 5(4): 154-156.
27. Hamitouche S and Bougaham AF. Algerian Nuthatch (Vielliard, 1976): Current challenges of an endemic species. *Ornis Hung* 2021; 29(2) : 167-176.
28. Bellatrèche M and Chalabi B. Données nouvelles sur l'aire de distribution de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti*. *Alauda* 1990; 58(2), 95-97.
29. Hamitouche S, Berkati D, Choulak A, et al. Distribution of the endemic and endangered Algerian Nuthatch (*Sitta ledanti*): case of the Larbaâ forest. *Agrobiologia* 2021 ; 11(2): 2791-2800.
30. Bougaham AF, Announ L, Aissat L, et al. Distribution et grandeur de la population de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* dans la forêt de Djimla (nord-est algérien). *Alauda* 2018 ; 87(4): 299-304.
31. Ledant JP, Jacobs P, Ochando B, et al. Dynamique de la forêt du Mont Babor et préférences écologiques de la Sittelle Kabyle *Sitta ledanti*. *Biol Conser* 1985; 32: 231-254.
32. Bellatrèche M. Découverte d'un troisième biotope de la Sittelle Kabyle (*Sitta ledanti* Vielliard) en Algérie. *Annales de l'Institut National Agronomique d'El Harrach* 1990; 14: 13-20.
33. Lapie G. Aperçu phytogéographique sur la Kabylie des Babors. *Revue Générale Botanique* 1914; 1: 417-424.
34. Harris I, Osborn TJ and Jones P. Lister DH Version 4 of the CRUTS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. -Sci Data7, <https://rdcu.be/b3nUI> (2020, accessed on 02 April 2022).
35. Seltzer P. *Le climat de l'Algérie*. La météorologie. Université d'Alger : Institut de Météorologie et de Physique de Globe, 1946, p.219.
36. Bougaham AF, Benazouz A and Bouchareb A. Reproduction et soins parentaux chez la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* en forêt de Guerrouch (Jijel, Algérie). *Alauda* 2017; 4: 269-274.
37. Calver MC and Wooller RD. A Technique for assessing the taxa, length, dry weight and energy content of the arthropod prey of birds. *Wildl Res* 1982; 9: 293-301.
38. Bourguignat JR. *Malacologie de l'Algérie, histoire naturelle des animaux mollusques terrestres et fluviatiles recueillis*

- jusqu'à ce jour dans nos possessions du nord de l'Afrique. 2nd ed. Paris: ChallamelAiné, 1864, p.380.
39. Brown DS. *Freshwater snails of Africa and their medical importance*. 2nd ed. United Kingdom: Francis Taylor, 1994, p.673.
 40. Tatner P. The diet of urban Magpies *Pica pica*. *Ibis* 1983; 125: 90-107.
 41. Charrier S. Clé de détermination des Coléoptères Lucanides et Scarabéides de Vendée et de l'Ouest de la France. *Naturaliste Vendéen* 2002; 2: 61-93.
 42. Chinery M. *Insectes de France et d'Europe Occidentale*. Paris: Flammarion, 2005, p.320.
 43. Albouy V and Richard D. *Coléoptères d'Europe*. Paris: De-achaux et Niestl, 2017, p.399.
 44. Sturges HA. The choice of a class interval. *J Am Stat Assoc* 1926; 21: 65-66.
 45. Ramade F. *Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité*. Paris: Dunod, 2008, p.726.
 46. DAJOZ R. *Précis d'écologie : cours et questions de réflexion*. 8th ed. Paris: Dunod, 2006, p: 631.
 47. Costello MJ. Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. *J Fish Biol* 1990; 36: 261-263.
 48. Shannon CE and Weaver W. *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana: University of Illinois Press, 1949, p.125.
 49. Nesbitt SA and Hetrick WM. Foods of the pine warbler and brown-headed nuthatch. *Fla Field Nat* 1976; 4(2) : 28-33.
 50. Wesołowski T, Rowiński P and Neubauer G. Food of Nuthatch *Sitta europaea* young in a primeval forest: effects of varying food supply and age of nestlings. *Acta Ornithol* 2019. 54(1): 85-104.
 51. Krištin A. Die Nestlingsnahrung des Kleibers (*Sitta europaea* L.) in Buchenwäldern. *Acta ornithoecologica* 1992; 2: 341-349.
 52. Houston AI, Krebs JR and Erichsen JT. Optimal prey choice and discrimination time in the great tit (*Parus major* L.). *BehavEcolSociobiol* 1980; 6(3): 169-175.
 53. Lucas JR. The influence of time constraints on diet choice of the great tit, *Parus major*. *Anim Behav* 1987; 35(5): 1538-1548.
 54. Allen JA. Avian and mammalian predators of terrestrial gastropods. In: Barker GM (eds) *Natural enemies of terrestrial mollusks*. New Zealand: Landcare Research, Hamilton CABI Publishing, 2004, pp. 1-36.
 55. Rosin ZM, Olborska P, Surmacki A, et al. Differences in predatory pressure on terrestrial snails by birds and mammals. *J Biosci* 2011; 36(4) : 691-699.
 56. Renner SC, Baur S, Possler A, et al. Food preferences of winter bird communities in different forest types. *PLoS One* 2012; 7(12): 1-10.
 57. Ledant JP and Jacobs P. La Sittelle kabyle (*Sitta ledanti*): Données nouvelles sur sa biologie. *Aves* 1977 ; 14(4): 233-242.
 58. Hagar JC. *Functional relationships among songbirds, arthropods, and understory vegetation in Douglas-fir forests, western Oregon*. PhD thesis, Oregon State University, United States of America, 2004.
 59. Hirao T, Murakami M and Kashizaki A. Importance of the understory stratum to entomofaunal diversity in a temperate deciduous forest. *Ecol Res* 2009; 24: 263-272.
 60. Augusto L, Ranger J, Binkley D, et al. Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Ann For Sci* 2002; 59(3): 233-253.
 61. Prescott CE, Zabek LM, Staley CL, et al. Decomposition of broadleaf and needle litter in forests of British Columbia: influences of litter type, forest type, and litter mixtures. *Can J For Res* 2000; 30(11): 1742-1750.
 62. Lousier JD and Parkinson D. Litter decomposition in a cool temperate deciduous forest. *Can J Botany* 1976; 54(5-6): 419-436.
 63. Perry DA, Choquette C and Schroeder P. Nitrogen dynamics in conifer-dominated forests with and without hardwoods. *Can J For Res* 1987; 17(11): 1434-1441.
 64. Lègaré S, Paré D and Bergeron Y. Influence of aspen on forest floor properties in black spruce-dominated stands. *Plant Soil* 2005; 275(1-2): 207-220.
 65. Sabatinelli G. Le *Oxythyrea* Muls. del Mediterraneo: studi-morfologicisistematici (Coleoptera, Scarabaeoidea). *FragmEntomol* 1981; 16 : 45-60.
 66. Mikšić R. *Monographie der Cetoniinae der Paläarktischen und Orientalischen Region*. 3rd ed. Sarajevo: Forst institute, 1982, p.530.
 67. Micó E and Galante E. Biology and new larval descriptions for three cetoniine beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae: Cetoniini: Cetoniina, Leucocelina). *Ann Entomol Soc Am* 2003; 96: 95-106.
 68. Tomás-Biosca ML and Galante E. Contribución al conocimiento de los Rutelidae y Cetoniidae (Col. Scarabaeoidea) de las Sierras de Béjary La Alberca (Prov. De Salamanca). *Boletín de la Asociación Española de Entomología* 1978; 2: 129-141.
 69. Vondráček D, Hadjiconstantis M and Šípek P. Immature stages of the genus *Oxythyrea* (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) with a key to third instar larvae, and notes on the biology of the genus. *Zootaxa* 2018; 4486(4): 401-434.
 70. Recher HF. Specialist or generalist: avian response to spatial and temporal changes in resources. *Stud Avian Biol* 1990; 13: 333-336.
 71. Viellard J. Un nouveau témoin relictuel de la spéciation dans la zone méditerranéenne : *Sitta ledanti* (Aves, Sittidae). *C R Acad Sci Paris* 1976b; 83(2):1193-1195.
 72. Lack D. The breeding seasons of European birds. *Ibis* 1950; 92(2) : 288-316.
 73. Cholewa M and Wesołowski T. Nestling food of European hole-nesting passerines: do we know enough to test the adaptive hypotheses on breeding seasons? *Acta Ornithol* 2011; 46(2) : 105-116.
 74. Wesołowski T and Neubauer G. Diet of Marsh Tit *Poecile palustris* nestlings in a primeval forest in relation to food supply and age of young. *Acta Ornithol* 2017; 52(1): 105-118.
 75. Löhr H. Das verhalten des kleibers (*Sitta europaea* caesia Wolf). *Zeitschrift für Tierpsychologie* 1958; 15(2): 191-252.
 76. Sherry TW. When are birds dietarily specialized? Distinguishing ecological from evolutionary approaches. *Stud Avian Biol* 1990; 13 : 337-352.
 77. Unno A. Tree species preferences of insectivorous birds in a Japanese deciduous forest: the effect of different foraging techniques and seasonal change of food resources. *Ornithol Sci* 2002; 1(2): 133-142.
 78. Murgatroyd M, Avery G, Underhill LG, et al. Adaptability of a specialist predator: the effects of land use on diet diversification

- and breeding performance of Verreaux's eagles. *J Avian Biol* 2016; 47(6): 834-845.
79. Hamitouche S, Bouchareb A and Bougaham AF. Status and distribution of the Algerian Nuthatch's population (*Sitta ledanti* Vielliard, 1976) in the Tamentout forest (north-eastern Algeria). *Avian Biol Res* 2020; 13(4): 81-86.
 80. Bougaham AF, Hamitouche S and Bouchareb A. Trois nouvelles localisations de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* en Algérie. *Alauda* 2020; 88(2): 147-148.
 81. Berg J. Discussion of methods of investigating the food of fishes, with reference to a preliminary study of the prey of *Gobiusculus flavescens* (Gobiidae). *Mar boil* 1979; 50: 263-273.
 82. Mills MGL. A comparison of methods used to study food habits of large African carnivores. *Wildlife 2001: populations* 1992; 1112-1124.
 83. Jordan MJR. Dietary analysis for mammals and birds: a review of field techniques and animal-management applications. *Int Zoo Yearb* 2005; 39(1): 108-116.
 84. Vuts J, Imrei Z and Tóth M. Development of an Attractant-Baited Trap for *Oxythyrea funesta* Poda (Coleoptera: Scarabaeidae, Cetoniinae). *Zeitschrift für Naturforschung* 2008; 63(9-10):761-768.
 85. Horák J. Threatened or harmful? Opportunism across spatial scales apparently leads to success during extralimital colonization. *Insect Conserv Divers* 2016; 9(4): 351-357.

Table S1. Relative Abundance (RA%) and Frequency of Occurrence (FO%) of prey taxa consumed in the five sampled forests.

*:Prey taxa that were not considered in the analysis (RA > 0, FO = 0). •:Prey taxa whose size has been estimated

	Tamentout		Guerrouch		Babor		Larbaâ		Djimla	
Prey taxa	RA%	FO%	RA%	FO%	RA%	FO%	RA%	FO%	RA%	FO%
<i>Anthaxia</i> sp•	8.60	67.57	10.11	59.74	0.00	0.00	1.39	6.25	7.61	39.13
Buprestidae sp.	0.00	0.00	0.50	1.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	4.35
<i>Oxythyrea funesta</i> •	18.95	94.59	12.03	85.06	15.93	76.71	12.96	78.13	11.96	86.96
Dermestidae sp. ••	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00
Carabidae sp. 1•	0.73	6.76	0.25	1.30	0.93	6.85	4.17	25.00	0.54	0.00
Carabidae sp. 2•	0.15	1.35	0.17	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carabidae sp. 3	0.15	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carabidae sp. 4	2.04	17.57	1.84	12.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cerambycidae sp. 1	0.15	1.35	0.17	0.65	0.19	1.37	0.46	3.13	0.00	0.00
Cerambycidae sp. 2•	0.00	0.00	7.27	24.03	0.00	0.00	9.72	46.88	1.63	4.35
Cerambycidae sp. 3••	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cerambycidae sp. 4•	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Cerambycidae sp. 5••	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cerambycidae sp. 6•	0.00	0.00	0.08	0.65	0.74	4.11	0.00	0.00	0.00	0.00
Cerambycidae sp. 7	0.00	0.00	1.00	5.19	0.19	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Cerambycidae sp. 8•	0.00	0.00	0.25	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cerambycinae sp	2.62	12.16	1.09	7.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lamiinae sp•	0.73	8.11	2.09	14.29	0.37	2.74	1.39	6.25	1.09	8.70
Chrysomelidae sp. 1	0.15	1.35	0.08	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chrysomelidae sp. 2••	0.44	2.70	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chrysomelidae sp. 3	0.44	4.05	0.58	4.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chrysomelidae sp. 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.24	18.75	4.35	26.09
Chrysomelidae sp. 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	3.13	0.00	0.00
Coccinellidae sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.85	12.50	1.09	8.70
Curculionidae sp. 1	1.31	12.16	1.09	6.49	0.56	2.74	5.56	37.50	1.09	8.70
Curculionidae sp. 2	0.58	4.05	1.92	13.64	0.37	2.74	0.46	3.13	0.54	4.35
Curculionidae sp. 3	1.90	17.57	2.92	20.78	0.19	1.37	3.24	21.88	1.63	17.39
Curculionidae sp. 4•	0.58	5.41	0.42	2.60	0.37	2.74	0.93	6.25	0.00	0.00
Curculionidae sp. 5•	0.44	2.70	3.26	24.68	0.19	4.11	1.85	12.50	1.63	8.70
Curculionidae sp. 6	0.00	0.00	0.42	1.95	0.19	4.11	0.46	3.13	1.63	4.35
Curculionidae sp. 7	0.00	0.00	1.50	9.74	0.19	2.74	0.93	6.25	1.63	17.39
Curculionidae sp. 8•	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	4.11	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Meloe</i> sp•	0.44	4.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Silphinae sp.	0.15	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Staphylinidae sp. 1	1.02	8.11	0.00	0.00	0.74	5.48	0.00	0.00	0.00	0.00
Staphylinidae sp. 2•	1.02	6.76	3.09	19.48	0.00	0.00	0.46	3.13	0.00	0.00
Staphylinidae sp. 3••	0.00	0.00	0.08	0.00	1.30	6.85	0.46	3.13	0.00	0.00
Staphylinidae sp. 4•	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Staphylinidae sp. 5••	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00
<i>Ocyus olens</i> ••	0.00	0.00	0.08	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tenebrionidae sp. 1•	0.00	0.00	0.25	0.65	0.56	2.74	2.31	9.38	0.00	0.00
Tenebrionidae sp. 2•	0.00	0.00	0.00	0.00	2.22	5.48	0.00	0.00	0.00	0.00
Tenebrionidae sp. 3•	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Aleocharinae sp••	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Haliplidae sp•	0.00	0.00	0.33	2.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Elateridae sp•	0.00	0.00	0.33	2.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Coleoptera sp. 1	0.15	1.35	0.50	3.25	0.19	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Coleoptera sp. 2	0.00	0.00	0.17	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Coleoptera sp. 3	0.00	0.00	0.08	0.65	0.00	0.00	0.93	6.25	0.00	0.00
<i>Camponotus cruentatus</i> •	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.39	9.38	0.54	4.35
<i>Camponotus</i> sp. 1•	3.50	24.32	1.75	7.79	6.85	30.14	2.31	9.38	3.26	17.39
<i>Camponotus</i> sp. 2•	0.00	0.00	2.01	4.55	0.00	0.00	0.46	3.13	9.24	13.04
<i>Camponotus</i> sp. 3•	0.00	0.00	1.84	3.25	0.19	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Aphaenogaster</i> sp•	0.00	0.00	0.08	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Formicidae sp•	0.15	1.35	0.00	0.00	0.37	2.74	0.00	0.00	0.00	0.00
Ichneumonidae sp•	0.00	0.00	0.08	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Apidae sp	0.00	0.00	0.08	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hymenoptera sp. 1•	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Hymenoptera sp. 2•	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	3.13	0.00	0.00
<i>Forficula auricularia</i> •	36.88	98.65	17.29	89.61	37.22	95.89	17.13	84.38	30.98	95.65
<i>Anisolabis maritima</i> •	1.75	13.51	0.58	3.25	0.19	1.37	0.00	0.00	1.09	8.70
Cydnidae sp•	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Pentatomidae sp•	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00

[illegible]

Découverte dans le Djebel Tababort (nord-est de l'Algérie) d'un nouveau site de reproduction de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti*

A new breeding site of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti* discovered in Djebel Tababort (north-eastern Algeria)

Abdelazize Franck BOUGAHAM^{1*}, Mourad ZEMOURI¹, Souad HAMITOUCHE¹,
Abdelouhab BOUCHARB²

Manuscrit reçu le 8 décembre 2020 et accepté le 1^{er} juin 2021

¹Laboratoire de recherche en Écologie et Environnement, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Bejaia, 06000 Bejaia, Algérie.

²Parc national de Taza, Jijel, Algérie.

Résumé

La Sittelle kabyle *Sitta ledanti* est une espèce d'oiseau endémique d'Algérie classée par l'IUCN comme espèce en danger. Ses populations ne cessent de décroître. Elle est connue de quelques forêts sempervirentes et caducifoliées de la Kabylie des Babors (nord-est de l'Algérie). Elle a été découverte le 13 avril 2020 au Djebel Tababort, dans une forêt mélangée de cèdres et de Chênes zéens. Ce site est à ce jour la seule signalisation connue dans la Wilaya de Bejaia. Cette découverte renforce l'intérêt biologique de la Kabylie des Babors en général et du tout nouveau Parc national de Babor-Tababort en particulier.

Mots clés : *Sitta ledanti*, espèce endémique, nouveau site, Djebel Tababort, Bejaia.

Abstract

The Algerian Nuthatch *Sitta ledanti* is a bird species endemic of Algeria classified by the IUCN as Endangered. Its populations are decreasing. It is distributed in both evergreen and deciduous forests of Babors Kabylia (north-eastern Algeria). It was discovered on April 13, 2020, in a mixed forest of cedars and Algerian Oaks of Djebel Tababort. Till now, this site is the only known mention in the Wilaya of Bejaia. This discovery reinforces the biological interest of Babors Kabylia in general and the new Babor-Tababort National Park in particular.

Keywords: *Sitta ledanti*, endemic species, new site, Djebel Tababort, Bejaia.

1. Introduction

La Sittelle kabyle, espèce "En danger" au niveau mondial (Burfield, 2017) figurant sur la liste des espèces protégées par la législation algérienne (JORA, 2012) suscite un nombre croissant de travaux scientifiques (Bougaham *et al.*, 2017 ; Moulai *et al.*, 2017 ; Bougaham *et al.*, 2018 ; Hamitouche *et al.*, 2020). De nouveaux sites de reproduction sont encore trouvés ; elle a été

* Mail: abdellazizbougaham@yahoo.fr

découverte dans la forêt de Larbaâ (Moulai & Mayache, 2018), dans la forêt d'El Djarda (Haddad & Afoutni, 2019) et dans les forêts de Tloundène, de Tazegzeout et de Sendouh (Bougaham *et al.*, 2020). D'autres forêts potentiellement favorables à sa nidification existent surtout dans les hautes montagnes de la Kabylie des Babors.

La distribution et l'abondance de l'espèce pourrait être limitée par la disponibilité de forêts anciennes que par des exigences spécifiques liés à sa niche écologique (Harrap, 2002). Les habitats que cette espèce occupe sont souvent des peuplements mélangés de plusieurs essences comme la chênaie formée par le Chêne zéen (*Quercus canariensis*) mélangé au Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*), et la chênaie-sapinière caractérisée par la présence du Sapin de Numidie (*Abies numidica*) (Ledant *et al.*, 1985). Sa présence est aussi notée dans des habitats dépourvus de résineux comme les forêts de Chênes zéen, de Chêne afarès (*Quercus afares*) ou de Chênes-liège (*Quercus suber*) (Chalabi, 1989 ; Bellatrèche, 1990 ; Bougaham *et al.*, 2018 ; Hamitouche *et al.*, 2020).

Le présent article analyse la découverte de la Sittelle kabyle au Djebel Tababort, situé comme les sites déjà connus dans la région biogéographique de la Kabylie des Babors.

2. Massif de la découverte

La chaîne des Babors se compose de nombreux djébels, disposés en chaînons, sensiblement parallèles, orientés nord-est et sud-ouest (Duplan, 1952). Le Djebel Tababort est une montagne de la chaîne des Babors culminant à 1.969 mètres d'altitude en Petite Kabylie, à l'extrémité sud-est de la Wilaya de Bejaia. Il est situé à 4 km au nord du Djebel Babor (figure 1).

Le Djebel Tababort s'étend sur environ 3 km de long et situé à cheval entre la Wilaya de Bejaia et la Wilaya de Sétif. La structure géologique de cette montagne est formée par une lame de calcaire liasique sub-verticale (Duplan, 1952).

Le mois le plus froid est janvier, avec une moyenne minimale de 1°C. La température moyenne annuelle enregistrée est de 7,1°C. Les précipitations moyennes annuelles atteignent les 1554,8 mm au sommet de ce massif forestier (Bougaham, 2014). La durée de l'enneigement commence dans les derniers jours du mois de novembre jusqu'aux premiers jours du mois de mai. Le climat local présente une période sèche d'un mois et demi, de mi-juin à mi-août, et une période humide de 10 mois et demi, de mi-août à mi-juin (Bougaham, 2014).

La végétation est caractérisée par une formation forestière d'altitudes. La strate arborée est représentée essentiellement par *Cedrus atlantica*, *Abies numidica*, *Quercus canariensis*, *Quercus afares*, *Acer obtusatum* et *Quercus ilex*. La strate arbustive, lorsqu'elle est présente, est constituée par *Viburnum lantana*, *Evonymus latifolius*, *Rosa canina*, *Cytisus villosus* et *Buxus sempervirens* qui domine parfois cette strate. Les espèces végétales herbacées sont principalement représentés par: *Paeonia atlantica*, *Cyclamen africanum*, *Anagallis monelli*, *Viola mumbyana*, *Asphodelina lutea*, *Ampelodesmos mauritanica*, *Asphodelus microcarpus*, *Erinacea anthyllis*, *Phlomis bovei* et *Epimedium perralderianum*.

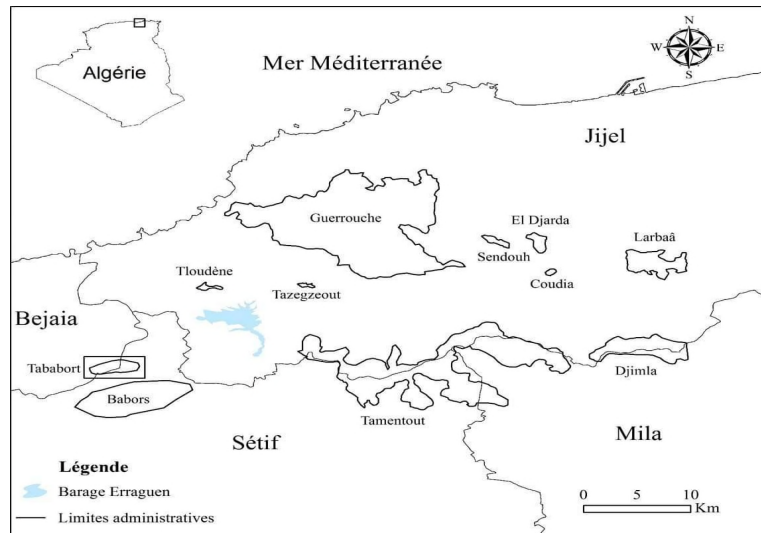


Figure 1 : Aire de distribution de la Sittelle kabyle et situation géographique de la forêt du Djebel Tababort.

3. Résultats et discussion

3.1 Contexte de la découverte

Lors d'une sortie effectuée le 13 avril 2020, nous constatons que la Sittelle kabyle est présente et niche au Djebel Tababort. En effet à 17h10', une femelle de *Sitta ledanti*, transportant au bec des matériaux pour construction du nid, entre dans un trou creusé sur un arbre mort de Cèdre de l'Atlas ($36^{\circ}32'41,2''N$; $005^{\circ}26'41,8''E$; 1456m.). Le 20 mai 2020, le nid de Sittelle kabyle a fait l'objet d'un suivi particulier. Durant trois heures (11h : 03' à 14h : 04'), nous avons pu observer l'activité d'allers et retours au nid d'une femelle. Le temps consacré à la recherche alimentaire varie entre trois et 25 minutes, avec une moyenne de $10,5 (\pm 7,57, n = 8)$ minutes. Entre-temps, la femelle reprend son activité de couvaison pour réchauffer les jeunes oisillons âgés d'environ quatre jours. La durée de couvaison oscille entre six et 35 minutes, avec une moyenne de $19,4 (\pm 10,33, n = 5)$ minutes. Toutefois, la femelle ne couvait pas ses jeunes oisillons ($n = 3$) ; elle repart directement à la recherche des proies dans les environs immédiats du nid. Durant cette période, il semblerait que le mâle ne participe pas au nourrissage des jeunes oisillons : il était absent durant les trois heures d'observation. Ce n'est pas le cas chez la Sittelle kabyle dans la forêt de Guerrouche, où le mâle s'investit plus que la femelle dans le nourrissage des oisillons au nid (Bougaham *et al.*, 2017).

Le site est représenté par une zone exposée au nord et situé dans une formation mélangée de Cèdre de l'Atlas et de Chêne zéen. Une deuxième sortie, menée le 17 avril 2020, nous a permis de détecter un autre couple dans une cédraie ($36^{\circ}32'40,8''N$; $005^{\circ}26'54,6''E$; 1455m.) infiltrée par de grands Chênes zéens et afarès. L'espèce n'avait pas été trouvée sur le Tababort lors de prospections précédentes (Ledant & Jacobs, 1977; Bellatrèche, 1994) mais il n'est pas possible de savoir si ces explorations avaient inclus l'ensemble de la forêt de Tababort, réfugiée dans les parties les plus abruptes et les plus isolées de cette montagne (figure 2). Sur l'ensemble des 32 points d'écoute que nous avons réalisé, la sittelle n'a été trouvée qu'aux 2 points situés dans les formations mélangées de Cèdre et de Chênes zéen et

afarès. Elle n'a pas été observée dans les autres types d'habitat, notamment dans les cédraies et sapinières d'*Abies numidica* sur buxaie, où 22 points d'écoute ont été effectués. Le Tableau 1 présente une liste des oiseaux observés à Tababort.



Figure 2 : Le massif forestier de Tababort, versant nord (Cliché : Bougaham A.F., 23/04/2020).

Dans son aire de distribution, cette espèce se trouve dans des peuplements composés de multiples essences végétales (caducifoliées ou sempervirentes). Dans la forêt de Tamentout, elle est contactée pour la plupart des cas dans les essences à Chêne zéen, entre 1130 à 1413 mètres (Hamitouche *et al.*, 2020). Ce résultat est à comparer à celui trouvé dans la forêt de Guerrouche (Bellatrèche, 1994) et dans la forêt de Djimla (Bougaham *et al.*, 2018), où les habitats à Chêne zéen, situés entre 600 et 1121 mètres et entre 1101 et 1217 mètres respectivement, sont les plus recherchés par la Sittelle kabyle. Sur le Mont Babor qui culmine à 2004 mètres, les habitats à Chêne zéen, Cèdre de l'Atlas, Sapin de Numidie (Ledant *et al.*, 1985) et les hautes altitudes (au-delà de 1900 mètres) sont les plus visités par la Sittelle kabyle (Ledant, 1977). Récemment, elle a été cependant observée dans un autre type d'habitat, dans les subéraies pures (*Quercus suber*) d'El Djarda (Haddad & Afoutni, 2019) et de Sendouh (Bougaham *et al.*, 2020). Haddad et Afoutni (2019) n'ont pas signalé la présence de la Sittelle kabyle dans le canton forestier de Coudia (Fig. 1), alors qu'au moins deux individus de l'espèce ont été notés lors d'une sortie effectuée par les deux auteurs (Bougaham A.F. et Bouchareb A.) le 16 novembre 2019. Ce dernier canton est caractérisé par une subéraie pure située à la limite sud-est du domaine forestier toujours de Beni Khettab. La préférence de la Sittelle kabyle pour un type d'habitat est vraisemblablement liée à la disponibilité des proies (Ledant & Jacobs, 1977 ; Bougaham *et al.*, 2018) et à l'abondance ou à la dominance d'un type d'essence végétale dans chaque forêt. L'altitude influence la diversité et la composition des peuplements végétaux, et elle intervient dans l'accroissement de l'humidité de l'air, nécessaire au pourrissement du bois mort (Ledant *et al.*, 1985 ; Hamitouche *et al.*, 2020).

Bio-géographiquement, ce site nouvellement découvert se situe, comme tous les sites précédemment connus, dans le sous-secteur de Petite Kabylie (sous-secteur K2) du secteur Kabyle et Numidien (secteur K) du système de divisions adopté par Quézel et Santa (1962 : 12, carte 2) pour l'Algérie. Il est dans la région la plus pluvieuse, la plus littorale et la plus montagnaise de l'ensemble géomorphologique du Tell algéro-constantinois (Quézel & Santa,

1962). L'espèce (figure 3) habite donc les forêts les plus mésophiles du pays. Le massif du Tababort est très voisin du Mont Babor, à la fois géographiquement (situé à 4 km au Nord), et par les paramètres écologiques et phytogéographiques (Ledant & Jacobs, 1977). Cependant, il n'existe aucune connexion (corridor) entre les deux massifs forestiers (figure 4).



Figure 3 : La Sittelle kabyle au Djebel Babor (Cliché : Zemouri M., 08/06/2020).

Les oiseaux nicheurs observés au Djebel Tababort sont au nombre de 66 espèces (tableau 1). Nous avons compté 32 espèces d'intérêt patrimonial (48,48%). Le nombre d'espèces protégées par la législation algérienne (JORA, 2012) est de 27 espèces (40,90%) et celui des espèces endémiques (échelle d'Afrique du Nord, du Maghreb et de l'un des pays du Maghreb) est de huit espèces (12,12%). Seulement deux espèces ont un statut de conservation "En danger", *Neophron percnopterus* et *Sitta ledanti*.

Tableau 1 : Liste des espèces d'oiseaux nicheurs inventoriés dans la montagne de Tababort.

Noms scientifiques		
<i>Alectoris barbara</i>	<i>Sylvia cantillans</i>	<i>Sylvia communis</i>
<i>Coturnix*coturnix</i>	<i>Sylvia undata</i>	<i>Sylvia melanocephala</i>
<i>Accipiter nisus</i>	<i>Sylvia atricapilla</i>	<i>Sylvia conspicillata</i>
<i>Columba oenas</i>	<i>Phylloscopus bonelli</i>	<i>Phoenicurus phoenicurus</i>
<i>Columba palumbus</i>	<i>Phylloscopus ibericus</i>	<i>Coccothraustes coccothraustes</i>
<i>Cuculus canorus</i>	<i>Regulus ignicapilla</i>	<i>Corvus corax</i>
<i>Upupa epops</i>	<i>Troglodytes troglodytes</i>	<i>Emberiza calandra</i>
<i>Picus vaillantii</i>	<i>Muscicapa striata</i>	<i>Emberiza cia</i>
<i>Dendrocopos major</i>	<i>Ficedula speculigera</i>	<i>Serinus serinus</i>
<i>Dendrocopos minor</i>	<i>Parus major</i>	<i>Falco peregrinus</i>
<i>Jynx torquilla</i>	<i>Periparus ater</i>	<i>Loxia curvirostra</i>
<i>Galerida theklae</i>	<i>Cyanistes teneriffae</i>	<i>Oenanthe hispanica</i>
<i>Anthus campestris</i>	<i>Certhia brachydactyla</i>	<i>Gyps fulvus</i>
<i>Apus apus</i>	<i>Lanius senator</i>	<i>Aquila chrysaetos</i>
<i>Erithacus rubecula</i>	<i>Monticola saxatilis</i>	<i>Buteo rufinus</i>
<i>Luscinia megarhynchos</i>	<i>Garrulus glandarius</i>	<i>Falco tinnunculus</i>
<i>Ptyonoprogne rupestris</i>	<i>Oriolus oriolus</i>	<i>Monticola solitarius</i>
<i>Phoenicurus moussieri</i>	<i>Passer hispaniolensis</i>	<i>Pyrrhocorax pyrrhocorax</i>
<i>Saxicola torquatus</i>	<i>Fringilla coelebs</i>	<i>Neophron percnopterus</i>
<i>Turdus viscivorus</i>	<i>Carduelis cannabina</i>	<i>Hieraaetus pennatus</i>
<i>Turdus merula</i>	<i>Carduelis chloris</i>	<i>Circaetus gallicus</i>
<i>Sitta ledanti</i>	<i>Strix aluco</i>	<i>Athene noctua</i>

3.2 Menaces et problématique de conservation

Ailleurs dans son aire de distribution, les populations de l'espèce sont petites, très fragmentées et isolées. À Djimla, la population n'est que d'environ 60 individus (Bougaham *et al.*, 2018); à Tamentout, la population est estimée à 187 individus distribués dans les parties non dégradées de la forêt. Dans la forêt de Babor, la taille de la population est estimée à 80 couples (Ledant *et al.*, 1985). Récemment, des populations relictuelles de la Sittelle kabyle sont signalées dans des forêts de petite surface et très dégradées aux monts d'El Djarda (Haddad & Afoutni, 2019), de Tloundène, de Tazegzeout et de Sendouh (Bougaham *et al.*, 2020). L'aire occupée par l'espèce ne bénéficie pas d'un statut de protection particulier, excepté la population de Guerrouche où un Parc national de Taza a été créé en 1984. L'aire de distribution de l'espèce est fragmentée par conséquent en parcelles forestières isolées. De plus, l'habitat de l'espèce est menacé par les incendies répétés, les coupes illicites d'arbres, le surpâturage, la gestion inappropriée des forêts et la déforestation. En outre, des feux répétés et des coupes illicites perdurent, ce qui peut entraîner encore accroître les menaces pesant sur les sites de reproduction et plus largement le domaine vital résiduel occupé par l'espèce.

On peut espérer que le classement récent du Tababort en Parc national Babor-Tababort (JORA, 2019) contribuera à la préservation de cet écosystème forestier assez dégradé, et que la difficulté d'accès le préservera des dérangements éventuels. Un plan de gestion d'un Parc national doit prévoir la bonne gestion des habitats des espèces légalement protégées entre autres, mais ce classement devrait permettre d'y assurer une protection particulière à la Sittelle kabyle de Tababort. Il conviendra d'analyser l'exploitation actuelle de ce massif forestier ainsi que les menaces éventuelles (incendies, réchauffement climatique) de cette population relictuelle, d'envisager la gestion future et les mesures de conservation. Un suivi de dynamique de la population de cette Sittelle sur plusieurs années sera très utile pour réévaluer son statut de conservation selon les catégories et critères de l'UICN.

Vu la dégradation prononcée de la forêt et l'effectif très réduit, la viabilité de la population de la Sittelle kabyle de Tababort reste précaire. L'amélioration de la qualité et la protection des habitats préférés est urgente, et on peut espérer que le classement du Tababort en Parc national contribuera à la sauvegarde de l'espèce.

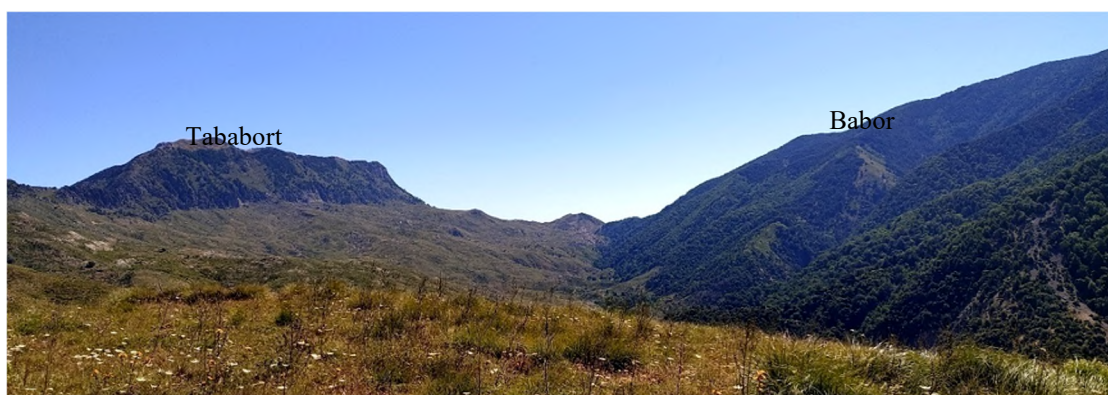


Figure 4 : La discontinuité entre Tababort et Babor (*Cliché : Zemouri M., 15/06/2020*).

4. Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier vivement M. Moali Aissa, pour ses conseils et orientations pertinents lors de la rédaction de ce manuscrit.

5. Références

- Bellatrèche, M., 1990. Découverte d'un troisième biotope de la Sittelle kabyle (*Sitta ledanti* Vieilliard) en Algérie. *Ann. Agron. (INA)*, 14: 13-20.
- Bellatrèche, M. & Chalabi, B., 1990. Données nouvelles sur l'aire de distribution de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti*, Vieilliard. *Alauda*, 58: 95-97.
- Bellatrèche, M., 1994. *Écologie et biogéographie de l'avifaune forestière nicheuse de la Kabylie des Babors (Algérie)*. Thèse doctorat, Université de Bourgogne, 154 p.
- Bougaham, A.F., 2014. *Diagnostic écologique des oiseaux des Babors occidentales, Algérie*. Thèse doctorat, Université A./MIRA de Bejaia, 169 p.
- Bougaham, A.F., Benazouz, A., & Bouchareb, A., 2017. Reproduction et soins parentaux chez la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* en forêt de Guerrouche (Jijel, Algérie). *Alauda* 85 (4) : 269-274.
- Bougaham, A.F., Announ, L., Aissat, L., Zemouri, M., Lillouch, S., Mirouh, A., Soukkou, & Bouchareb, A., 2018. Distribution et grandeur de la population de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* dans la forêt de Djimla (Nord-Est algérien). *Alauda* 87 (4) : 299-304.
- Bougaham, A.F., Hamitouche, S. & Bouchareb, A., 2020. Trois nouvelles localisations de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* en Algérie. *Alauda*, 88 (2): 147-148.
- Burfield, I.J., Butchart, S.H.M. & Collar, N.J., 2017. BirdLife, conservation and taxonomy. *Bird Conservation International*, 27: 1-5.
- Chalabi, B., 1989. Du nouveau à propos de l'aire de distribution de la sittelle Kabyle (*Sitta ledanti*). *Aves*, 26 (34) : 233-234.
- Duplan, L., 1952. La région de Bougie. Publi. du XIX Congr. Géol. Inter. Mono. Région. 1^{er} série, Algérie 17 : 40.
- Haddad, K. & Afoutni, L., 2019. La Sittelle Kabyle *Sitta ledanti*: nouvelle localité, répartition et habitat. *Ornithos*, 26: 83-94.
- Hamitouche, S., Bouchareb, A., Bougaham, A.F., 2020. Status and distribution of the Algerian Nuthatch's population (*Sitta ledanti* Vieilliard, 1976) in the Tamentout forest (north-eastern Algeria). *Avian biology research*, 13 (4) : 81-86.
- Harrap, S., 2002. Little known West Palearctic birds: Algerian Nuthatch. *Birding World*, 5: 154-156.
- Moulai, R., Bouchareb, A., Gheribi, A., & Bougaham, A.F., 2017. Statut de la population et biologie de la reproduction de la sittelle Kabyle *Sitta ledanti* dans la forêt de Guerrouche (Algérie). *Alauda*, 85 (2) : 101-107.
- Moulai, R. & Mayache, M.E., 2018. Un nouveau site de reproduction pour la Sittelle Kabyle *Sitta ledanti*. *Alauda*, 86: 73-74.

J.O.R.A. (Journal Officiel de la République Algérienne), 2012. Décret exécutif du 10 juin 2012, fixant la liste des espèces animales non domestiques protégées. *Journal officiel de la République algérienne* : 5-49.

J.O.R.A. (Journal Officiel de la République Algérienne), 2019. Décret du 29 avril 2019 relatif au classement du territoire de Babor-Tababort, wilayas de Sétif, Béjaïa et Jijel, en parc national: *Journal officiel de la République algérienne*.

Quézel, P. & Santa, S., 1962. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales : 1, Paris, CNRS.

Ledant, J-P, 1977. La Sittelle kabyle (*Sitta ledanti* Vieillard), espèce endémique montagnarde récemment découverte. *Aves*, 14: 83-85.

Ledant, J.-P. & Jacobs, P., 1977. La Sittelle kabyle *Sitta ledanti*; données nouvelles sur sa biologie. *Aves*, 14: 233-242.

Ledant, J.-P., Jacobs, P., Ochando, B., & Renault, J., 1985. Dynamique de la forêt du Mont Babor et préférences écologiques de la Sittelle Kabyle *Sitta ledanti*. *Biological Conservation*, 32 : 231-254.

Algerian Nuthatch: new breeding site and current distribution

Algerian Nuthatch *Sitta ledanti* is a hole-nesting Palearctic passerine with an occurrence limited to a small part of Algeria. It is classified as Endangered by IUCN (Burfield et al 2017) and protected by Algerian law since 1983 (JORA 2012). The species is endemic to the Babor's Kabylia region, north-eastern Algeria, and was previously known only from Djebel Babor (Sétif). Later, it was also found in Guerrouch forest in Jijel and in Tamentout forest and Djimla forest, between Sétif, Jijel and Mila districts (Ledant 1977, Chalabi 1989, Bellatrèche & Chalabi 1990, Monticelli & Legrand 2009, Hamitouche & Bougaham 2021).

Algerian Nuthatch was discovered as recently as 1975 by Jean-Paul Ledant in the fir *Abies numidica* forest at Djebel Babor summit (Ledant 1977). For a long time, it was considered to be associated with this forest type. The subsequent discoveries of new biotopes, which are at distance and isolated from each other without ecological corridors between them (Harrap 2002), offered new data on its ecology and biogeography (Bellatrèche 1994). Explorations carried out since the mid-1990s have failed

to find new sites for the species but they were hampered by security and political complications which made certain forest zones inaccessible to researchers.

Since 2017, the species has attracted a renewed interest of Algerian ornithologists (Bougaham et al 2017, 2018, Moulai et al 2017, Hamitouche et al 2020, 2021, Zemouri et al 2021), leading to new discoveries. It was found in Larbaâ forest (Moulai & Mayache 2018); El Djarda forest (Haddad & Afoutni 2019); Tloundène, Tazegzeout and Sendouh forests (Bougaham et al 2020); Bouhanch forest (Mayache et al 2021); and Tababort forest (Bejaia) (Bougaham et al 2021). It is quite possible that the nuthatch also exists in other forests potentially favourable for nesting, especially in the high mountains of Babor's Kabylia.

On 17 November 2021, an Algerian team of wildlife photographers in El Arem forest led by Walid Soukkou, an inhabitant of Djimla town, discovered a new site for Algerian Nuthatch when a male was seen on a *Quercus afares* tree. WS informed Abdelazize Franck Bougaham and Mourad Zemouri about this find by telephone. On 20 November 2021, WS, AFB and Imad Soukkou observed a female feeding in a *Quercus canariensis*

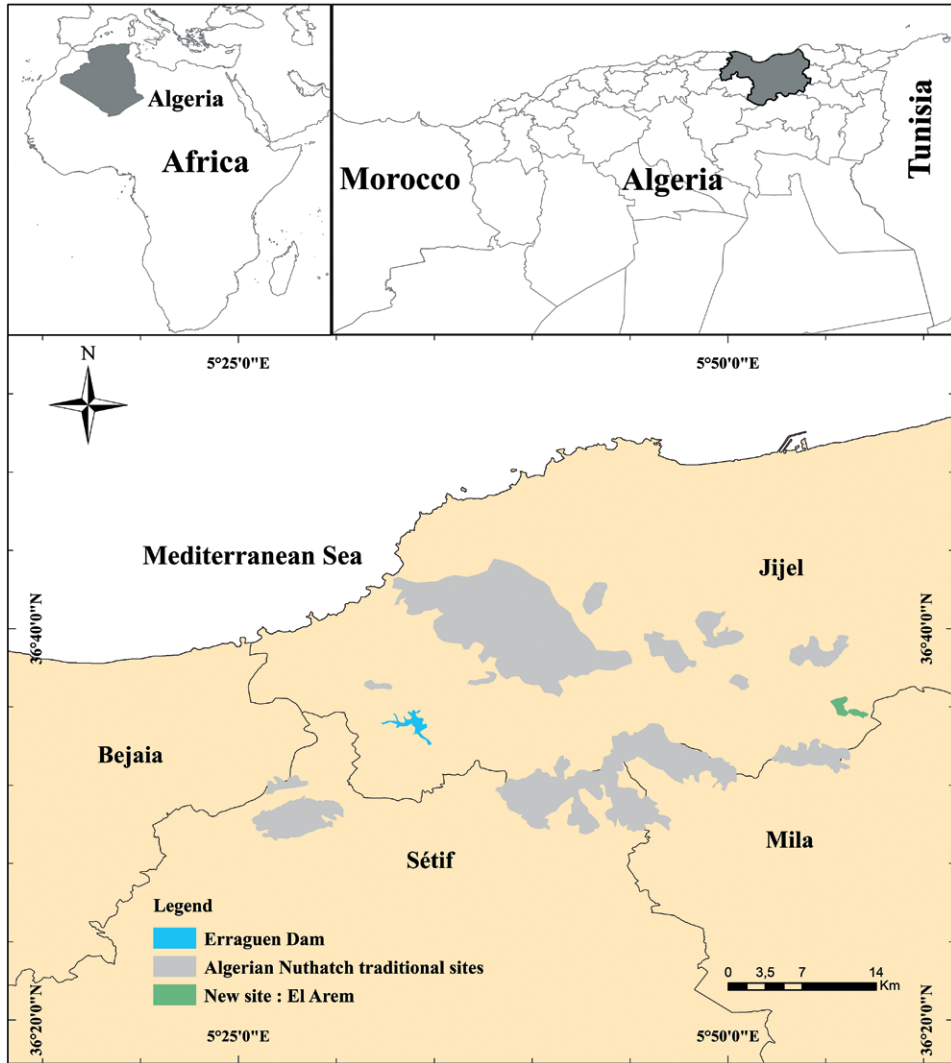


FIGURE 1 Distribution of Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*, with new site El Arem forest, Babor's Kabylia, Algeria, in green.

tree at the western edge of the forest. Unfortunately, no photographs of these birds could be made.

El Arem forest is located in the extreme south-east of Jijel district near Djimla town ($36^{\circ}35'57.3''\text{N}$, $5^{\circ}55'28.6''\text{E}$, 1478 m above sea level). It is located 5 km north-east of Djimla forest (Bouafroune) and 6 km south-east of Larbaâ forest (figure 1). This isolated forest is part of the Djebel Bouaza forest massif (eastward), near the border between Jijel district and Mila district. This fragmented forest stretches out over the talwegs, the lowest elevations in val-

leys, where the soil moisture allows deciduous tree species to grow. It forms relict forest patches that have escaped fires and at the same time benefit from the protected and humid situation of the intercollineal hollows. The vegetation is represented essentially by *Quercus afares*, *Q. canariensis* and *Acer obtusatum*. The undergrowth, when present, constitutes of *Calycotome spinosa*, *Cytisus villosus*, *Cyclamen africanum*, *Ampelodesmos mauritanica*, *Asphodelus microcarpus* and *Phlomis bovei*.

As in the other forest patches discovered more



392 Algerian Nuthatch / Algerijnse Boomklever *Sitta ledanti*, displaying male, Djimla forest, Babor's Kabylia, Algeria, 25 April 2021 (Walid Soukkou)

recently, the Algerian Nuthatch population at this new site is small. During a research trip on 23 April 2022, the species was present only in two out of the six performed point counts (ie, two breeding pairs). El Arem forest has probably been diminished by logging, intensive cattle grazing and fire. In the past, the forest patch may have been much larger and connected to adjacent forest patches like Djimla forest and Larbaâ forest.

The main importance of this discovery is that it again confirms that the distribution area of Algerian Nuthatch is very fragmented, with now 13 known sites in forest patches distant from each other, separated by areas completely dominated by human habitation. As its habitat is also vulnerable to over-exploitation of resources, human traffic, livestock and fires, it means that the species remains very much endangered.

References

- Bellatrèche, M 1994. Écologie et biogéographie de l'avi-faune forestière nicheuse de la Kabylie des Babors (Algérie). Thèse doctorat, Université de Bourgogne.
 Bellatrèche, M & Chalabi, B 1990. Données nouvelles sur l'aire de distribution de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti*, Vieilliard. *Alauda* 58: 95-97.
 Bougaham, A F, Benazouz, A & Bouchareb, A 2017.

- Reproduction et soins parentaux chez la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* en forêt de Guerrouche (Iijel, Algérie). *Alauda* 85: 269-274.
 Bougaham, A F, Announ, L, Aissat, L, Zemouri, M, Lillouch, S, Mirouh, A, Soukkou, W & Bouchareb, A 2018. Distribution et grandeur de la population de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* dans la forêt de Djimla (Nord-Est algérien). *Alauda* 87: 299-304.
 Bougaham, A F, Hamitouche, S & Bouchareb, A 2020. Trois nouvelles localisations de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* en Algérie. *Alauda* 88: 147-148.
 Bougaham, A F, Zemouri, M, Hamitouche, S & Bouchareb, A 2021. Découverte dans le Djebel Tababort (nord-est de l'Algérie) d'un nouveau site de reproduction de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti*. *Bull Soc R Sci Liège* 90: 241-248.
 Burfield, IJ, Butchart, S H M & Collar, N J 2017. BirdLife, conservation and taxonomy. *Bird Conserv Int* 27: 1-5.
 Chalabi, B 1989. Du nouveau à propos de l'aire de distribution de la sittelle Kabyle (*Sitta ledanti*). *Aves* 26: 233-234.
 Haddad, K & Afoutni, L 2019. La Sittelle Kabyle *Sitta ledanti*: nouvelle localité, répartition et habitat. *Ornithos* 26: 83-94.
 Hamitouche, S & Bougaham, A F 2021. Algerian Nuthatch (*Sitta ledanti* Vieilliard, 1976): current challenges of an endemic species. *Ornis Hung* 29: 167-176.
 Hamitouche, S, Bouchareb, A & Bougaham, A F 2020. Status and distribution of the Algerian Nuthatch's



393 General view of El Arem forest, Babor's Kabylia, Algeria, 20 November 2021
(*Imad Soukkou*)

394 Forest-patch in El Arem forest, Babor's Kabylia, Algeria, 20 November 2021
(*Imad Soukkou*)





395 Algerian Nuthatch / Algerijnse Boomklever *Sitta ledanti*, male, Djimla forest, Babor's Kabylia, Algeria, 24 March 2021 (Walid Soukkou)



396 Algerian Nuthatch / Algerijnse Boomklever *Sitta ledanti*, male, with European Earwig *Forficula auricularia* as prey, Djimla forest, Babor's Kabylia, Algeria, 18 May 2021 (Walid Soukkou)

population (*Sitta ledanti* Vielliard, 1976) in the Tamen-tout forest (north-eastern Algeria). Avian Biol Res 13: 81-86.

Hamitouche, S, Berkati, D, Choulak, A & Bougaham, A F 2021. Distribution of the endemic and endangered Algerian Nuthatch (*Sitta ledanti*): case of the Larbaâ forest. Agrobiologia 11: 2791-2800.

Harrap, S 2002. Little known West Palearctic birds: Algerian Nuthatch. Birding World 5: 154-156.

JORA (Journal Officiel de la République Algérienne) 2012. Décret exécutif du 10 juin 2012, fixant la liste des espèces animales non domestiques protégées. J Off Rép Algér 35: 5-49.

Ledant, J-P 1977. La Sittelle kabyle (*Sitta ledanti* Vieillard), espèce endémique montagnarde récemment découverte. Aves 14: 83-85.

Mayache, M E, Khider, B & Moulai, R 2021. Données

récentes sur la distribution de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* en Algérie. Alauda 89: 143-146.

Monticelli, D & Legrand, V 2009. Algerian Nuthatch: a photographic trip. Dutch Birding 31: 247-251.

Moulay, R & Mayache, M E 2018. Un nouveau site de reproduction pour la Sittelle Kabyle *Sitta ledanti*. Alauda 86: 73-74.

Moulay, R, Bouchareb, A, Gheribi, A & Bougaham, A F 2017. Statut de la population et biologie de la reproduction de la Sittelle Kabyle *Sitta ledanti* dans la forêt de Guerrouche (Algérie). Alauda 85: 101-107.

Zemouri, M, Asloune, L, Adrar, A, Bouchareb, A & Bougaham, A F 2021. Nestling diet of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*, an endemic threatened bird in Babor's Kabylia region (north-eastern Algeria). Ostrich 92: 175-183.

Abdelazize Franck Bougaham, Laboratoire de Recherche en Écologie et Environnement, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Bejaia, Bejaia, Algeria (abdelazize.bougaham@univ-bejaia.dz)

Walid Soukkou, El Had village, Djimla-Ijjel, Algeria

Omar Soukkou, El Had village, Djimla-Ijjel, Algeria

Imad Soukkou, El Had village, Djimla-Ijjel, Algeria

Mourad Zemouri, Laboratoire de Recherche en Écologie et Environnement, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Bejaia, Bejaia, Algeria



Communications



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mohamed Boudiaf de M'sila
Faculté des Sciences
Département des Sciences de la Nature et de la Vie
Laboratoire de la biodiversité et techniques biotechnologiques de la valorisation
des ressources végétales (BTB-VRV)



**International Seminar on Biodiversity, Valorization and
Conservation of Urban and Forest Ecosystems:
(In support of sustainable development)**

28-29.04.2021

ATTESTATION DE PARTICIPATION

Le comité scientifique du Séminaire atteste que :
Melle/Mme/Mr : **ZEMOURI Mourad**
A présenté une **Communication affichée**

Intitulée : **Les premières données sur le régime alimentaire de la Sittelle Kabyle *Sitta ledanti* (Vielliard, 1976) dans la forêt de Guerrouche (Parc national de Taza, Jijel)**

Co-auteurs : BABA-AHMED Mehdi, MEDDOURI Khaled, BOUGAHAM Abdelazize Franck

Le Président du Séminaire
Dr. Rabah BOUNAR

Univ. M. B. M'Sila
Faculté des Sciences / SNV
28-29.04.2021

Le Doyen de la Faculté des Sciences
Pr. Ettayib BENSACI



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mohamed Boudiaf de M'sila
Faculté des Sciences
Département des Sciences de la Nature et de la Vie
Laboratoire de la biodiversité et techniques biotechnologiques de la valorisation
des ressources végétales (BTB-VRV)



**International Seminar on Biodiversity, Valorization and
Conservation of Urban and Forest Ecosystems:
(In support of sustainable development)**

28.29.04.2021

ATTESTATION DE PARTICIPATION

Le comité scientifique du Séminaire atteste que :
Melle/Mme/Mr : **BOUGAHAM Abdelazize Franck**
A présenté une **Communication affichée**

Intitulée : **Du nouveau à propos de l'aire de distribution de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti***

Co-auteurs : ZEMOURI Mourad, HAMITOUCHE Souad

Le Président du Séminaire
Dr. Rabah BOUNAR

Univ. M. B. M'Sila
Faculté des Sciences/ SNV
28.29-.04.2021

Le Doyen de la Faculté des Sciences
Pr. Ettayib BENSACI





National Higher School of Agronomy
Department of Agricultural and Forest Zoology
Laboratory of plants Protection in agricultural and natural
environment against crop pests



Certificate of participation



Is awarded to

**Zemouri Mourad, Hani Lydia
& Bougaham Abdelazize Franck**



For the **Poster** entitled :

**T1AF24 : Contribution à l'étude du régime alimentaire des oisillons
de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* (Vielliard, 1976)
dans le Parc National Babor-Tababart (Nord-Est algérien)**

Within the **1st International Webinar of Animal Biodiversity,
Protection and Environment**

" WIBAPE2022 "

that has been held online from **26 to 27 May 2022**
on **National Higher School of Agronomy**
Algiers, Algeria

Webinar President

Dr. Hassiba Berraï



We are so happy to have seen you in our webinar

<https://wibpeensa2022.wixsite.com/wibpe2022>



*The Faculty of Sciences of Nature and Life,
Earth Sciences and Universe*



**1^{ère} Web conférence nationale sur la gestion des écosystèmes naturels face aux
Changements globaux: A l'occasion de la COP26 à Glasgow (UK) - The 26th session of the Conference of the Parties
Organisé à Tlemcen le 11 Novembre 2021**

ATTESTATION DE PARTICIPATION

Le président du séminaire *CENGEN1 2021* certifie que :

Mme, Melle, Mr : Zemouri Mourad

A présenté une communication affichée intitulée :

**« Contribution à l'étude de régime alimentaire des oisillons de la Sittelle kabyle dans la Forêt de Larbaâ
(Jijel, Kabylie des Babors, Nord-Est algérien). »**

Co-auteurs : Meriem Beldjoudi et Bougaham Abdelazize Franck

Président du séminaire

Président du comité Scientifique

Directeur du laboratoire

*1^{ère} Web conférence nationale sur
la gestion des écosystèmes naturels
face aux changements globaux
CENGEN' 2021*

*Pr. HASNAOUI Okkacha
Université D'Alger Moulay - Saïda*

*Pr. MERZOUK Abdessamad
ENSEIGNANT CHERCHEUR
UNIVERSITÉ DE TLEMCEN
abdessamadmerzouk@mail.univ-tlemcen.dz
lecgen2014@gmail.com
Tél. 0771 65 52 86*

*Ecology and Management
Laboratory of Natural Ecosystems
Laboratoire d'Ecologie et Gestion
des Ecosystèmes Naturels
مخبر علم البيئة و تسيير النظم البيئية الطبيعية
https://egen.univ-tlemcen.dz
MESRS - DGRSDT - ATRSNV*

ATTESTATION DE PARTICIPATION

Nous attestons que

ABDELAZIZE FRANCK BOUGAHAM

A participé (e) avec une communication orale intitulée : Composition du régime alimentaire des oisillons de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti* dans la forêt de Djimla (Jijel, Nord-Est algérien).

Co-auteurs : Meriem BELDJOUDI et Mourad Zemouri.

Aux Journées Scientifiques Biodiversité, Santé et Environnement, Bouira le 30/11 et 01/12/2022.

Président des Journées scientifiques

Dr. **ABERKANE Boubekeur**



Doyen de la Faculté SNV-ST

Pr. **ZOUGGAGHE Fatah**



Directeur du Laboratoire GVRNAQ

Pr. **MOUNI Lotfi**





National Higher School of Agronomy
Department of Agricultural and Forest Zoology
Laboratory of plants Protection in agricultural and natural
environment against crop pests

Certificate of participation



Is awarded to

**Abdelazize Franck Bougaham, Souad Hamitouche,
Adouda Benazouz and Mourad Zemouri**



For the **Oral presentation** entitled :

**T1OR18 : Découverte d'une nouvelle localité de la Sittelle kabyle
Sitta ledanti en Algérie**

Within the **1st International Webinar of Animal Biodiversity,
Protection and Environment**

" WIBAPE2022 "

that has been held online from **26 to 27 May 2022**
on **National Higher School of Agronomy**
Algiers, Algeria

Webinar President

Dr. Hassiba Berraï



We are so happy to have seen you in our webinar

<https://wibpeensa2022.wixsite.com/wibpe2022>

Résumé

Biologie et Écologie de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti*, espèce endémique de la Kabylie des Babors (Nord-Est algérien).

Notre travail est une thèse par articles qui avait générée cinq publications scientifiques abordant trois aspects de la biologie et de l'écologie de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti*, espèce endémique de la Kabylie des Babors, protégée en Algérie et inscrite sur la liste rouge des espèces menacées. Le premier aspect était la distribution et la dynamique de la population de la forêt du mont Babor. Sa distribution a été actualisée par la découverte de trois nouveaux biotopes de reproduction dans son aire de distribution en Kabylie des Babors. La population de la forêt du mont Babor entre 1982 et 2020 ; s'est multiplié avec un taux de multiplication annuel de $(\lambda) = 1,01$ et a crû avec un taux de croissance annuel de $r = 1,36\%$. Le deuxième était l'analyse du régime alimentaire des oisillons de l'espèce. Cette analyse a été faite via l'analyse des sacs fécaux des oisillons récupérés dans la forêt caducifoliée de Tamentout. Durant l'analyse, nous avons compté 686 individus appartenant à 39 taxons proies différents. Répartis en deux classes, les insectes (95,4%) et les araignées (4,96%). Les coléoptères étaient les plus diversifiés (22 taxons proies et 293 items). Les dermaptères (deux taxons proies et 265 items), *Forficula auricularia* (253 items). Le troisième aspect était l'identification de proies potentielles et implication de conservation. L'analyse du régime alimentaire s'est fait via la même méthode mais élargie sur quatre autres biotopes les plus denses. Le spectre alimentaire s'est élargi en 89 taxons proies en gardant toujours *Forficula auricularia* comme taxons le plus consommé. Les incendies répétés et autres activités anthropiques constituent des menaces directes pour l'habitat de l'espèce, et son régime alimentaire spécialisé en certaines proies rend plus vulnérable cette espèce au statut de conservation menacé.

Mots clés : Sittelle kabyle. Nouveaux habitats. Kabylie des Babors. Régime alimentaire. Dynamique. Conservation.

Abstract

Biology and Ecology of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*, an endemic species of Babors' kabylia (North-East Algeria).

Our work is a thesis by articles which had generated five scientific publications discussing three aspects of the biology and ecology of the Algerian Nuthatch *Sitta ledanti*, an endemic species of Babors' Kabylia, protected in Algeria and included on the red list of species threatened. The first aspect was the distribution and population dynamics of Mount Babor Forest. Its distribution has been updated by the discovery of three new breeding biotopes in its distribution area in Babors' Kabylia. The population of Mount Babor forest between 1982 and 2020; multiplied with an annual multiplication rate of $(\lambda) = 1,01$ and grew with an annual growth rate of $r = 1,36\%$. The second was the nestlings' diet analysis of the species. This analysis was performed by analyzing of the chicks' fecal sacs gathered in the deciduous forest of Tamentout. Through the analysis, we counted 686 individuals belonging to 39 different prey taxa. Splited into two classes, insects (95,4%) and spiders (4,96%). Beetles were the most diverse (22 prey taxa and 293 items). Deraptera (two prey taxa and 265 items), *Forficula auricularia* (253 items). The third aspect was the identification of potential prey and conservation implication. The diet analysis was carried out using the same method but extended to four other densest biotopes. The food spectrum has expanded to 89 prey taxa, still keeping *Forficula auricularia* as the most consumed taxa. Repeated fires and other anthropogenic activities pose direct threats to the species' habitat, and its specialized diet on some prey makes this species with threatened conservation status more vulnerable.

Keywords: Algerian Nuthatch. New habitats. Babors' Kabylia. Diet. Dynamic. Conservation.

ملخص

بيولوجيا وبيئة طائر كاسر الجوز الجزائري *Sitta ledanti* ، نوع مستوطن في منطقة القبائل البابورية (شمال شرق الجزائر)

عملنا عبارة عن أطروحة مكونة من مقالات أنتجت خمسة منشورات علمية تناقش ثلاثة جوانب من بيولوجيا وبيئة طائر كاسر الجوز الجزائري *Sitta ledanti* وهو نوع مستوطن في منطقة القبائل البابورية ، محمي في الجزائر ومدرج في القائمة الحمراء للأنواع المهددة بالانقراض. الجانب الأول كان التوزيع والديناميكيات السكانية لغابة جبل بابور. وقد تم تحديث توزيعه من خلال اكتشاف ثلاثة بيئات حيوية جديدة للتكاثر في منطقة التوزيع في منطقة قبائل بابور. عدد الطيور في غابة جبل بابور بين عامي 1982 و2020؛ نمت بنسبة معدل النمو السنوي $(\lambda) = 1,01$ ؛ نمت بنسبة معدل النمو السنوي $r = 1,36\%$ والثاني هو تحليل النظام الغذائي لتكاثر هذا النوع. تم إجراء هذا التحليل من خلال تحليل أكليس براز الكتاكيت المستخرجة من غابة تمتوت النفضية. أثناء التحليل، أحصينا 686 فرداً ينتمون إلى 39 نوعاً مختلفاً من الفرائس. وتنقسم إلى فئتين، الحشرات (95,4%) والعناكب (4,96%). كانت الخنافس هي الأكثر تنوعاً (22 نوعاً من الفرائس و293 نوعاً). ديرابتيرا (اثنان من أصناف الفرائس و265 عنصراً). *Forficula auricularia* (253 عنصراً). وكان الجانب الثالث هو تحديد الفريسة المحتملة وآثار الحفظ. تم إجراء تحليل النظام الغذائي باستخدام نفس الطريقة ولكنه امتد إلى أربعة بيئات حيوية أخرى أكثر كثافة. توسع نطاق الغذاء ليشمل 89 نوعاً من الفرائس، مع الاحتفاظ دائماً *Forficula auricularia* بالصفة الأكثر استهلاكاً. تشكل الحرائق المتكررة والأنشطة البشرية الأخرى تهديدات مباشرة لمواطن هذا النوع، كما أن نظامه الغذائي المتخصص لفرائس معينة يجعل هذا النوع أكثر عرضة لحالة الحفظ المهددة.

الكلمات المفتاحية: كاسر الجوز الجزائري. مواطن جديدة. قبائل بابور. نظام غذائي. دينامية. الحفاظ على النوع