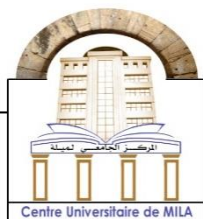


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Réf :

Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF- Mila

Institut des Sciences de la Nature et de la Vie

Département d'Ecologie et de l'Environnement

**Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de
Master**

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Protection des écosystèmes

Thème

**Influence de la température et la précipitation sur la stratégie
sociale chez l'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) dans la wilaya
de Mila**

Présenté par :

➤ Merbai Isra

Devant le jury :

Zentar Amina

(MCB)

Présidente

Bouzegag Abdelaziz

(MCA)

Examineur

Brahmia Hafid

(MCA)

Promoteur

Année Universitaire : 2024/2025

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu, Le Tout-Puissant, pour nous avoir accordé la santé, la patience et la force nécessaires à l'aboutissement de ce travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions **Madame ZENTAR Amina**, pour avoir acceptée de juger ce travail et d'en présider le jury. Nous avons particulièrement à lui exprimer notre grande reconnaissance pour sa disponibilité.

Nos remerciements vont également à **Mr BOUZEGAG Abdelaziz**, pour avoir accepté d'examiner ce modeste mémoire et pour ses remarques constructives

Nos remerciements les plus sincères s'adressent à **Mr BRAHMIA Hafid**, notre encadrant, pour sa patience, sa disponibilité, ses conseils avisés et ses remarques pertinentes qui ont grandement enrichi notre travail. Merci infiniment pour votre accompagnement tout au long de cette recherche.

Nous adressons notre reconnaissance la plus sincère à nos parents bien-aimés, piliers de notre réussite, pour leur soutien inconditionnel, leurs prières et leur amour constant. À nos frères et notre sœur, merci pour votre encouragement et votre présence rassurante.

Enfin, nous exprimons toute notre reconnaissance à nos amis et camarades de promotion, pour leur soutien moral, leur esprit d'entraide et les précieux moments partagés tout au long de ce parcours.

À tous, nous disons merci du fond du cœur.

Isra

Dédicace :

Avec l'aide et la protection d'Allah,

Je dédie ce travail aux êtres les plus chers à mon cœur :

À mes chers parents, maman et papa,

Pour votre amour inconditionnel, votre soutien inestimable et vos prières silencieuses qui
m'ont portée à chaque étape.

Qu'Allah vous accorde une longue vie, une santé parfaite et un bonheur infini.

À ma sœur bien-aimée Amel,

Et à mon frère Anis,

Merci pour votre présence, vos encouragements et votre affection qui m'ont toujours
réconfortée.

À mes cousins et cousines : Lokman, Oumeyma, Lojaine, Kouka et la petite Meryouma,

Votre tendresse et vos sourires ont illuminé mes journées.

À ma meilleure tante Fatima,

Pour ton amour sincère, ton soutien constant et ta bienveillance précieuse.

À mes chères amies,

Pour votre fidélité, vos encouragements et les moments de joie partagés durant ce parcours.

À mon grand-père Houcine,

Que Dieu t'accorde Sa miséricorde et t'accueille dans Son vaste paradis. Repose en paix.

À mes camarades de la promotion 2^e année Master Écologie – Protection des Écosystèmes

2025

Merci pour les échanges, le partage et l'ambiance fraternelle.

À tous les autres que je n'ai pas cités, mais que je porte dans mon cœur,

Merci d'avoir contribué, de près ou de loin, à ce que je suis devenue

Résumé

La présente étude, menée durant l'année 2024–2025 dans la wilaya de Mila (Algérie), examine l'influence des paramètres climatiques, en particulier la température et les précipitations, sur les stratégies sociales adoptées par l'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*). Elle a été réalisée dans onze stations représentatives réparties selon trois étages bioclimatiques : humide, subhumide et semi-aride.

Les résultats obtenus montrent que la répartition des nids, leur implantation, ainsi que certains traits reproducteurs comme la date de ponte ou la taille des pontes, varient en fonction des conditions climatiques et de facteurs environnementaux comme l'altitude, la proximité des champs libres et la disponibilité en ressources alimentaires.

Ces résultats soulignent l'importance des facteurs climatiques dans la structuration des comportements sociaux chez cette espèce migratrice, et rappellent la nécessité d'une prise en compte de ces dynamiques dans un contexte de changement climatique.

Mots clés : Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*), stratégie sociale, température, précipitations, changement climatique, reproduction, Mila (Algérie).

Abstract

This study, conducted during the year 2024–2025 in the Wilaya of Mila (Algeria), examines the influence of climatic parameters, particularly temperature and precipitation, on the social strategies adopted by the Barn Swallow (*Hirundo rustica*). It was carried out across eleven representative stations distributed among three bioclimatic zones: humid, subhumid, and semi-arid.

The results show that the distribution of nests, their location, and certain reproductive traits such as laying date and clutch size vary according to climatic conditions and environmental factors such as altitude, proximity to open fields, and availability of food resources.

These findings highlight the importance of climatic factors in shaping social behaviors in this migratory species and emphasize the need to consider these dynamics in the context of climate change.

Keywords: Barn Swallow (*Hirundo rustica*), social strategy, temperature, precipitation, reproduction, climate change, Mila (Algeria).

ملخص

تتناول هذه الدراسة، التي أجريت خلال سنة 2024-2025 في ولاية ميله (الجزائر)، تأثير العوامل المناخية، وخاصة درجة الحرارة والتساقطات، على الاستراتيجيات الاجتماعية التي تعتمد عليها طيور السنونو الريفي (*Hirundo rustica*) وقد تم تنفيذها في إحدى عشرة محطة تمثيلية موزعة حسب ثلاث مناطق بيولوجية مناخية: رطبة، شبه رطبة، وشبه جافة. أظهرت النتائج أن توزيع الأعشاش، ومواقع بنائها، وبعض الصفات التكاثرية مثل تاريخ وضع البيض أو حجم الحضنة، تتغير حسب الظروف المناخية والعوامل البيئية مثل الارتفاع عن سطح البحر، والقرب من الحقول المفتوحة، وتوفر الموارد الغذائية.

تُبرز هذه النتائج أهمية العوامل المناخية في تشكيل السلوكيات الاجتماعية لدى هذا الطائر المهاجر، وتؤكد على ضرورة أخذ هذه الديناميكيات بعين الاعتبار في ظل التغيرات المناخية.

الكلمات المفتاحية: السنونو الريفي (*Hirundo rustica*) ، الاستراتيجية الاجتماعية، درجة الحرارة، التساقطات، التكاثر، التغير المناخي، ميله (الجزائر).

Sommaire :

Remercîment

Dédicace

Résumé :

Abstract

ملخص

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction..... 1

Chapitre I : Présentation de l'espèce Hirondelle rustique (hirundo rustica)

Partie1 : Présentation d'espèce l'Hirondelle rustique

1. Morphologique de L'Hirondelle rustique (<i>Hirundo rustica</i>) :	4
2. Taxonomie et Systématique :	5
3. La répartition de l'espèce :	6
3.1. L'habitat et la migration du L'Hirondelle rustique :	7
4. Régime alimentaire :	7
5. Cycle de reproduction de L'Hirondelle rustique :	8
5.1. L'arrivée :	8
5.2. La construction du nid :	9
5.3. La période de départ :	10
5.4. La reproduction :	10
6. Méthodes de suivi des migrants :	13
7. Les risques potentiels :	14
7.1. La prédation :	15
7.2. Réduction des ressources alimentaire :	15
7.3. Le changement climatique :	15
8. Mesures de conservation :	16

Partie 2 : L'influence du climat (T, pp) sur la stratégie social chez l'Hirondelle

1. Définition de climat :	18
2. L'influence du climat sur la stratégie sociale de l'Hirondelle rustique :	18
3. La stratégie sociale chez l'Hirondelle rustique :	19
4. La communication sociale :	21
5. Adaptabilité aux changements climatiques :	21

Chapitre II : Présentation de la région D'étude

1. La situation géographique :	23
2. Les facteurs édaphiques :	24
2.1. Ressource en sol :	24
2.2. Les reliefs :	24
3. cadre hydrographique :	27
4. Cadre climatologique :	29
4.1. Température :	30
4.2. Pluviométrie :	31
4.3. Humidité :	32
4.4. Vent :	33
5. La synthèse climatique :	34
5.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen :	34
5.2. L'indice pluviothermique d'Emberger :	35
6. Cadre biotique :	36
6.1. La faune :	37
6.2. La flore :	37

Chapitre III: Matériel et méthodes

1. Choix des stations d'étude:	39
2. La position géographique des stations d'échantillonnages :	40
3. Chronologie d'étude :	40
4. Méthodes d'étude :	41
4.1. Le suivi des nids :	41
4.2. Description et localisation des nids :	41
4.3 Mensuration des œufs :	42
5. Les paramètres de la reproduction :	43
6. Limites de l'étude :	43
7. Matériels utilisé :	43
8. Les analyses statistiques :	45

Chapitre IV : Résultats et discussion

1. L'installation des nids dans chaque site de la wilaya de Mila :	45
1.1 L'étage bioclimatique humide :	45
1.2 L'étage bioclimatique subhumide :	47
1.3 L'étage bioclimatique semi-aride :	50
1.4. Le nombres des nids-étage bioclimatique :	53

2. la variation des paramètres de la reproduction :	55
2.1 La date d'arrivée :	55
2.3 La grandeur de ponte :	55
2.4 Durée d'incubation :	57
2.5 Œufs éclos :	58
2.6. Jeunes à l'envol :	60
2.7 Caractéristiques des œufs :	62
3. Ecologie de la reproduction :	63
3.1. Caractéristiques des nids :	63
3.2. Diamètre interne, externe et la profondeur de nid :	63
3.3. Hauteur de nid :	66
Discussion :	67
Conclusion :	78
Références bibliographiques	

Liste des figures

N°	Liste des figures	Page
Figure 1	L'Hirondelle rustique	5
Figure 2	Hirondelle rustique	5
Figure 3	Aire de répartition de l'Hirondelle rustique	6
Figure 4	Hirondelle et une libellule	8
Figure 5	La construction des nids de l'Hirondelle rustique	10
Figure 6	La couve des œufs chez hirondelle rustique	11
Figure 7	L'incubation des œufs	11
Figure 8	Le nourrissage des poussins hirondelles	12
Figure 9	Les petits poussins de l'Hirondelle rustique	13
Figure 10	les bagues de l'Hirondelle rustique	14
Figure 11	Situation géographique et limites de la wilaya de Mila	23
Figure 12	Carte différentes formes du relief de la wilaya de Mila	27
Figure 13	Réseau hydrologique de la wilaya de Mila	29
Figure 14	Variation de la moyenne de la température mensuelle dans la région de Mila (2014-2024).	31
Figure 15	Variation de la moyenne de précipitation mensuelle dans la région de Mila (2014-2024).	32
Figure 16	Variation de la moyenne de l'humidité mensuelle dans la région de Mila (2014-2024).	33
Figure 17	Variation de la moyenne les vents mensuelle dans la région de Mila (2014-2024).	34
Figure 18	Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la région de Mila (2009- 2018).	35
Figure 19	Situation de la région de Mila dans le climagramme d'Emberger (2009,2018)	36

Figure 20	La diversité faunistique de la région de Mila	37
Figure 21	Les stations d'études de l'Hirondelle rustique	39
Figure 22	Les caractéristiques internes des nids de l'Hirondelle rustique	42
Figure 23	Emplacement des nids chez les hirondelles rustiques	42
Figure 24	La corrélation entre le nombre des nids et la distance nids-sol chez les Hirondelles rustiques dans l'étage bioclimatique humide.	45
Figure 25	La Corrélation entre le nombre des nids et la distance nid-champs libre chez les Hirondelles rustique dans l'étage humide.	46
Figure 26	La variation entre le nombre des nids et la distance nid-eau chez les Hirondelles rustique dans l'étage humide	47
Figure 27	La corrélation entre le nombre des nids par apport au sol chez hirondelle rustique dans l'étage subhumide	48
Figure 28	La Corrélation entre le nombre des nids et la distance nid-champs libre Chez les Hirondelles rustique dans l'étage subhumide.	49
Figure 29	La corrélation entre le nombre des nids et la distance nids-eau chez les Hirondelles rustique dans l'étage subhumide.	50
Figure 30	la Corrélation entre le nombre des nids et hauteur Chez les Hirondelles rustique dans l'étage semi-aride	51
Figure 31	Variation entre le nombre des nids et la distance nids-champs libre Chez les Hirondelles rustique dans l'étage semi-aride.	52
Figure 32	Variation entre le nombre des nids et la distance nids-eau Chez les Hirondelles rustique dans l'étage semi-aride.	53
Figure 33	Variation entre le nombre des nids et l'étage bioclimatique	55
Figure 34	Le pourcentage de la grandeur de ponte chez l'Hirondelle rustique.	56
Figure 35	La variation de la grandeur de ponte dans les trois étages bioclimatiques	57
Figure 36	La variation de la date d'incubation dans les trois étages bioclimatiques	58
Figure 37	Répartition du nombre d'œufs éclos	59
Figure 38	Le nombre d'œufs éclos dans chaque étage bioclimatique	60
Figure 39	Répartition du nombre de jeune à l'envol	61

Figure 40	Le nombre de jeune à l’envol dans chaque étage bioclimatique	62
Figure 41	La variation du diamètre interne par étage bioclimatique	64
Figure 42	La variation du diamètre externe par étage bioclimatique	64
Figure 43	La variation de la profondeur par étage bioclimatique	65

Liste des tableaux

N°	Liste Des Tableaux	Page
Tableau 1	La classification des hirondelles rustiques	6
Tableau 2	Température moyenne mensuelle de la région de Mila	30
Tableau 3	Précipitations moyennes mensuelles de la région de Mila	32
Tableau 4	Variations d'humidité mensuelle moyenne de la région de Mila	33
Tableau 5	Variations des vents mensuelles moyennes de la région de Mila	33
Tableau 6	Essences principales des espèces	38
Tableau 7	Peuplements porte-graines	38
Tableau 8	Les caractéristique géographique des stations d'échantillonnages dans la wilaya de Mila.	40
Tableau 9	matériels utilisé dans l'étude	43
Tableau 10	Caractéristique des œufs d'Hirondelle rustique (poids, longueur, largeur.	62
Tableau 11	Les caractéristiques des nids d'Hirondelle rustique (diamètre interne, diamètre externe, profondeur) dans chaque étage bioclimatique.	65
Tableau 12	Caractéristique des nids (la hauteur des nids par rapport au sol) dans chaque étage bioclimatique	66

Liste des abréviations

C° : Degré Celsius.

Cm : Centimeter.

Fig : Figure.

g : Gramme.

K : Kelvin.

Km : Kilomètre.

Km² : Kilomètre carré.

m : Mètre.

m/s : Mètre par Seconde.

Max : Maximale.

Min : Minimale.

Moy : Moyenne.

mm : Millimètre.

CFM : Conservation des forêts de Mila.

T : Température.

P : Précipitation.

Hum : Humidité.

Q : Quotient pluviométrique d'Emberger.

X : Latitude.

Y : Longitude.

Z : Altitude.

p : P value.

r : Coefficient de corrélation.

R² : Coefficient de détermination.

n : Nombre des nids.

% : Pourcentage.

± : Marge d'erreur.

Introduction



Introduction

Les changements climatiques, et particulièrement le réchauffement de la planète, auront de nombreux impacts sur la biodiversité. Déjà, plusieurs effets sont mesurables, notamment le déplacement des répartitions des espèces et l'avancée de la phénologie des événements printaniers. Les oiseaux constituent un groupe de choix pour l'étude des effets du climat sur la biodiversité puisqu'ils sont sensibles aux conditions climatiques et qu'ils ont été largement étudiés dans le passé (**La croix ,2016**).

Le bassin méditerranéen, reconnu comme un hotspot de biodiversité soumis à des pressions climatiques croissantes (**Mittermeier et al., 2004**), constitue une région clé pour ce type d'études. En Algérie, et plus particulièrement dans la wilaya de Mila, l'Hirondelle rustique trouve des conditions écologiques variées, marquées par un climat semi-aride avec des étés chauds et secs et des hivers relativement humides (**Djouder et al., 2019**). Ces caractéristiques climatiques saisonnières offrent un cadre idéal pour analyser les réponses comportementales et sociales de cette espèce face aux contraintes environnementales.

La migration est un phénomène qui caractérise de nombreuses espèces animales et particulièrement les oiseaux. Elle est absolument indispensable à la survie et à la pérennité des espèces concernées car elle permet, par exemple, de trouver les ressources alimentaires. Les adaptations anatomiques et physiologiques des oiseaux réalisant des parcours de plusieurs milliers de kilomètres sont surprenantes (**Dorst, 1955**).

Les oiseaux migrateurs, tels que l'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*), représentent des modèles biologiques remarquables pour étudier l'impact des facteurs climatiques sur les stratégies sociales et reproductives. En effet, leur comportement, leur dynamique de population et leur succès reproducteur sont étroitement liés aux conditions environnementales, notamment la température et les précipitations (**Saino et al., 2004 ; Turner, 2006**). Ces paramètres climatiques influencent directement la disponibilité des ressources trophiques, la phénologie de reproduction et l'organisation sociale des colonies (**Møller et al., 2010 ; Gruebler et al., 2010**).

Dans un contexte de changements climatiques globaux, caractérisés par une augmentation des températures moyennes et une modification des régimes pluviométrique (**IPCC, 2021**),

Comprendre ces interactions devient crucial pour prédire la capacité d'adaptation des espèces aviaires.

Les oiseaux insectivores aériens, comme l'Hirondelle rustique, sont extrêmement vulnérables aux variations climatiques en raison de leur dépendance directe à l'abondance et à la disponibilité des insectes volants, eux-mêmes sensibles aux conditions météorologiques **(Robinson et al., 2007)**.

Des études antérieures ont montré que des températures basses ou des précipitations excessives réduisent considérablement l'activité des insectes, contraignant les hirondelles à augmenter leur effort de recherche alimentaire, ce qui peut affecter leur succès reproducteur et leur survie **(Grüebler et Naef-Daenzer, 2010)**. Par ailleurs, les conditions climatiques influencent également la phénologie de reproduction, le choix des sites de nidification et la dynamique des colonies, éléments clés des stratégies sociales chez cette espèce coloniale **(Møller, 2001)**.

Chez l'Hirondelle rustique, les stratégies sociales, incluant la formation de colonies, la sélection des sites de nidification et les comportements coopératifs, sont fortement influencées par les conditions locales **(Brown & Brown, 1996 ; Snapp, 1976)**.

Des études ont démontré que des températures élevées au printemps peuvent induire une reproduction plus précoce **(Dunn & Winkler, 1999)**, tandis que des précipitations abondantes peuvent réduire la disponibilité des insectes aériens, affectant ainsi la survie des poussins **(Grüebler et al., 2010)**. Par ailleurs, des conditions climatiques extrêmes peuvent modifier la structure des colonies, favorisant par exemple une plus grande tolérance entre individus lors des périodes de pénurie alimentaire **(Brown & Brown, 2004)**.

Cependant, malgré l'abondance de travaux sur l'écologie de l'Hirondelle rustique en Europe **(Møller, 1994; Turner, 2006)** et en Amérique du Nord **(Brown & Brown, 1996)**, peu d'études se sont intéressées à ces aspects dans le contexte nord-africain, et particulièrement en Algérie. Les rares recherches menées sur cette espèce dans la région se sont principalement concentrées sur sa distribution géographique et sa phénologie de reproduction **(Boukhemza et al., 2013; Adamou et al., 2015)**, laissant un vide concernant l'influence des facteurs climatiques sur ses stratégies sociales.

Cette étude vise à combler ce manque de connaissances en examinant spécifiquement l'impact de la température et des précipitations sur les stratégies sociales de l'Hirondelle rustique dans la wilaya de Mila. Nos objectifs spécifiques sont les suivants :

1. Analyser l'influence des variations thermiques sur la taille des colonies, la date de ponte et le succès reproducteur.
2. Évaluer l'effet des précipitations sur la disponibilité des proies et son impact sur les interactions sociales au sein des colonies.
3. Déterminer les stratégies d'adaptation comportementales (coopération, compétition, choix des sites de nidification) en réponse aux contraintes climatiques.

Pour répondre à ces objectifs, ce travail est organisé en quatre chapitres :

- Chapitre 1 : Revue bibliographique – Présentation de de modèle biologique l'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) et l'influence du climat sur les êtres vivants ; et divise en deux parties :
 - Partie I : Présentation de l'espèce Hirondelle rustique.
 - Partie II : L'influence du climat sur La stratégie sociale chez l'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*).
- Chapitre 2 : la présentation de la région étude la wilaya de Mila
- Chapitre 3 : Méthodologie – c'est le matériel et méthode utilise dans cette étude.
- Chapitre 4 : Résultats et discussion – présente les résultats obtenus en l'accompagnant de discussions.
- Conclusion et perspectives : Nous terminons par une conclusion élaborée à partir des résultats obtenue.

Chapitre I :
Présentation de
L'Hirondelle rustique
(Hirundo rustica)



Partie1 :

présentation d'espèce

l'Hirondelle rustique



Hirundo rustica (Linnaeus, 1758) est en effet domestiques par instinct ; elle recherche la société de l'homme malgré ses inconvénients, à toute autre société. Elle niche dans nos cheminées, à l'intérieur de nos maisons, surtout de celles où il y a peu de mouvement et de bruit (Adamou *et al.*, 2015).

C'est un oiseau qui annonce la belle saison et qui d'ailleurs rend des services réels à l'homme. Il semble au moins que ses services devraient faire sa sûreté personnelle, et cela a lieu à l'égard de plus grand nombre des hommes qui le protègent mais ils font trop souvent un amusement inhumain de le tuer ou de détruire son nid (Adamou *et al.*, 2015).

Par ce biais, les hirondelles nous délivrent des charançons et de plusieurs autres insectes destructeurs de nos potagers, de nos moissons, de nos forêts, et que ces insectes se multiplient dans un pays, et nos pertes avec eux, en même proportion que le nombre des hirondelles et autres insectivores y diminuent. (Adamou *et al.*, 2015).

1. Morphologie de L'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) :

L'Hirondelle rustique appartient à l'ordre des passériformes, à la famille des hirundinidés, au genre *Hirundo* et à l'espèce *rustica*. Elle est également connue sous le nom de l'Hirondelle de cheminée ou l'Hirondelle des granges. Elle se caractérise par une silhouette gracieuse et élancée de 19 cm de long pour un poids de 20 g (Andrews 1984, Møller 1994), des ailes longues, triangulaires et effilées, un cou peu prononcé et une queue nettement échancrée (creusée en forme de V), (Ambrosini, 2000).

L'adulte possède un plumage contrasté, le dessus est bleu-noir uniforme aux reflets métalliques et le dessous du corps va du blanchâtre au roussâtre. Le front et la gorge sont rouge foncé avec un collier bleu noir forme une bande pectorale qui tranche nettement avec la poitrine allant du blanchâtre au roussâtre (Turner 2010).

La queue présente des rectrices externes très allongées appelées « filets » qui mesurent jusqu'à 106 mm chez le mâle et 84 mm au maximum chez la femelle (Pyle 1997), le dessus de la queue est marqué d'une rangée de petites taches blanches à proximité de l'échancrure, bien visibles lorsque l'oiseau étale ses rectrices. Le bec et les pattes de faible taille sont noirs (Turner ; 2010).

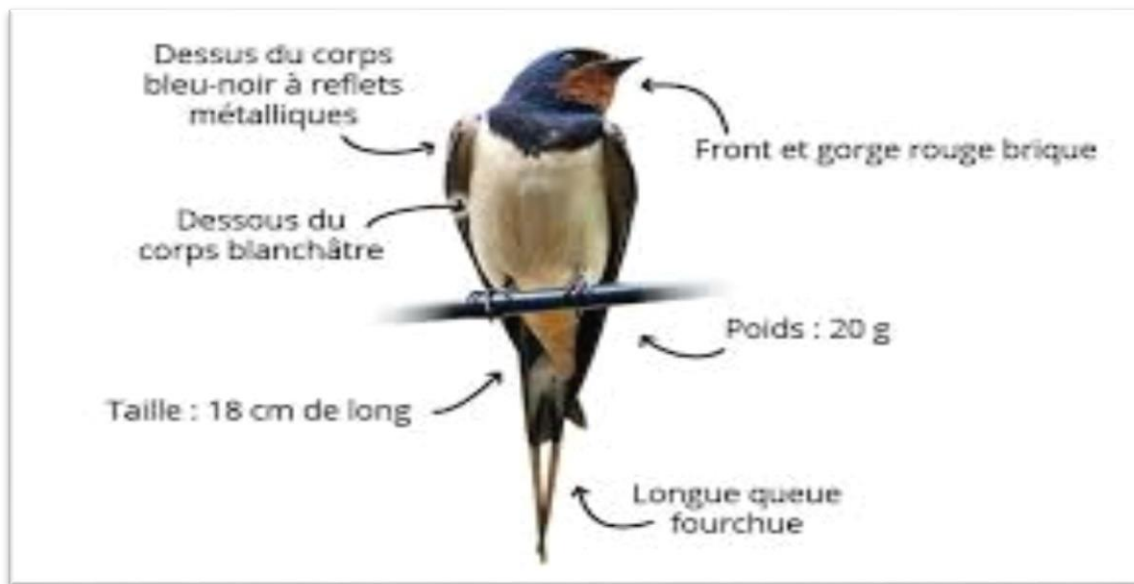


Figure 1 : l'Hirondelle rustique [1]



Figure 2: hirondelle rustique (cliché personnel)

2. Taxonomie et Systématique :

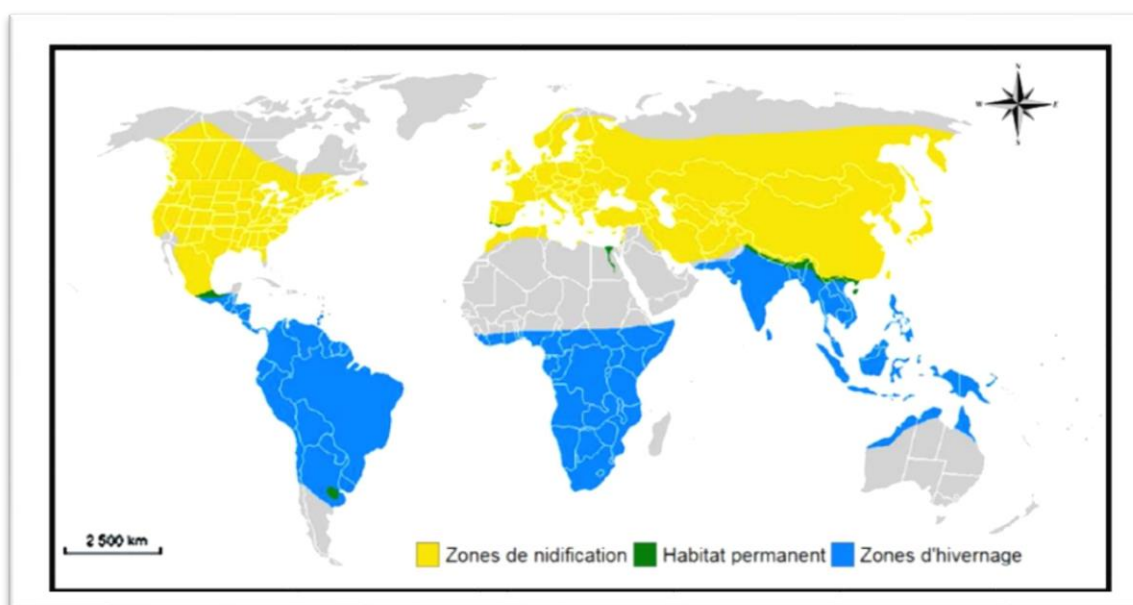
L'Hirondelle rustique est également connue sous le nom de l'Hirondelle de cheminée ou Hirondelle des granges appartient au genre *Hirundo* et à l'espèce *rustica* (**Andrews 1984 ; Møller, 1994**), Ce espèce que nous aurons étudié est régulièrement observée dans la région de Mila et y niche

Tableau 1: La classification des hirondelles rustiques (Adam *et al.*, 2015).

Règne	<i>Animal</i>
Phylum	<i>Chordés</i>
Classe	<i>Aves</i>
Ordre	<i>Passeriformes</i>
Famille	<i>Hirundinidae</i>
Genre	<i>Hirundo</i>
Espèce	<i>Rustica</i>

3. La répartition de l'espèce :

L'Hirondelle rustique est une espèce de distribution holarctique se reproduit dans tout l'Europe en Amérique du nord, en Afrique du nord et en Asie, de la Turquie jusqu'à la bassine de l'énissér (Sibérie), ainsi que dans l'ouest de la Chine. Elle est absente des régions arctiques et de hautes montagnes (Vansteenwegen, 1988).

**Figure 3 :** Aire de répartition de l'Hirondelle rustique (Cramesnil, 2011).

3.1. L'habitat et la migration du L'Hirondelle rustique :

La sous-espèce *Hirundo rustica*, qui se reproduit en Europe et en Asie, entre le cercle polaire au nord, le nord de l'Afrique, le Moyen-Orient et le Sikkim au sud et le fleuve Ienisseï à l'est. **(Cramp 1988 ; Møller 1994)**

Principalement campagnarde, l'Hirondelle rustique niche à l'intérieur de bâtiments ruraux tels que des étables ou des granges, sur le long de poutres situées à hauteur d'homme. Cette espèce étant sociable, plusieurs couples peuvent se regrouper sur un site de nidification à fort potentiel sachant que les nids sont espacés d'au moins 1 mètre.

En hiver, elle migre vers l'Afrique, la péninsule Arabe et le sous-continent indien. Les hirondelles qui hivernent en Afrique du Sud viennent de toute l'Eurasie depuis des longitudes pouvant atteindre 91 degrés de latitude et, et ont parcouru jusqu'à 11 660 km lors de leur migration **(Ligue pour la protection des oiseaux : L.P.O. 2002)**.

4. Régime alimentaire :

L'Hirondelle est strictement insectivore. Elle se nourrit essentiellement d'insectes aériens individuellement ou par petits groupes en vol au-dessus des terres ouvertes et des eaux libres, elle ne dépasse pas les 10 m au-dessus du sol et deçà de 1 m **(Béal, 1918 ; Savignac, 2011 ; Brown et Brown, 1999)**.

Elle peut chasser jusqu'à 400 à 500 mètres aux alentours de son nid **(Møller, 1987 ; Ambrosini et al., 2002)**.

La population des Hirondelles rustiques se classe parmi les oiseaux qui ont une grande importance écologique et économique par leur régulation du nombre d'insectes nocifs dans milieu, car une nichée nécessite environ 120000 mouches au minimum par saison **(Manco et al., 2010)**.

Ce régime alimentaire varie en nombre et en espèce selon la période de l'année **(Turner, 2006)** qui change selon la disponibilité des proies et selon les conditions environnementales et les conditions climatiques journalières **(Schulze Hagen, 1970 ; Turner, 1982 ; Turner, 2006)**.

La composition spécifique du régime alimentaire dans le nord-africain et selon **Sakraoui et al., (2012)** et essentiellement de Diptères, d'Hyménoptères, des coléoptères, des hémiptères, des orthoptères et enfin des odonates.

Une étude du régime alimentaire de l'Hirondelle rustique faite par Doumandji en 1988 à Bordj el Kiffan révèle que cette espèce mange des insectes composés de 57,4% d'Hymenoptera, 32,3% de Coleoptera, 6,6% d'Homoptera, 3,6% de Diptera et 0,1% regroupes les odonates, Orthoptera et Lipedoptera.

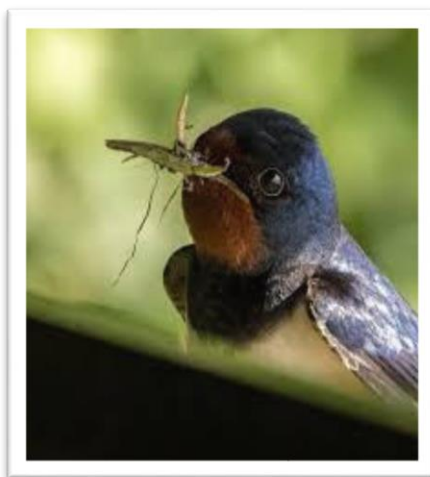


Figure 4: Hirondelle et une libellule [2]

5. Cycle de reproduction de L'Hirondelle rustique :

Le cycle de reproduction de l'Hirondelle comprend la formation du couple, l'accouplement, la construction du nid, la formation de l'œuf, la ponte, la couvaison et l'élevage des oisillons (**Møller 1985,1987**) ces activités peuvent différer dans leur durée et leur coût énergétique (**Ricklefs, 1974 ; Bryant et Westerterp 1980 ; Ettinger et King, 1980**).

5.1. L'arrivée :

Les Hirondelles rustiques sont des oiseaux migrateurs qui passent leur période d'hivernage dans la partie centrale de l'Afrique, la première arrivée au site de nidification est enregistrée durant le mois d'avril dans la plupart des aires de nidification (**Møller ,1994**).

Ce sont les mâles qui arrivent les premiers dans l'aire de nidification, les femelles les rejoignent plus tard et les trouvent déjà prêts pour la reproduction (**Tompson ,1992**).

Des études sur les hirondelles ont montré que la date d'arrivée est liée à l'âge. L'étude de **Thompson et al., (1988)** montre que les individus les plus âgés arrivent tôt que les jeunes couples, la date d'arrivée précoce favorise une plus longue saison, un bon accès aux sites les plus favorables et une bonne accumulation de réserve avant l'initiation de la ponte et elle est significativement corrélée avec la date de ponte du premier œuf (**Thompson et al., 1988**)

5.2. La construction du nid :

L'Hirondelle est une espèce migratrice qui s'installe dans nos régions à partir du printemps pour se reproduire (**Daoudi, 2005**). Dès leur arrivée, une fois les couples formés, les individus vont s'affairer à la construction des nids (**Brugiere, 1996**).

L'Hirondelle rustique construit son nid principalement à l'aide de boulettes de boue mélangées à de la salive, qu'elle façonne en coupe contre des surfaces verticales (sous des corniches, dans des bâtiments ou des grottes). Les matériaux végétaux, comme des brins d'herbe ou des plumes, sont souvent incorporés pour renforcer la structure et améliorer l'isolation (**Turner, 2020**). La sélection des sites de nidification est influencée par la disponibilité en boue et la protection contre les prédateurs, avec une préférence pour les zones abritées des intempéries (**Møller, 2019**). Les deux parents coopèrent dans la construction : les mâles collectent principalement la boue, tandis que les femelles arrangent les matériaux (**Soler et al., 2022**). La qualité du nid peut affecter le succès reproducteur, notamment en réduisant les risques d'effondrement ou de parasitisme par le coucou (**Ágh et al., 2021**).

Le nid adopte une forme hémisphérique, avec une ouverture circulaire située dans sa partie supérieure. Cette entrée étroite facilite la défense contre les prédateurs et empêche l'intrusion d'autres oiseaux, notamment les compétiteurs ou les parasites de couvée comme le coucou gris (*Cuculus canorus*) (**Møller, 2019**).

Comme la boue utilisée est prélevée principalement au bord des mares, des étangs ou des rivières, et qu'elle n'est abondante qu'après les pluies, les hirondelles synchronisent souvent leur nidification avec les périodes humides (**Turner, 2020**). Des observations montrent que plusieurs couples peuvent travailler simultanément sur des nids voisins, exploitant ainsi les mêmes sources de matériaux (**Soler et al., 2022**).

Pendant l'édification, la femelle joue un rôle clé dans le façonnage final : elle lisse les parois avec son bec et son corps pour créer une surface sûre pour les oisillons (**Ágh et al., 2021**).

L'intérieur du nid est tapissé d'une couche de plumes, ce qui améliore à la fois le confort et l'isolation thermique) (**Moreno et al., 2023**).



Figure 5: La construction des nids de l'Hirondelle rustique [1]

5.3. La période de départ :

Est plus étalée. Elle a lieu, en septembre pour la plupart des hirondelles rustiques. Pour une même espèce, il y a des oiseaux précoces et des retardataires, l'Hirondelle rustique voit des jeunes partir dès juillet tandis que d'autres individus sont encore aperçus en novembre ! Le départ d'une population d'un village est souvent précédé de « préparatifs » : vols et cris particuliers (Isenmann, 2000).

5.4. La reproduction :

Chez les hirondelles, l'accouplement a lieu dix jours avant l'initiation de la ponte (Møller, 1985), et la ponte commence en moyenne 16 jours après les formations du couple (Møller, 1994).

5.4.1. La ponte des femelles hirondelles :

Quelques jours plus tard du couplement des hirondelles, la femelle pond un premier œuf. Elle en pondra entre trois et cinq autres, à raison d'un par jour. Elle attendra d'avoir pondu le dernier œuf avant de commencer à couvrir. La grandeur de ponte varie entre 2 à 7 œufs blancs tachetés de roux par femelle (Cramp, 1988).

5.4.2. La couve des œufs :

La femelle couvrera ses œufs 15 jours durant, un peu moins s'il fait beau et un peu plus si le temps est froid. La durée d'incubation varie entre 11 à 21 jours (Perrins et Cuisin 1987), la femelle ne les quittant que pour aller s'alimenter, car le mâle ne la nourrit pas pendant la durée de l'incubation (Sakraoui, 2012).



Figure 6: La couve des œufs chez hirondelle rustique (cliché personnel)

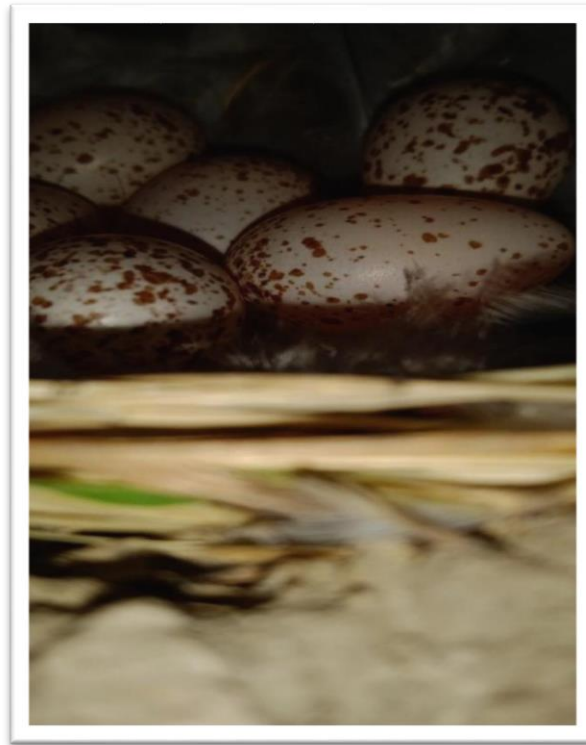


Figure7: L'incubation des œufs (cliché personnel)

5.4.3. L'éclosion :

Deux semaines plus tard, la femelle de l'Hirondelle aura le bonheur d'assister à l'éclosion de ses œufs. Il sortira de chacun d'eux un petit poussin tout laid et tout fripé, sans l'ombre d'une plume. Leur mère continuera de les couvrir comme s'ils n'avaient jamais éclos (**Daoudi, 2005**).

Petit à petit, la mère couve de moins en moins ses petits, pendant que le père fait la navette pour donner la becquée aux petits affamés. Bientôt, la femelle le rejoindra dans ses allers et retours (**Schmid, 1995**).

Les pullis grandissent et quittent le nid au bout de 20 jours (**Cramp, 1988**).



Figure 8: Le nourrissage des poussins hirondelles [3]

A partir de ce jour, les jeunes hirondelles sont nourries, toujours à la becquée, mais depuis un perchoir et non depuis le nid. Elles commencent à chasser, mais le gros de leur nourriture est toujours fourni par leurs parents. Puis, soudainement, le couple chasse ses enfants, ne les laissant plus approcher trop près du nid. Dès le milieu du mois d'août, les premières hirondelles commencent à quitter le pays (**Brugiere, 1996**).



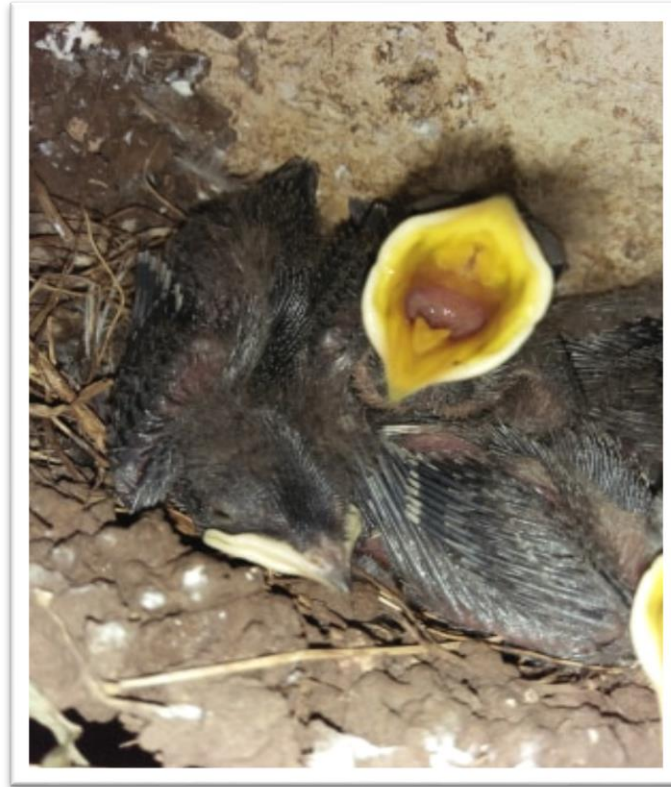


Figure 9 : Les petits poussins de l'Hirondelle rustique (cliché personnel)

6. Méthodes de suivi des migrants :

Pour mieux connaître les Hirondelles migratrices et ainsi mieux les protéger, il existe différents outils de suivi, complémentaires à l'observation directe : baguage, radar ou balises Argos et GPS.

a) Le baguage :

L'un des outils les plus utilisés pour étudier les migrations aviaires est le baguage. Cette méthode consiste à fixer une bague métallique ou en plastique, portant un numéro unique, à la patte d'un oiseau. Si l'individu est recapturé ultérieurement ou si son numéro est lu à distance (grâce à des jumelles ou des caméras haute résolution), les données peuvent être transmises à des centres de recherche comme le Centre de Recherches sur la Biologie des Populations d'Oiseaux (CRBPO) en France ou l'USGS Bird Banding Laboratory aux États-Unis, révèlent également des informations cruciales sur la longévité des oiseaux, leur taux de survie et les changements phénologiques liés au réchauffement climatique (**Robinson et al., 2020**). Ces informations permettent de retracer les déplacements migratoires, d'estimer les distances parcourues et même d'évaluer l'espérance de vie des espèces (**Haas & Bridge, 2021**).

Le baguage a permis des découvertes majeures, comme les trajets intercontinentaux des hirondelles ou les records de longévité chez les oiseaux marins. Aujourd'hui, cette technique est souvent complétée par des balises GPS miniatures, offrant une précision accrue dans le suivi des migrations (**McKinnon & Love, 2023**).



Figure 10: les bagues de l'Hirondelle rustique (**MHNF, 2015**)

b) Suivi satellitaire :

Dès les années 50, le radar est également utilisé dans la recherche sur la migration. Il permet de suivre des oiseaux sur de courtes distances et d'estimer les flux migratoires. Mais c'est depuis les années 90 que les principales innovations sont intervenues, avec notamment l'arrivée des balises satellitaires qui permettent de tracer des oiseaux en continu et avec une précision étonnante. Pour les passereaux trop petits pour être équipés de balises, des géo localisateurs permettent d'estimer leur position : la longitude et la latitude peuvent être calculées à partir de la date et de la durée du jour, mais avec une faible précision. Cette méthode nécessite de recapture les mêmes oiseaux pour obtenir les données (**MHNF, 2015**).

7. Les risques potentiels :

De nombreuses menaces pèsent sur l'Hirondelle rustique, bien que cette espèce ne figure pas sur la liste Rouge des oiseaux menacés de France (**Rocamora et Yeatman, 1999**) en raison de la méconnaissance de son statut à l'époque. Les informations récentes démontrent l'ampleur du déclin que subissent les populations, en raison des menaces et de la dégradation globale des habitats

7.1. La prédation :

La prédation est un phénomène naturel qui joue un rôle dans la survie de l'Hirondelle c'est le prédateur **(Weiserbs et al., 2007)**.

L'homme est l'une des menaces principales qui pèsent sur les Hirondelles rustique et cela est évident dans les points suivants qui expliquent l'impact anthropique :

- Destruction des nids par l'homme à cause de la pollution des espaces (établissement, habitation) provoqué par les feints de ces oiseaux.
- Destruction des nids lors des réparations des établissements.
- Destruction des nids par les enfants au cours de capture les oisillons.

Le deuxième prédateur qui menace l'habitat des Hirondelles rustiques c'est le moineau, qui peut apparaître comme de féroces concurrents, car il déloge parfois les Hirondelles de leur nid afin de l'occuper. C'est généralement la femelle qui se charge de repère le moment où les deux parents hirondelles sont absents pour s'installer confortablement dans leurs nids **(Mercier, 2004)**.

Les troisièmes prédateurs qui exercent une pression importante sur les effectifs c'est le prédateur ornithophage Malgré la rapidité et l'agilité de son vol, le Faucon Hobereau la capture en plein vol. Les rapaces nocturnes font aussi partie de ces chasseurs **(Weiserbs et al., 2007)**.

7.2. Réduction des ressources alimentaire :

L'emploi des pesticides en particulier les insecticides a entraîné une diminution de la quantité d'insectes à tous les niveaux des écosystèmes, et spécialement la densité de ce que l'on appelle le plancton aérien, dont se nourrissent presque exclusivement les Hirondelles. Bien connue, elle est documentée depuis une trentaine d'années **(Bryant, 1975)**.

7.3. Le changement climatique :

La modification du régime climatique sur le long terme peut aussi générer des effets encore mal connus. Ainsi la NAO (Oscillation Nord-Atlantique), régime atmosphérique particulier sur l'Atlantique Nord, va-t-il un effet sur la reproduction des oiseaux en Europe et, notamment, l'Hirondelle rustique **(Møller, 2002)**. L'augmentation des températures estivales peut sans doute avoir des effets sur la reproduction, à la fois positifs (augmentation des ressources alimentaires, allongement de la période de reproduction) et négatives (sécheresse, hyperthermie des juvéniles au nid) **(Refuge, 2002)**.

8. Mesures de conservation :

Les menaces influant sur les effectifs des Hirondelles, sont multifactorielles. Sur certaines d'entre-elles comme les menaces naturelles (conditions météorologiques, migration) il est impossible d'avoir un impact. Par contre sur d'autres nous pouvons agir grâce à des mesures simples et peu coûteuses (**Refuge, 2002**).

Sur les zones d'hivernage, les associations internationales (**Bird life international**) interviennent dans les zones menacées par des actions ciblées avec l'appui d'antennes locales. Les Hirondelles en colonisant les habitations, sont tributaires du bon vouloir des hommes (**Huart, 2004**). Aujourd'hui où tout doit être "propre en ordre", les problèmes de cohabitation sont très présents (**Delaloye et Posse, 2013**).

Afin de favoriser les Hirondelles, il est impératif de maintenir des milieux favorables proches de l'état naturel à proximité des colonies, où elle pourra s'approvisionner en insectes : prairies fleuries, arbres, buissons. Dans les villes, il faut maintenir des espaces verts toitures végétalisées, jachères, talus (**Schwarzenbach et al., 2014 ; Delaloye et Posse, 2013**). Il est essentiel de bannir l'utilisation de tout insecticide ou herbicide par les particuliers dans les jardins familiaux (**Seidel, 2014**).

Comme c'est une « maçonne », il est important qu'elle puisse avoir accès à des matériaux d'avril à juin pour construire son nid. Au vu du bétonnage des chemins, les endroits humides (flaques d'eau, étangs, rivages de rivières), les zones de terre nue et les chemins de terre sont autant de lieux où elle pourra s'approvisionner. Les chantiers de construction sont de bons << fournisseurs » en boue, mais temporaires (**Carels, 2008**).

Afin de fournir des matériaux, il est aussi possible d'installer des bacs à boue dans des endroits bien dégagés (**Schwarzenbach et al., 2014**). Le contenu est fait de marne, de calcaire et de terre glaise.

Quand la matière manque, il est possible de remédier à ce problème par la pose de nichoirs artificiels. Le taux de colonisation de ces nichoirs est très satisfaisant et parfois supérieur aux nids naturels. Pour protéger les façades et éviter les salissures dues aux fientes des poussins, il est possible d'installer des planches planchettes de protection et de les nettoyer après le départ des Hirondelles (**Seidel, 2014**).

Les constructions actuelles ne permettent plus aux Hirondelles de nicher. En effet l'architecture moderne privilégie les constructions vitrées, les murs en béton, les toits plats. Les Hirondelles

ont besoin de murs rugueux et d'avant-toits sous lesquels fixer leur nid. Afin de pallier le manque de lieux de nidification ou de déplacer une colonie, il est possible d'installer une tour à Hirondelles (**Adriens, 2011**).

Avant d'entreprendre toutes ces mesures, il est important de sensibiliser et d'informer la population par différents canaux de diffusion brochures, tout ménage, conférences ou autres moyens. Afin de toucher un maximum de personnes, il faut que les actions entre prelatées dans les médias (presse écrite, radio, TV) et sur les réseaux sociaux (**Huart, 2008**).

On constate que l'impact de ces campagnes de sensibilisation est positif et fédérateur. La population se responsabilise et agit en fonction de ses connaissances et de ses moyens (**Adriens, 2011 ; Brochet, 2012 ; Seidel, 2014**).

Partie 2 :

***L'influence du climat (T,
pp) sur la stratégie sociale
chez l'Hirondelle***



1. Définition de climat :

Les définitions du climat sont nombreuses, une définition plus large est donnée par l'encarta « l'ensemble des phénomènes météorologique qui se produisent au-dessus d'un lieu dans leur succession habituelle » (**Sealey, 1979**). Le climat désigne les conditions générales du temps et ce que l'on prévoit à cet égard. On peut envisager cette notion comme une condition locale ou l'appliquer à de plus vastes régions ou à la planète entière. « Le climat est le résultat de plusieurs années de tous les phénomènes atmosphériques observés dans un endroit particulier » (**Sealey, 1979**). Le climat diffère de la météorologie qui ne décrit que les conditions à court terme de ces variables dans une région donnée. Le climat se décompose en microclimat, méso-climat et macroclimat. Le climat est dépend :

1. De sa position en latitude du lieu.
2. De sa circulation atmosphérique générale.
3. Et des conditions de l'environnement.

2. L'influence du climat sur la stratégie sociale de l'Hirondelle rustique :

L'influence du climat sur les comportements sociaux de l'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) est un sujet central dans l'étude de l'écologie comportementale et des stratégies de reproduction de cette espèce migratrice. Le climat affecte de manière significative les ressources alimentaires, la synchronisation de la reproduction et les interactions sociales au sein des colonies. Le principal impact climatique réside dans la variation des ressources alimentaires disponibles, notamment les insectes, dont la quantité est fortement influencée par les conditions climatiques locales (**Both et al., 2004**).

L'adaptation de l'Hirondelle rustique aux changements climatiques se manifeste dans la flexibilité de sa reproduction. Les hirondelles ajustent le timing de leur reproduction en fonction des fluctuations climatiques, notamment de la température et des précipitations, qui affectent la disponibilité des insectes pour le nourrissage des jeunes (**Both et al., 2006**). Ainsi, dans des conditions climatiques favorables, les hirondelles peuvent avancer la période de reproduction, tandis que dans des conditions moins optimales, la reproduction peut être retardée, ou les taux de survie des jeunes peuvent être réduits. Cette plasticité permet à l'espèce de maximiser ses chances de succès reproducteur en alignant la naissance des oisillons avec le pic de disponibilité des ressources alimentaires.

Les conditions climatiques extrêmes, telles que les vagues de chaleur ou les périodes de sécheresse, peuvent entraîner une compétition accrue pour les ressources et affecter la structure sociale des colonies. Durant ces périodes, les interactions sociales entre les membres de la colonie peuvent devenir plus compétitives, avec une hiérarchisation marquée pour l'accès aux meilleures zones de nidification et à la nourriture. Les individus dominants, qui occupent les meilleurs sites de nidification, peuvent ainsi augmenter leur succès reproducteur, tandis que les individus subordonnés risquent de voir leur réussite reproductrice diminuer (**Møller et al., 2008**).

Le climat affecte aussi le comportement migratoire de l'Hirondelle rustique. La température et la durée de la période de reproduction influencent le moment de la migration. En période de réchauffement climatique, certaines populations d'hirondelles modifient leurs trajectoires migratoires ou leurs dates de départ en réponse aux conditions météorologiques changeantes et à la disponibilité des insectes. Cette flexibilité migratoire permet à l'Hirondelle de s'adapter à des changements rapides dans son environnement (**Both et al., 2010**).

3. la stratégie sociale chez l'Hirondelle rustique :

L'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*), espèce emblématique des zones rurales et urbaines, est un oiseau migrateur qui illustre des comportements sociaux complexes. Ses stratégies sociales, qui incluent des comportements coopératifs et compétitifs, varient selon les conditions écologiques, climatiques et anthropiques.

1. Structure des groupes sociaux et colonialité :

L'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) se distingue par sa tendance à nicher en colonies, bien que certaines populations adoptent une stratégie de nidification plus solitaire en fonction des conditions locales. La colonialité présente plusieurs avantages significatifs pour cette espèce. Les colonies permettent une protection collective accrue, car la vigilance des nombreux individus réduit le risque de prédation. En effet, la détection précoce des prédateurs est facilitée par la présence de multiples observateurs, renforçant ainsi la sécurité des nids et des oisillons. De plus, la vie en colonie favorise le partage d'informations entre les individus, notamment concernant la localisation des ressources alimentaires, ce qui peut améliorer les chances de survie dans des environnements variables (**Brown & Brown, 1996**).

Cependant, la vie en groupe n'est pas sans inconvénients. La densité élevée des nids dans les colonies peut entraîner une augmentation des risques de transmission de parasites et de

maladies, compromettant ainsi la santé des individus et des jeunes. La compétition pour les sites de nidification de qualité est également un coût important de la colonialité. Les sites les mieux protégés ou les plus favorables à la reproduction sont souvent monopolisés par les individus dominants, laissant les subordonnés dans des situations moins avantageuses (**Safran, 2004**).

2. Stratégies reproductives et coopération parentale :

Chez l'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*), les stratégies reproductives sont étroitement liées à la coopération entre les parents, ce qui constitue un élément fondamental de leur succès reproducteur. Les deux parents jouent un rôle actif dans le soin des jeunes, partageant les tâches de nourrissage et de protection. Cette coopération parentale est essentielle pour maximiser la survie des oisillons, particulièrement dans des environnements où les ressources alimentaires peuvent être limitées. Par exemple, dans des conditions climatiques défavorables, les parents augmentent leur effort de nourrissage pour compenser une disponibilité réduite des insectes, qui constituent leur principale source de nourriture (**Turner, 2006**).

Une caractéristique intéressante chez cette espèce est la plasticité de ses stratégies reproductives. Les hirondelles rustiques peuvent ajuster leur effort parental en fonction des contraintes environnementales, comme les variations saisonnières de la disponibilité alimentaire ou les perturbations climatiques soudaines. Cette capacité d'ajustement témoigne d'une forte résilience écologique et comportementale. De plus, certaines observations indiquent la présence d'individus auxiliaires dans les colonies, qui aident à nourrir les jeunes, bien qu'ils ne soient pas les parents directs. Ce comportement de coopération interindividuelle peut accroître le succès reproducteur global de la colonie (**Safran, 2004**).

La fidélité au site de nidification est également un aspect notable des stratégies reproductives de l'Hirondelle rustique. Les mâles investissent beaucoup d'énergie dans la défense des sites de nidification, car ceux-ci influencent directement leur capacité à attirer des partenaires reproductrices. Les sites de nidification de haute qualité, souvent bien abrités ou proches de ressources abondantes, sont très recherchés, ce qui conduit à une forte compétition entre les individus (**Møller, 1994**).

3. Migration et regroupement :

Pendant la migration, les hirondelles rustiques adoptent une stratégie sociale collective. Elles voyagent en grands groupes, réduisant ainsi les risques de prédation et augmentant leurs chances de localiser des ressources alimentaires. Les dortoirs massifs dans les zones

d'hivernage jouent également un rôle clé en favorisant la conservation d'énergie et en offrant une protection accrue contre les prédateurs nocturnes (Evans *et al.*, 2012).

4. La communication sociale :

La communication sociale est un autre aspect important de leur stratégie. Les mâles utilisent des chants complexes pour défendre leur territoire et attirer les femelles, tandis que les cris d'alarme alertent les membres des colonies en cas de danger. Une hiérarchie sociale bien définie se forme au sein des colonies, où les mâles dominants occupent les meilleurs sites de nidification et attirent davantage de partenaires reproducteurs (Safran, 2007).

5. Adaptabilité aux changements climatiques :

L'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) montre une remarquable capacité d'adaptation aux changements climatiques, un facteur clé pour sa survie dans des environnements de plus en plus perturbés. Les fluctuations de température, les variations de précipitations et les phénomènes climatiques extrêmes affectent directement la disponibilité des ressources alimentaires, principalement les insectes, qui constituent leur principale source de nutrition. En réponse à ces changements, l'Hirondelle rustique adapte ses comportements reproducteurs, migratoires et sociaux pour maximiser ses chances de succès.

L'une des réponses les plus évidentes aux variations climatiques est le décalage des périodes de reproduction. Les hirondelles peuvent ajuster leur calendrier de reproduction en fonction des conditions environnementales. Par exemple, des températures printanières plus tôt dans l'année peuvent entraîner une reproduction plus précoce, tandis que des conditions plus froides ou des sécheresses peuvent repousser la période de reproduction ou entraîner un échec reproducteur si les ressources alimentaires sont insuffisantes (Møller *et al.*, 2001).

Ces ajustements permettent à l'espèce de maximiser le succès de la reproduction en alignant la naissance des oisillons avec les périodes de pic de la disponibilité des insectes, une stratégie qui favorise la croissance rapide des jeunes.

En outre, la migration, un autre aspect fondamental de l'adaptabilité des hirondelles, est également influencée par les changements climatiques. Les hirondelles rustiques ajustent le timing de leur migration en réponse aux conditions météorologiques et aux variations des ressources alimentaires. Par exemple, elles peuvent choisir de migrer plus tôt ou plus tard en fonction des conditions de température et d'humidité qui influencent la disponibilité des

insectes, ou encore adapter leur trajectoire migratoire pour éviter des conditions extrêmes telles que des vagues de chaleur ou des sécheresses prolongées (**Both et al., 2010**).

L'Hirondelle rustique a également montré une capacité à exploiter des habitats anthropisés en réponse à des perturbations climatiques. L'urbanisation et la construction de structures humaines offrent des opportunités pour la nidification et la recherche de nourriture, surtout dans des régions où les conditions naturelles deviennent moins favorables en raison du changement climatique. L'utilisation de ces habitats urbains a permis à certaines populations d'hirondelles de survivre et de se reproduire dans des environnements modifiés par l'homme (**Møller et al., 2011**).

Chapitre II : ***Présentation de la*** ***région D'étude***



1. La situation géographique :

La wilaya de Mila se situe au Nord-est de l'Algérie à 464 m d'altitude, et à 73 km de la mer Méditerranée. Elle fait partie de l'Est de l'Atlas tellien, par une chaîne de montagnes qui s'étend d'ouest en est sur l'ensemble du territoire nord du pays (ANDI, 2013).

Elle occupe Une superficie totale de 9 375 km².km² soit de 0,14% de la superficie totale du pays pour une population qui s'élevait en décembre 2011 à 810370 habitants, soit une densité de 90,75 habitants par km². C'est en découpage administratif de 1984, que Mila a été décomposé en 32 communes (Chaalal, 2012)

La wilaya de Mila est limitée par 5 wilayas :

- Au Nord-ouest par la wilaya de **Jijel**.
- Au Nord-est par la wilaya de **Constantine** et **Skikda**.
- À l'Ouest par la wilaya de **Sétif**.
- Au Sud-est par la wilaya **D'Oum-El Bouaghi**.

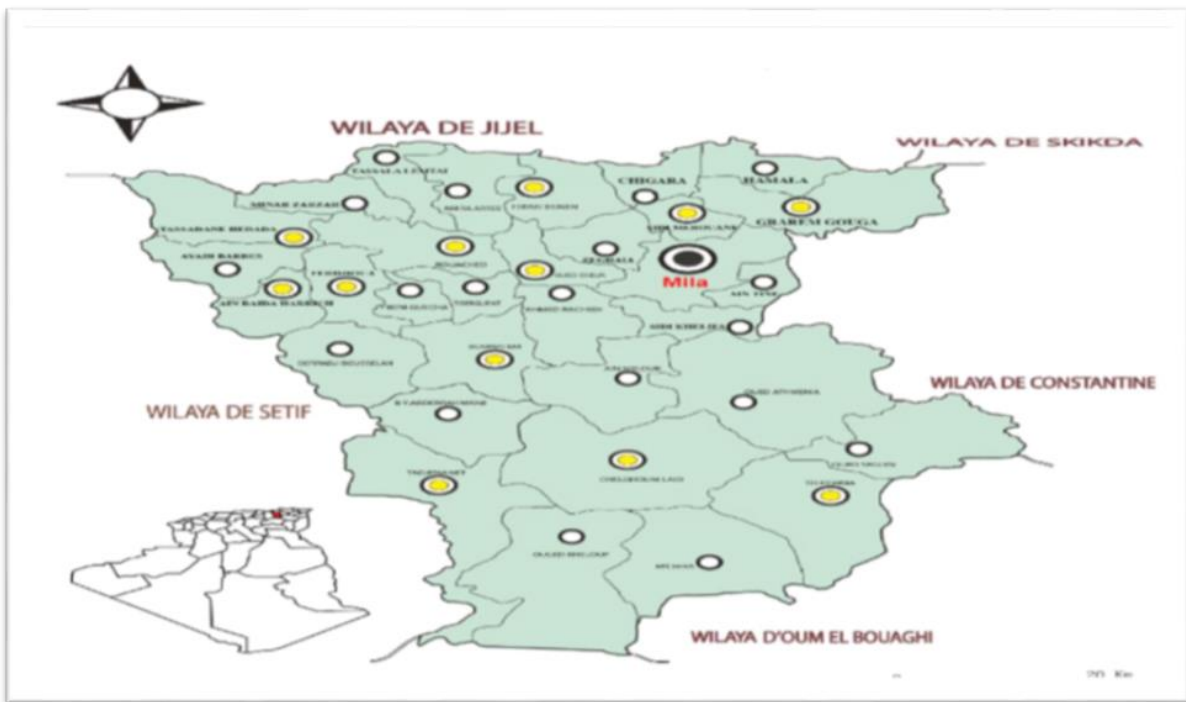


Figure 11 : Situation géographique et limites de la wilaya de Mila (CETIC, 2009).

La wilaya de Mila est située entre deux grands pôles économiques, Constantine et Sétif, elle est traversée par une liaison routière d'importance nationale. Il fait partie des bassins versants de l'Oued El Kébir et Oued Endja. Ces derniers se localisant dans la chaîne Tellienne orientale, couvrent une superficie de 216.000 hectares et représentent une région intermédiaire entre le domaine Tellien à très forte influence méditerranéenne au Nord et un domaine à très forte influence continentale au Sud. Cette situation géographique confère à la commune de Mila une position du carrefour d'échange et de transit très dynamique entre le nord montagneux et hautes plaines au Sud-est et donne à l'agglomération chef-lieu plusieurs atouts pour jouer un rôle moteur dans l'armature urbaine future de la région (**Anonyme, 2012**)

2. Les facteurs édaphiques :

Les facteurs édaphiques comprennent toutes les propriétés physiques et chimiques du sol, et qui ont d'une manière ou d'une autre une action écologique sur les êtres vivants.

2.1. Ressource en sol :

La région de Mila se distingue par des sols bruns clairs vertiques à structure argileuse bruns, la surfaces et brun ocreux en profondeur ; parfois bruns clairs ; la structure de ces sols est moyenne à fine en surface et plus fine en profondeur. Ces sols sont riches en potassium échangeable, et pauvres en phosphore assimilable. Aussi la présence du calcaire en forte teneur dans ces sols (**Belattar, 2007**). La majorité des sols observés sont acides (**Berkal et Elouaere, 2014**).

Les caractéristiques spécifiques de ces sols sont :

- Forte rétention en eau avec une capacité maximale.
- Apparition de fentes de retrait en périodes sèches.

2.2. Les reliefs :

La région de Mila se caractérise par un espace géographique très diversifié avec un relief complexe et irrégulier et profondément disséqué par un réseau hydrographique dense.

Cependant, et selon **Zouidia (2006)** et **Anonyme (2009)** on distingue trois espaces différents dans la région :

- Au Nord, un ensemble de hautes montagnes, caractérisé par les altitudes très élevées et des Pentes excessivement marquées ;
- Au centre, un ensemble associant vallées – collines et piémonts, voire même quelques hauts

Versants ;

- Au sud, un ensemble de hautes plaines (plaines et collines)

-Une zone montagneuse : Ornée d'une succession de massifs montagneux (massifs telliens), s'étalant sur les territoires des communes de Hamala, Chigara, Terrai Beinen, Amira Arres, Tessala Lemtai, Minar Zaraza et Tassadane Haddad. Les points culminants de cette zone sont les suivants :

-Djebel Tamezguida : 1600 m

-Djebel M cid Aicha: 1400 m

-Djebel Zouagha: 1300 m

-Djebel Bouafroum : 1300 m

❖ **Une zone de Piémonts et collines :**

Constituant la région centrale du piémont Sud Tellien, qui couvre la quasi-totalité des Daïra de Ferdjioua, Oued- Endja et la commune de Grarem Gouga.

Elle est composée de :

- Plaines intra-montagneuses dans la région de Ferdjioua, Oued- Endja dont l'altitude Moyenne est de 400 m.

- Collines et les piémonts situés dans la partie Est de la wilaya sont limités au Nord par la Région montagneuse.

Au sud, ils forment la limite des hautes plaines. Il s'agit, de collines présentant un relief montagneux très désordonné.

- la région des hauts piémonts qui forment au Nord- Ouest. Le prolongement des reliefs telliens, concerne la dépression de Ferdjioua, Oued- Endja et s'étend de la commune de Derradji Bousselah jusqu'à Sidi Khalifa et Ain Tine.

- La dépression de Mila est formée par un ensemble de basses collines (de 500 à 600 m d'altitude), et de massifs isolés à savoir les djebels Akhel, Boucharef, Ouakissen et le massif d'Ahmed Rachedi.

❖ Une zone Sud de hautes plaines :

Caractérisée par des pentes douces (inférieur à 12,5%), couvrant presque la totalité de La Daïra de Chelghoum Laid et les vastes plains céréaliers de Tadjenanet et Teleghma, Dont l'altitude moyenne est généralement comprise entre 800 et 900 m, émergent les Massifs montagneux isolés, tels que **(Zouaidia, 2006)** :

-Kef Lebiod 1 408 m

-Djeble Lehmam 1 237 m

-Djeble Tarioulet 1 285 m

-Djeble Grouz 1 187 m

-Kef Isserane 1 276 m

-Djeble meziout 1 127 m

-Djeble Gherour 1 271 m

-Djeble Tarkia 1 066 m

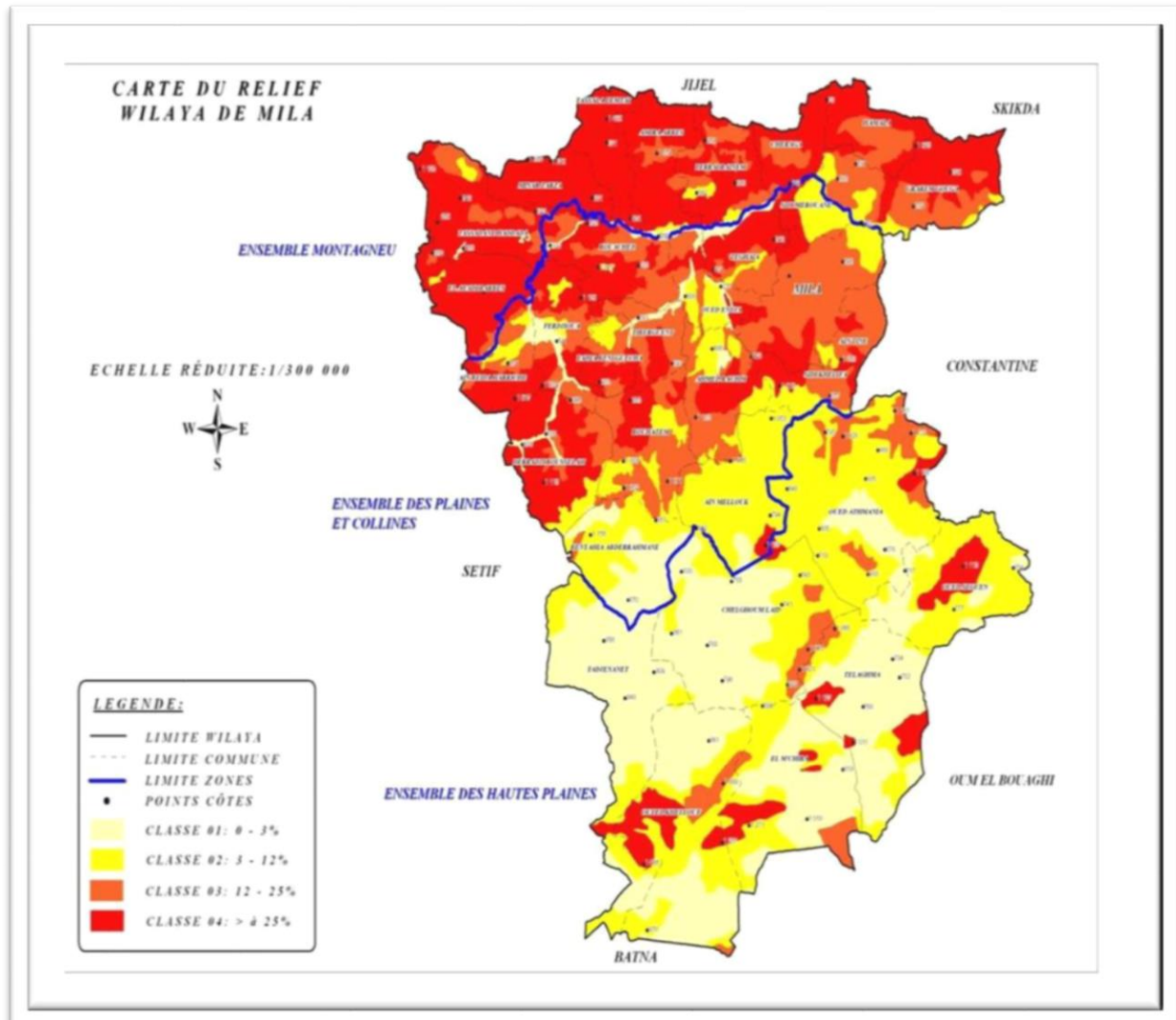


Figure 12 : Carte différentes formes du relief de la wilaya de Mila (CFM, 2019)

3. cadre hydrographique :

Gérer la pénurie d'eau à Mila n'est pas une tâche aisée car celle-ci est un frein Pour l'activité économique et la qualité de vie des ménages. Les disparités Intercommunales existent également malgré la présence d'un grand ouvrage Hydraulique qui est le barrage de Béni-Haroun. En outre il existe une rivalité et une Concurrence intersectorielle pour l'utilisation de l'eau (Soukehal et cherrad, 2011).

La wilaya de Mila dispose de :

❖ Les barrages :

- Le barrage de Béni Haroun est un projet à caractère national qui doit assurer l'irrigation et la mise en valeur des terres des hautes plaines Constantinoises ainsi que l'alimentation

en eau potable des villes et agglomérations urbaines de la région. Sa capacité de stockage est de 998hm^3

- Sidi Khelifa est un barrage de transfert des eaux, situé au Sud de la wilaya de Mila. Il fait partie du grand transfert de barrage de Béni Haroun par lequel transitent annuellement les 504hm^3 , Il servira à alimenter 05 wilayas de l'Est algérien. À environ 25 km au Sud du chef-lieu, près de la ville de Sidi Khelifa. Il possède une capacité de $33\,600\,000\text{m}^3$ et une longueur de digue de 600 m **(ANBT, 2015)**.
- Le barrage d'Oud Athemania d'une capacité de stockage de 33hm^3 ;
- Le barrage de Hammam Ghrouz d'une capacité de stockage de 41hm^3 .
- ❖ **Les puits :**
 - Le nombre de puits recensé est de 57 avec un débit mobilisé de $6.685.632\text{m}^3/\text{an}$. Ils se situent plutôt dans la partie méridionale de la wilaya.
- ❖ **Les forages :**
 - 127 forages publics d'un taux de remplissage de $40\text{hm}^3/\text{an}$;
 - 950 forages privés d'un taux de remplissage de $6.7\text{hm}^3/\text{an}$.
- ❖ **Les retenues collinaires**
 - Au nombre de 4 d'un taux de remplissage de 1.5hm^3 **(Hydraulique Mila, 2019)**.

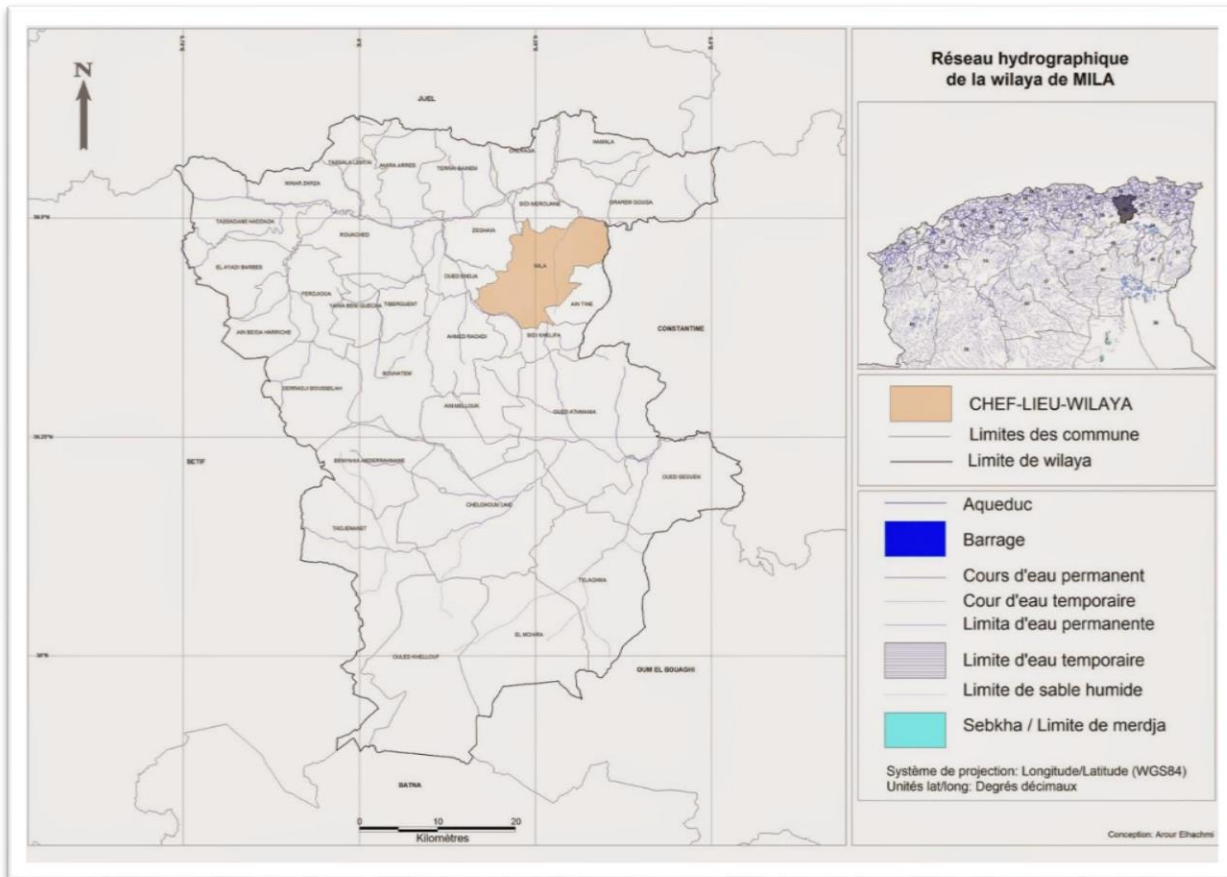


Figure 13 : Réseau hydrologique de la wilaya de Mila (DRE, 2018).

4. Cadre climatologique :

La climatologie est l'ensemble des caractéristiques météorologiques d'une région donnée. Cependant que, le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un point de la surface terrestre (Aissaoui, 2013). Le facteur du milieu le plus important est certainement le climat. Il a une influence directe sur la faune et la flore (Metallaoui, 2010). Il démontre un impact sur les oiseaux migrateurs : décalage des périodes de migration, modification dans la reproduction et la survie des espèces, déplacement des zones de reproduction et d'hivernage.

Notre zone d'étude est caractérisée par un climat de type méditerranéen, son régime climatique dépend de deux paramètres principaux : la précipitation météorologique et la température (Boulbair et Soufane, 2011). Elle est globalement caractérisée par :

- Une saison (hiver) humide et pluvieuse s'étendant de novembre à avril.
- Et une période estivale longue chaude et sèche allant de mai à octobre (Zouaidia, 2006).

4.1. Température :

La température est un facteur climatique écologique indispensable et fondamental pour la vie de l'être vivant. La température peut influencer sur les organismes directement ou indirectement parce que les conditions thermiques affectent d'autres organismes à laquelle un individu est écologiquement lié, bien que ces relations puissent être complexes. Elle agit directement sur la vitesse de réaction des individus, sur leur abondance et leur croissance (**Faurie et al., 1980 ; Ramade, 1984**) et elle explique que les êtres vivants ne peuvent exercer leurs activités que dans une fourchette de températures allant de 0 à 35°C.

Une température méditerranéenne modérée durant les mois de l'Automne, l'Hiver et le Printemps. Pendant l'été la température augmente rapidement surtout, à l'intérieur de la wilaya. Quoiqu'il en soit la température est favorable pour les cultures autant en Eté qu'en Hiver (**Soukehal, 2012**)

Tableau 2: Température moyenne mensuelle de la région de Mila (Station météorologique De Mila, 2014 à 2024)

Les Parmètres	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Moy, Temp, Ordi (°c)	8.9	9.0	11.3	14.5	17.7	23.4	28.6	26.3	22.3	18.7	13.2	9.7
Moy, Temp, Max (°c)	13.5	13.8	16.2	20.3	24.1	30.7	34.8	34.5	29.3	23.9	17.4	13.6
Moy, Temp, Mini (°c)	5.0	4.7	6.5	8.8	11.7	16.3	20.6	20.2	15.8	13.6	9.4	5.8

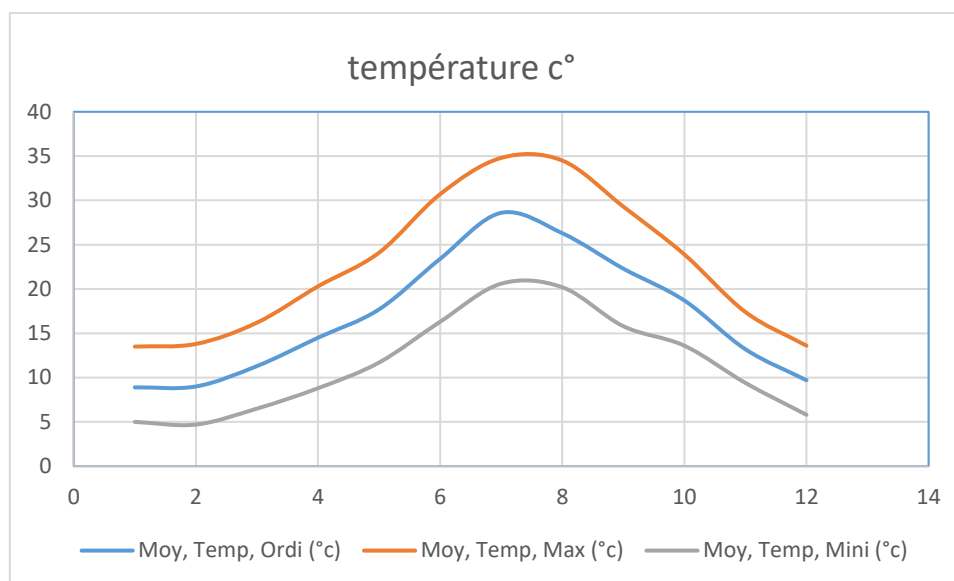


Figure 14 : Variation de la moyenne de la température mensuelle dans la région de Mila (2014-2024).

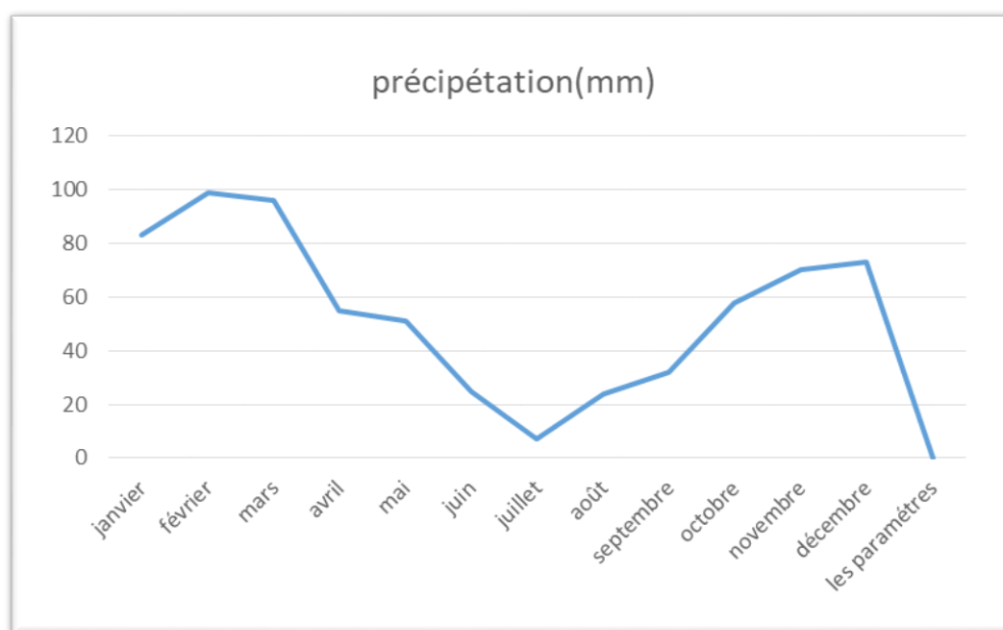
D'après le tableau 01 qui donne les variations des températures mensuelles moyennes de notre région, nous constatons que la température maximale est enregistrée durant le mois de Juillet où elle atteint 28,6°C, tandis que le mois de Janvier est marqué par des degrés du froid, avec une température minimale de 8,9 °C.

4.2. Pluviométrie :

Les précipitations désignent tout type d'eau qui tombe du ciel, sous forme liquide ou solide (Dajoz, 2000). Elle représente un facteur climatique essentiel en ce qui concerne le cycle écologique, le régime hydrographique et l'activité agricole. La variation de précipitations annuelles est le fait marquant dans cette wilaya. La pluviométrie à Mila est inégalement répartie à travers les mois de l'année et les précipitations sont, naturellement, cantonnées dans le semestre frais qui débute en Novembre et se termine en Mars. Le manque ou l'abondance des précipitations agissent sensiblement sur les réserves en eau ; quantités mobilisées et quantités exploitées. La sécheresse agit directement sur le comportement de la population de cette zone (Soukehal, 2012).

Tableau 3 : Précipitations moyennes mensuelles de la région de Mila (Station météorologique de Mila, 2014 à 2024)

Les Paramètres	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Précipitation (mm)	83	99	96	55	51	25	7	24	32	58	70	73

**Figure 15 : Variation de la moyenne de précipitation mensuelle dans la région de Mila (2014-2024).**

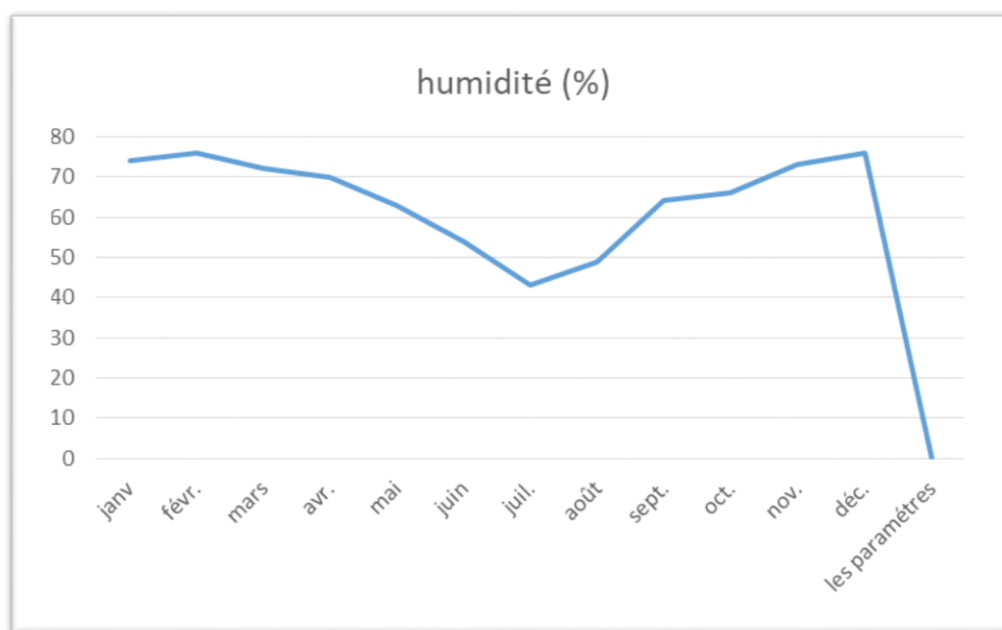
La région d'étude est l'une des régions les plus arrosées. D'après le tableau au-dessus nous constatons que le mois de Février est le mois le plus abondant en pluie, il a connu un excédent de 99 mm, À l'inverse, le mois de juillet, a connu un déficit 7 mm c'est le mois le plus sèche.

4.3. Humidité :

C'est le rapport entre la quantité de vapeur d'eau dans un volume d'air donné et la quantité possible dans le même volume à la même température (**Villemeuve, 1974**). Elle dépend de plusieurs facteurs climatiques comme la pluviométrie, la température et le vent (**Faurie et al, 1980**).

Tableau 4: Variations d'humidité mensuelle moyenne de la région de Mila (Station météorologique de Mila, 2014 à 2024).

Les Paramètres	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Humidité (%)	74	76	72	70	63	54	43	49	64	66	73	76

**Figure 16 :** Variation de la moyenne de l'humidité mensuelle dans la région de Mila (2014-2024).

Il s'avère selon le tableau 03, que le mois qui représente la plus forte humidité est celui de Décembre avec 76 % et le mois qui représente la plus faible valeur est celui de Juillet avec 43%.

4.4. Vent :

Le vent fait partie des éléments les plus caractéristiques du climat. Il agit en activant l'évaporation pouvant induire ainsi une sécheresse (Seltzer ,1946).

Tableau 5: Variations des vents mensuelles moyennes de la région de Mila (Station météorologique de Mila, 2014 à 2014).

Les Paramètres	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Vent (m/s)	21	22	18	18	17	16	17	21	22	20	23	20

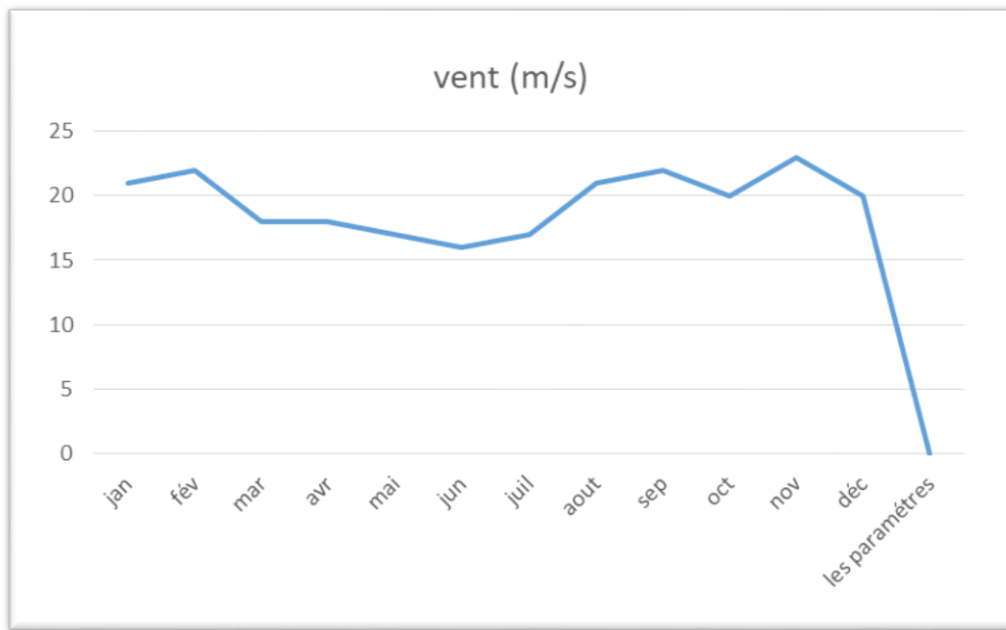


Figure 17 : Variation de la moyenne les vents mensuelle dans la région de Mila (2014-2024).

Le tableau 04 montre que la vitesse maximale des vents qui y soufflent est enregistrée durant le mois de Novembre avec une valeur maximale de 23 m/s, et la vitesse minimale représente pendant le mois juin avec une valeur de 16m/s.

5. La synthèse climatique :

La combinaison des paramètres climatiques (précipitations et températures) ont permis à plusieurs auteurs de mettre en évidence des indices (**Bagnouls et Gaussen, 1957**).

5.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen :

Le diagramme ombro-thermique de Bagnouls et Gaussen est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèche et humide de l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T), avec $P=2T$ (**Bagnouls et Gaussen, 1957**).

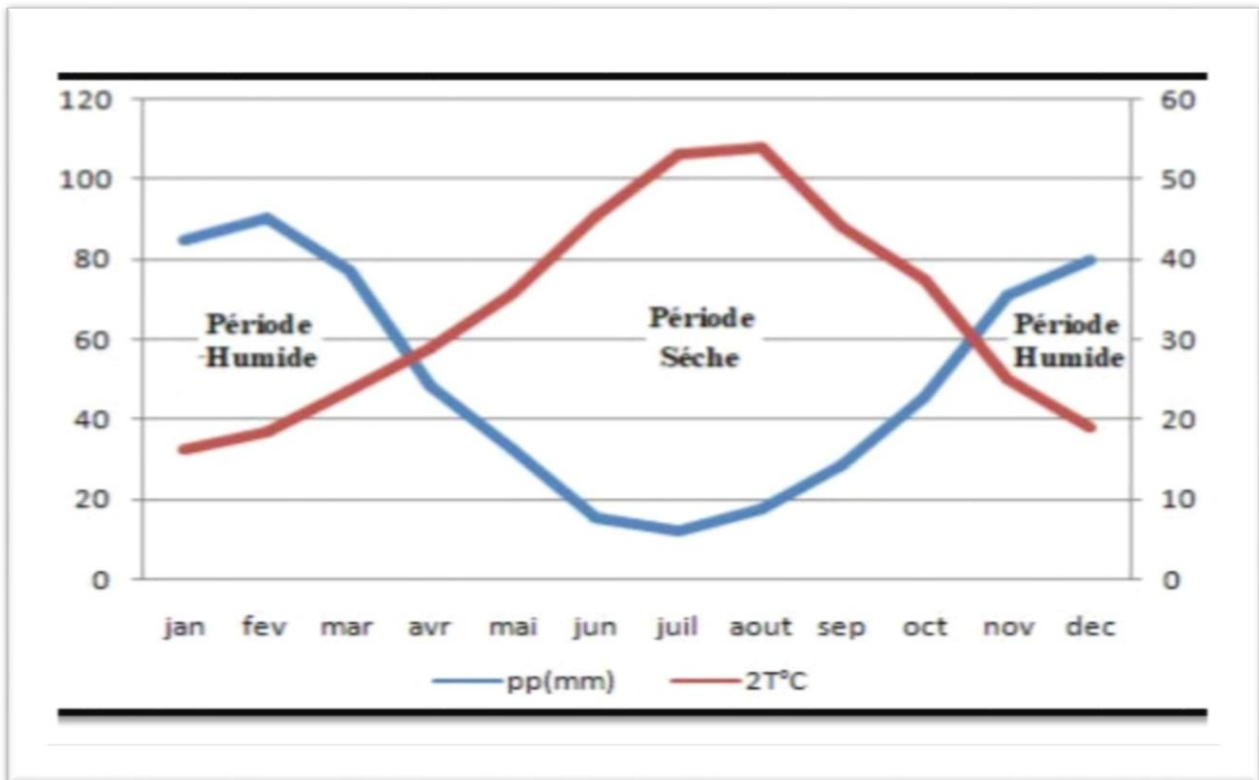


Figure 18 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la région de Mila (2009- 2018).

Il montre que notre région d'étude est connue par une alternance de deux périodes, l'une humide s'étendant du début de novembre jusqu'avril, et l'autre sèche s'étendant d'avril jusqu'au début de novembre.

5.2. L'indice pluviométrique d'Emberger :

L'indice pluviométrique d'Emberger aide à définir les cinq étages de climat Méditerranéen du plus aride jusqu'à celui de haute montagne (**Emberger, 1955**).

Il se base sur le régime des précipitations et des températures et s'exprime selon la formule suivante

Q = quotient pluviométrique d'Emberger.

P = Précipitation annuelle moyenne (mm).

M = Températures des maxima du mois le plus chaud (°K).

m = Températures des minima du mois le plus froid (°K). **m** = Températures des minima du mois le plus froid (°K).

Les températures sont exprimées en degrés absolus [$T^{\circ}K = T^{\circ}C + 273,15$].

Pour déterminer l'étage bioclimatique de la région d'étude, il faut procéder au calcul du quotient pluviométrique d'Emberger (Q2).

$$P = 603,78 \text{ mm}$$

$$M = 27,01^{\circ}\text{C} = 300,46 \text{ K}^{\circ}. \text{ Donc : } Q2 = 111,02.$$

$$m = 8,31^{\circ}\text{C} = 281,46$$

D'après les données climatiques et la valeur de Q2 indice de climat gramme

D'Emberger on déduit que la région de Mila ou se situe le périmètre de notre étude est classé Dans l'étage bioclimatique de végétation subhumide à hiver chaud durant la période (2009-2018).

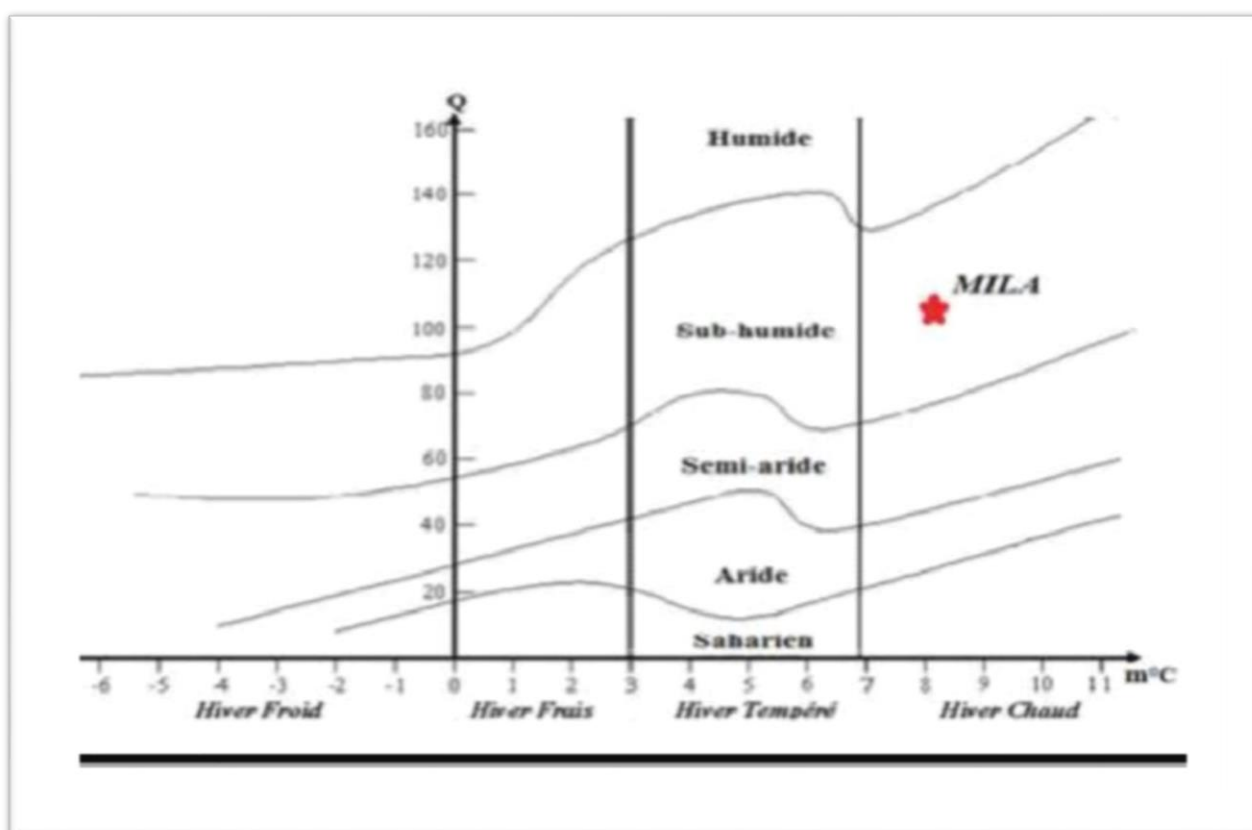


Figure 19 : Situation de la région de Mila dans le climagramme d'Emberger (2009,2018).

6. Cadre biotique :

La région de Mila recèle des écosystèmes différents (Forêt, Oueds, couvert Végétal,...),

On y trouve une biodiversité significative (D.P, 2013).

6.1. La faune :

D'après la conservation des forêts de la wilaya de Mila, les mammifères, les reptiles et les poissons.

Espèces animales remarquables : Hyène rayée, Renard roux, Genette, Mangouste, Perdrix, Porc-épic, Sanglier, Canard colvert, Lièvre, cigogne blanche (**Conservation des forêts, 2024**).

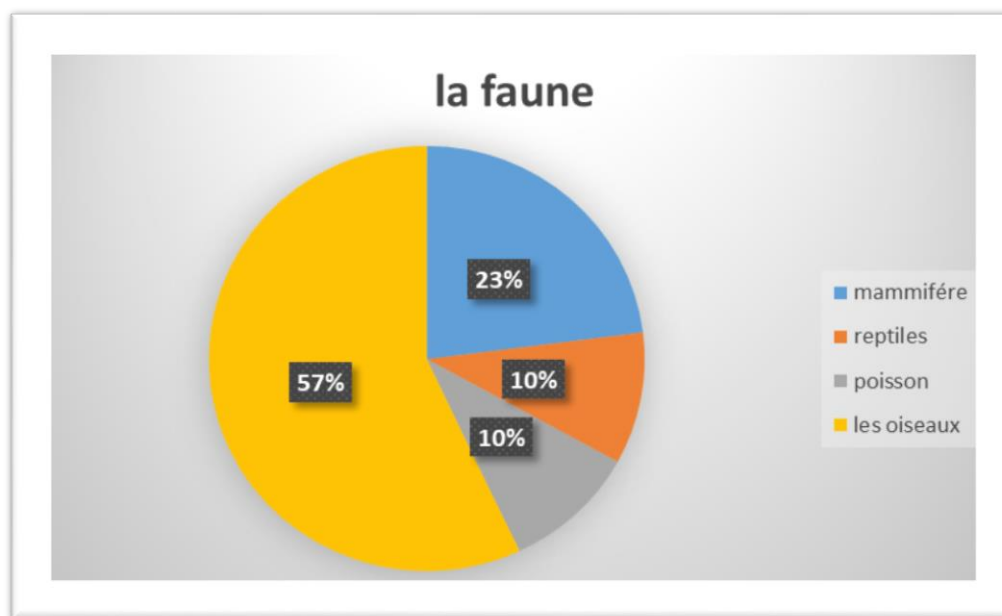


Figure 20 : La diversité faunistique de la région de Mila (**conservation des forêts de Mila, 2018**).

6.2. La flore :

La wilaya de Mila s'étend sur une superficie de 348 045has dont **39 715** has de couverture forestière représentant environ 11% de la superficie totale (**Conservation des forêts, 2024**).

La conservation des forêts est représentée par 03 circonscriptions : Grarem Gouga, Ferdjioua et Chelghoum Laid. Elle dispose d'une pépinière hors – sol à la daïra de Sidi Mérouane dont l'objectif de production et de 200 000 plants de chêne liège par an, destinés à l'extension de la subéraie à travers la wilaya et les wilayas du nord limitrophes (**Conservation des forêts, 2024**).

Tableau 6: Essences principales des espèces (Conservation des forêts, 2024).

Espèce	Superficie (Ha)
subéraies (chêne liège, affres et chêne zeen)	6069.00 ha
chêne vert	5810.00 ha
Pin d'Alep et cyprès	23 720.00 ha
acacia – oléastre – Frêne	4.116.00ha
total	39 715.00Ha

Tableau 7: Peuplements porte-graines (Conservation des forêts, 2024).

Espèce	Nbre de PPG
chêne liège (<i>Quercus suber</i>)	03
Pin d'Alep (<i>Pinus Halepensis</i>)	06
Total	09

- **Espèces floristiques remarquables** : chêne liège ,chêne Zéen ,Cèdre de l'atlas ,Pin d'Alep , Pin Pignon, Armoise blanche, romarin, Myrte , pistachier lentisque, pistachier de l'Atlas, pistachier térébinthe , câprier, jujubier , genévrier oxycèdre, thym , bruyère , fougère, azerolier , asphodèle (Conservation des forêts, 2024).

Chapitre III :

Matériel et méthodes



1. Choix des stations d'étude :

Les populations des hirondelles rustiques étudiées nichent dans plusieurs régions de la wilaya de Mila ; Nous avons choisi 11 stations ; six stations localisées au Nord de la wilaya de Mila (Mila, Terrai bainan, Tessala Lemtai, Amira Arès, sidi merwan, Grarem Gouga) ; une station au Nord-est de la wilaya (Ain Tine) ; deux stations au Nord-est (oued endja “Redjass”, Ahmed Rachdi) et deux autres stations au Sud-ouest de la wilaya Chelghoum Laid et Tadjenanet).

Les stations ont été sélectionnées sur la base de divers critères, notamment le nombre de nids et la présence de la matériel biologique les hirondelles rustiques qui est le principal critère, deuxièmement selon étages Bioclimatiques ; troisièmes, la diversité des ressources dans les stations d'études de l'Hirondelle.

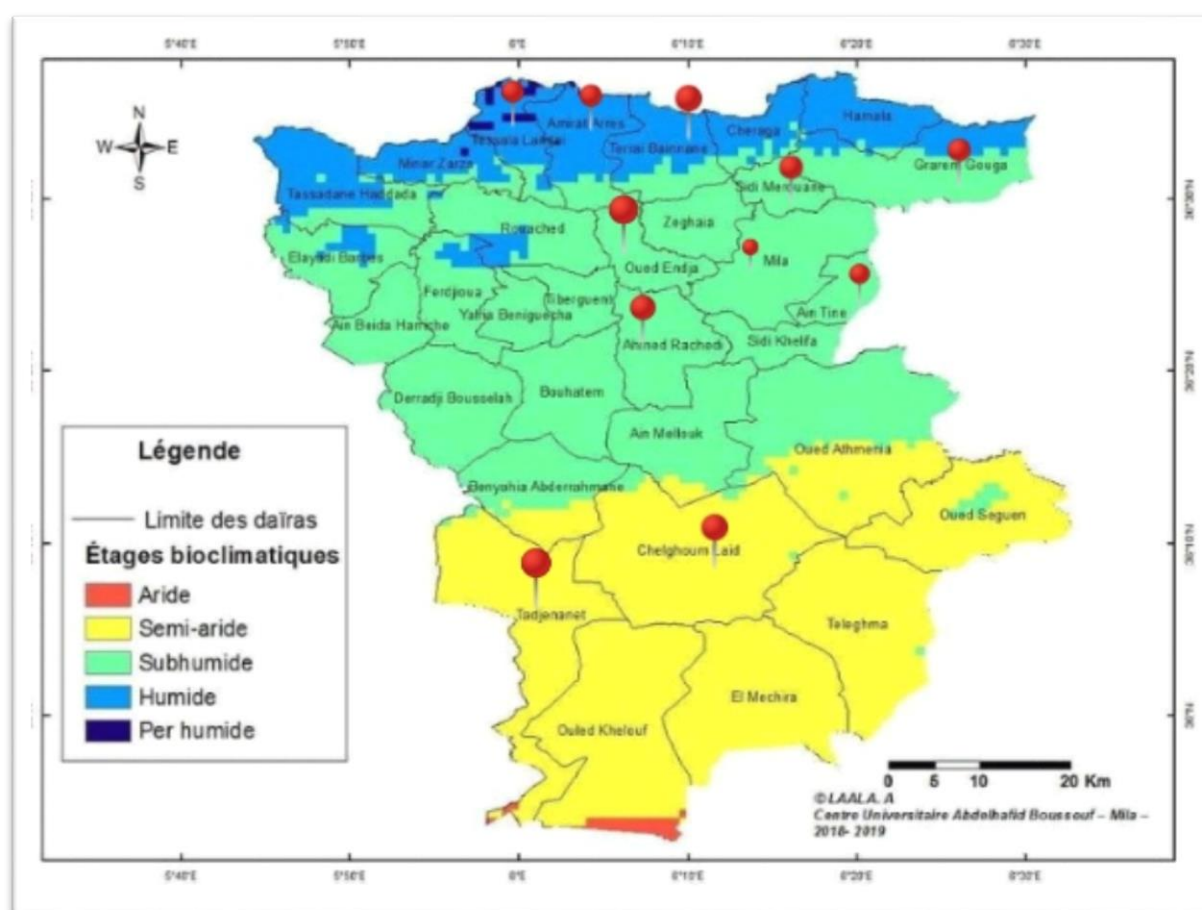


Figure 21 : Les stations d'études de l'Hirondelle rustique (LALAA.A ; 2018 modifié par MERBAI ISRA).

2. La position géographique des stations d'échantillonnages :

Tableau 08 : Les caractéristique géographique des stations d'échantillonnages dans la wilaya de Mila.

Caractéristiques de stations	Orientatio n	L'étage bioclimatiq ue	Les cordonnés X	Les cordonnés Y	La surface (km ²)	Altitude (m)
MILA	EST	Sub- humide	36°42'93'2 6	6,31948	129,89	155 - 1040
AIN TINE	EST	Sub- humide	36°23'48" N	6°19'30"E	38.22	270-1266
Sidi Mérouane	EST	Sub- humide	36°31'14" N	6°15'40" E	35	118-652
Grarem Gouga	EST	Subhumid e	36°31'00" N	6°20'00" E	141,14	environ 309
Oued Endja	Ouest	Subhumid e	36° 25' 51" N	6° 7' 15" E	53,39	210-580
Ahmed Rachedi	Ouest	Subhumid e	36° 23' 26" N	6° 7' 31" E	92,82	350-1133
Terraii Bainane	Nord	Humide	36°31'51" N	6°07'20" E	81,70	190-1162
Tessala Lemtaï	Nord	Humide	36° 20' 32" N	5° 35' 26" E	61,00	250-1465
Amira Arrès	Nord	Humide	36° 19' 19" N	6° 23' 47" E	82,00	225-1365
Chelghoum laid	Sud-ouest	Semi- aride	36°10'N	6°10'E	258,18	690-1179
Tedjnenan et	Sud-ouest	Semi- aride	36° 7' 0"N	6° 0' 0" E	210,75	825-1160

3. Chronologie d'étude :

Nous avons réalisé plusieurs sorties sur terrain pendant tout la période s'étendant entre novembre 2024 jusqu'à mai 2025 au cours de ces sorties nous avons prospecté à des nids des

Hirondelles rustiques (*hirundo rustica*) dans les différents communes de la Wilaya de Mila et prendre les différents mesures de ces nids.

4. Méthodes d'étude :

4.1. Le suivi des nids :

Durant l'étude, nous visitons les nids à plusieurs reprises en fonction de l'accès. Les données collectées à divers moments nous donnent diverses informations :

Déterminer la date d'arrivée des hirondelles, la taille totale de la nichée, le nombre d'œufs pondus par femelle, la date d'éclosion qui est la date où au moins un œuf a éclot, le nombre d'œufs éclos dans chaque nid des différents étages bioclimatiques étudiés.

Certaines mensurations ont été effectuées sur les nids. Nous avons mesuré la hauteur des nids par rapport au sol, la profondeur des nids, diamètre intérieur et extérieur, ainsi que la distance entre nid-champ libre et nid-eau.

4.2. Description et localisation des nids :

L'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) construit un nid en forme de demi-coupe, généralement fixé contre une surface verticale protégée, comme un mur ou une poutre.

Ce nid est fabriqué à partir de boulettes de boue mélangées à la salive de l'oiseau, renforcées par des brins de paille ou d'herbes sèches, et garnies à l'intérieur de plumes ou de matériaux doux pour assurer le confort des poussins.

On retrouve ces nids principalement dans des bâtiments ouverts ou semi-ouverts comme les granges, les étables, les garages ou sous les avant-toits des maisons, toujours à l'abri de la pluie et des prédateurs, et souvent à une hauteur de deux à cinq mètres du sol.

L'Hirondelle rustique privilégie les emplacements proches de l'activité humaine, mais aussi à proximité de points d'eau ou de zones boueuses, nécessaires à la construction du nid.



Figure 22 : Les caractéristiques internes des nids de l’Hirondelle rustique (cliché personnel).



Figure 23 : Emplacement des nids chez les hirondelles rustiques (cliché personnel).

4.3 Mensuration des œufs :

J’ai utilisé un pied à coulisse pour mesurer avec précision la longueur et la largeur des œufs, en obtenant des valeurs au millimètre près. Pour le poids, j’ai employé une balance de précision.

5. Les paramètres de la reproduction :

Au cours des visites régulières des nids, nous avons pu effectuer :

- **La date de ponte** : qui représente la ponte du premier œuf ; pour toutes les dates, le premier avril correspond au jour 1.
- **La période de ponte** : qui représente la durée entre la ponte du premier œuf du couple le plus hâtif et la ponte du premier œuf du couple le plus tardif.
- **La grandeur de ponte** : qui représente le nombre d'œufs qu'une femelle peut pondre.
- **La date d'éclosion** : qui est la date ou minimum un œuf était éclos.
- **La durée d'élevage** : est intervalle entre l'éclosion du premier œuf et l'envol du dernier oisillon.

6. Limites de l'étude :

Malgré le respect des protocoles de suivi, certaines difficultés ont été rencontrées, telles que :

- L'influence de la présence de l'observateur sur le comportement naturel des oiseaux
- L'inaccessibilité de certains nids, situés dans des bâtiments élevés
- Les conditions météorologiques instables, qui ont empêché des observations continues à certaines périodes

7. Matériels utilisé :

Pour mener à bien notre étude nous avons utilisé le matériel ci-dessous :

Tableau 9 : matériels utilisé dans l'étude.

Matériel	Les outils	L'Objectifs
Décamètre		Mesurée les nids

L'échelle		Monte pour mesurer les nids
Caméra		Prendre les photos
Pied à coulisse		Mesure la taille des œufs
Peson (10000g)		Mesure le poids des œufs

8. Les analyses statistiques :

Nous avons calculé les moyennes et les écarts-types des paramètres étudiés .Le coefficient de corrélation de Pearson a également été calculé afin de faire ressortir les relations entre ces paramètres. Une analyse de variance a été réalisée pour examiner la variation des différents paramètres pendant la période d'étude. Le logiciel statistique SPSS (version 26) a été utilisé pour tous ces calculs, et les histogrammes ont été créés avec Microsoft Office Excel.

Chapitre IV :

Résultats et discussion



Ce chapitre présente les résultats obtenus dans le cadre de l'étude de l'influence des paramètres climatiques, notamment la température et les précipitations, sur la stratégie sociale adoptée par l'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*). L'analyse porte sur la répartition des nids selon les étages bioclimatiques de la wilaya de Mila, ainsi que sur certains aspects liés à la reproduction. Durant la période d'étude, allant de novembre 2024 à mai 2025, un total de 136 nids a été recensé dans les différents sites observés. L'étage subhumide, qui représente la plus grande superficie de la région, concentre 108 nids, répartis dans six communes : Mila (15 nids), Ain Tine (34), Sidi Merouane (20), Grarem Gouga (8), Oued Endja (17) et Ahmed Rachdi (14).

Dans l'étage humide, 23 nids ont été observés dans trois communes : Amira Arres (6 nids), Bainan (5) et Tassala (12). En revanche, l'étage semi-aride ne compte que 5 nids, localisés à Tadjnanet (04 nids) et à Chelghoum Laïd (01 seul nid).

1. L'installation des nids dans chaque site de la wilaya de Mila :

1.1 L'étage bioclimatique humide :

1.1.1 Hauteur des nids par rapport au sol :

Dans ce site Les nids chez hirondelle rustique sont construits à des hauteurs comprises entre 2,65- 5,00 mètre.

D'après les résultats obtenus, menée une corrélation positive a été observée entre la hauteur des nids (m) et le nombre total de nids d'Hirondelle rustique. En effet, plus la hauteur augmente, plus le nombre de nids ne tend à croître. ($n=23$, $r \approx 0,31$; $p = 0,151$).

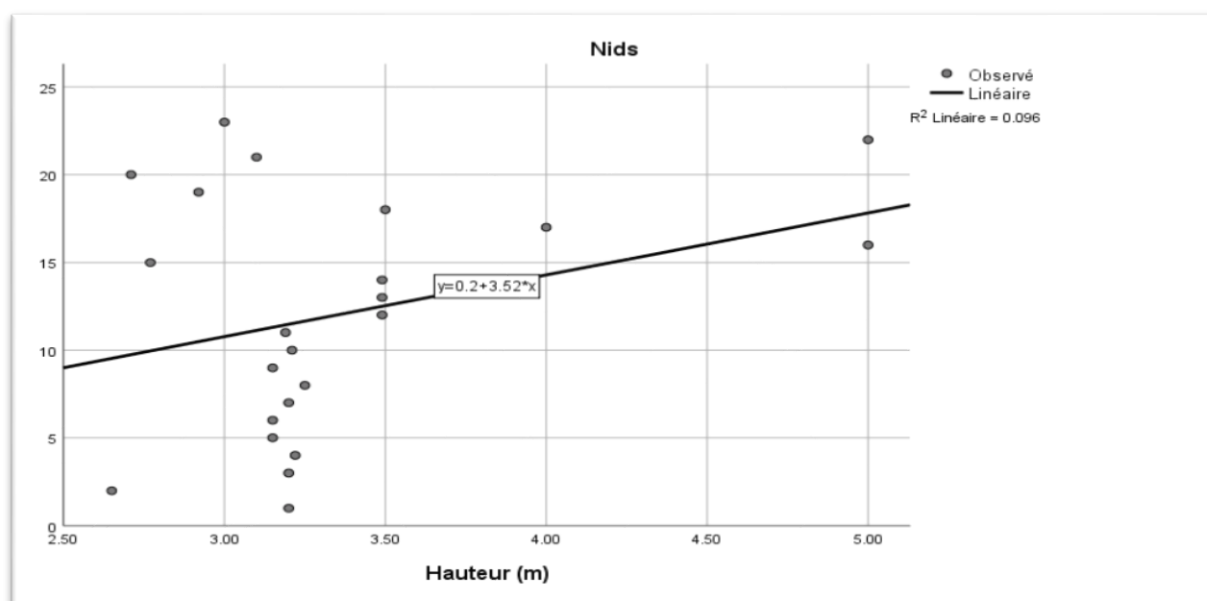


Figure 24 : La corrélation entre le nombre des nids et la distance nids-sol chez les Hirondelles rustiques dans l'étage bioclimatique humide.

1.1.2 La distance nids-champs libre :

À ce niveau, l'installation des nids à proximité des champs libres varie entre 42 et 430 m. L'analyse statistique de la variation du nombre de nids d'Hirondelle rustique en fonction de la distance aux champs libres met en évidence une corrélation linéaire négative très faible. ($n=23$, $r \approx -0,141$, $p=0,522$).

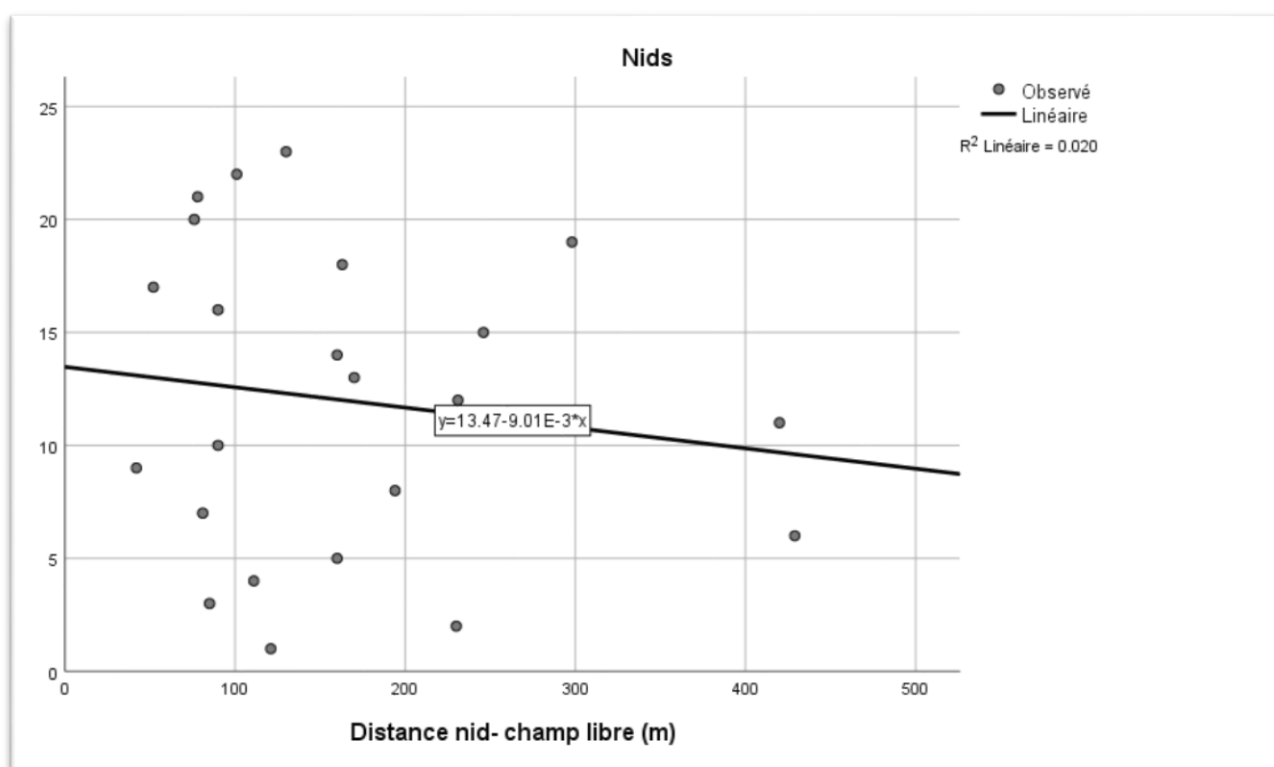


Figure 25 : La Corrélation entre le nombre des nids et la distance nid-champs libre chez les Hirondelles rustique dans l'étage humide.

1.1.3 La distance nid-eau :

Dans cet étage étudié, les nids d'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) sont situés à des distances variant entre 210 et 1500 mètres des points d'eau. L'analyse statistique révèle une corrélation négative non significative entre la distance aux points d'eau et le nombre de nids ($n = 23$, $r \approx -0,001$; $p = 0,788$).

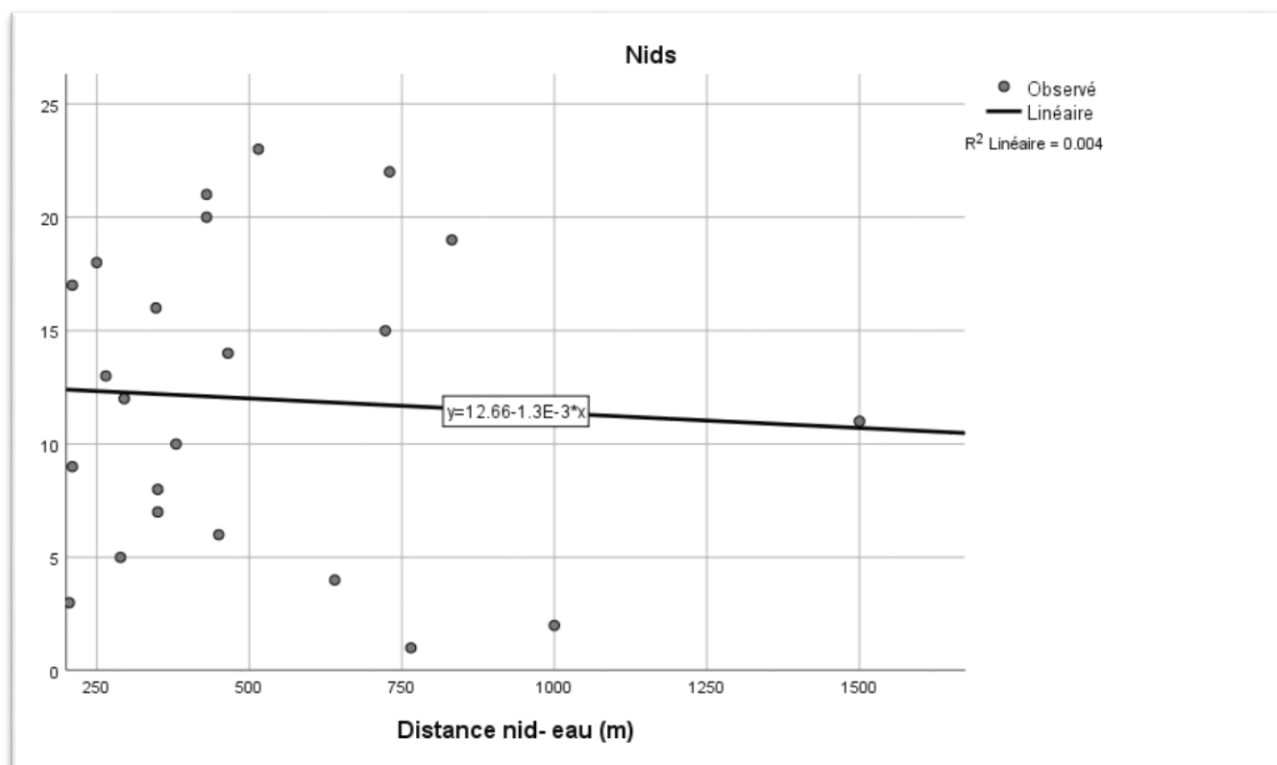


Figure 26 : La variation entre le nombre des nids et la distance nid-eau chez les Hirondelles rustique dans l'étage humide

1.2 L'étage bioclimatique subhumide :

1.2.1 Hauteur des nids par rapport au sol :

Les nids de l'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) sont édifiés à des hauteurs comprises entre 2,50 et 9,00 mètres au-dessus du niveau du sol.

Après avoir réalisé les statistiques obtenus, nous avons remarqué que plus la hauteur s'élève, plus le nombre de nids tend à augmenter. Une corrélation linéaire positive significative a été observée entre la hauteur et l'effectif total des nids d'hirondelle rustique. ($n=108$, $r \approx 0,105$, $p=0,272$).

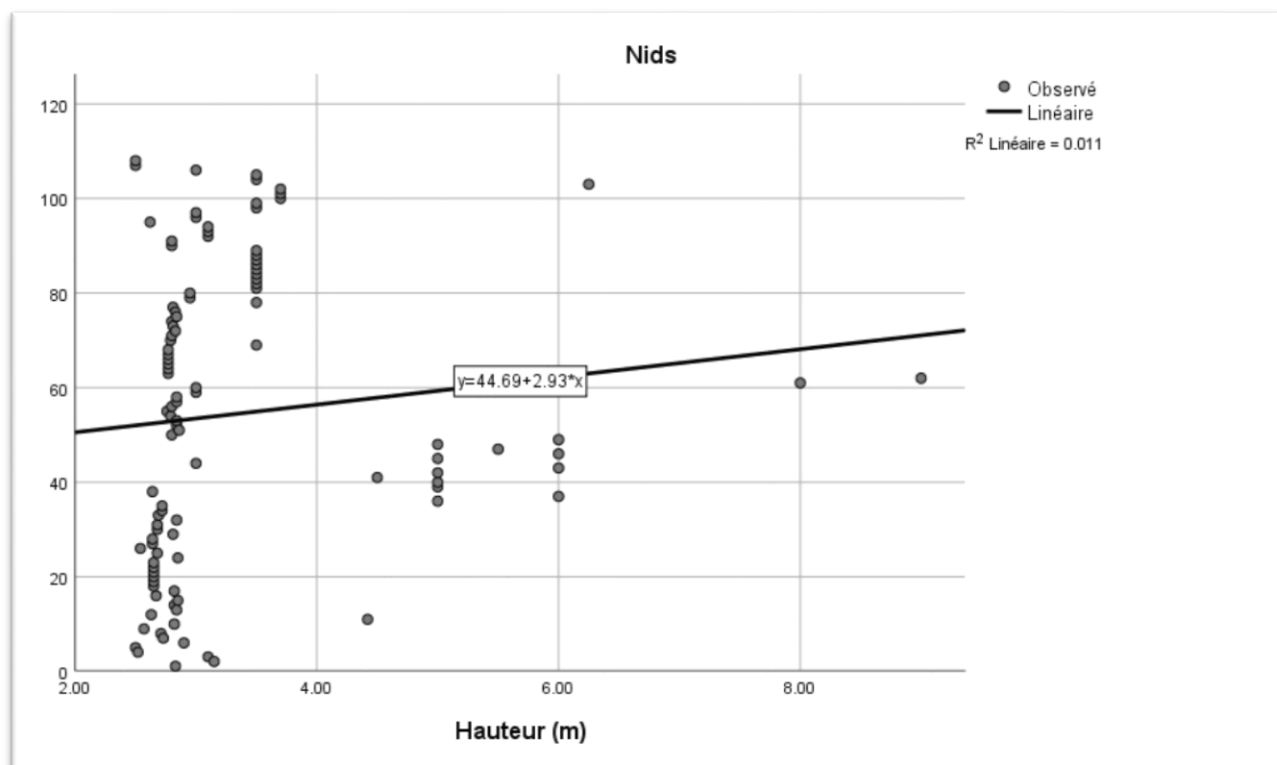


Figure 27 : La corrélation entre le nombre des nids par apport au sol chez hirondelle rustique dans l'étage subhumide

1.2.2 La distance nids-champs libre :

Les nids d'hirondelle rustique installée à la proximité des champs-libre avec une distance moyenne comprise entre 5 -560 mètre.

Après avoir réalisé les statistiques obtenus de la variation de nombre des nids d'hirondelle rustique par rapport aux champs-libre montrent qu'il existe une corrélation positive significative entre le nombre des nids et la distance nids-champs libre ($n=108$, $r \approx 0,221$, $p=0.022$).

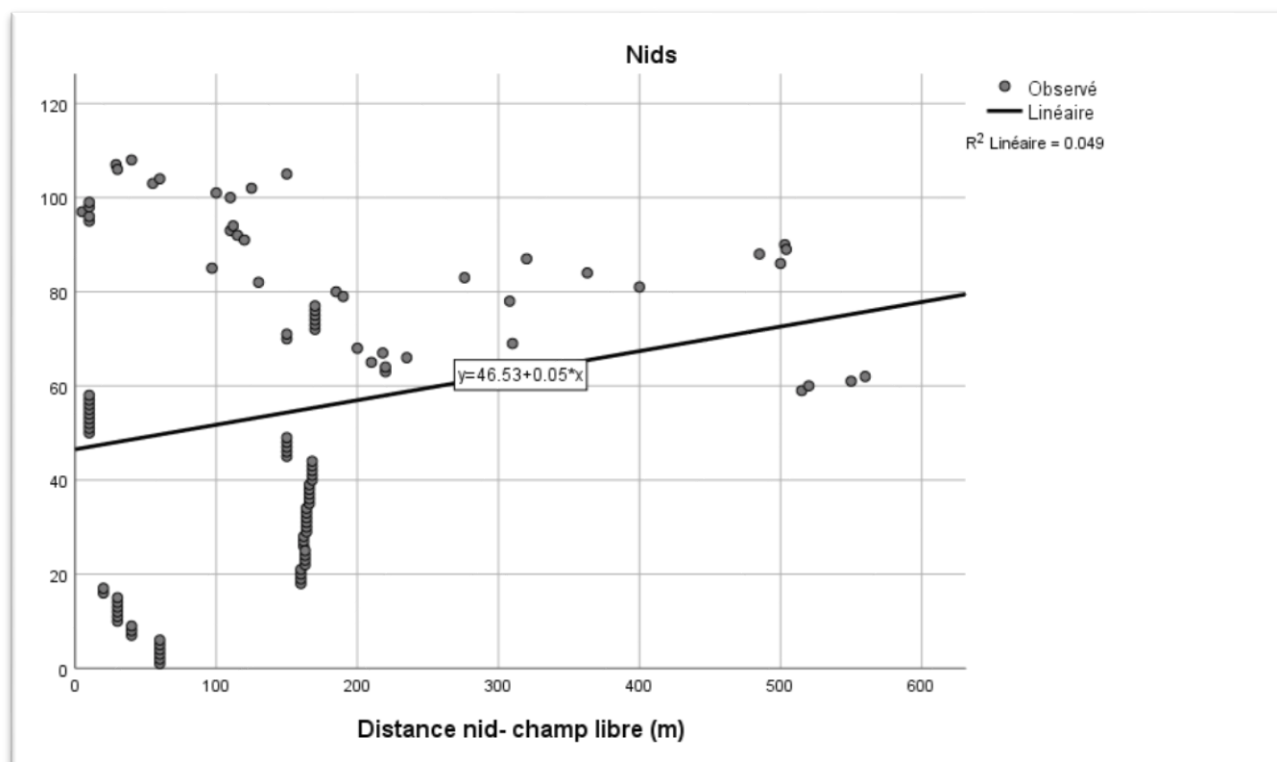


Figure 28 : La Corrélation entre le nombre des nids et la distance nid-champs libre Chez les Hirondelles rustique dans l'étage subhumide.

1.2.3 La distance nid-eau :

Les nids de l'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) ont été installés à proximité des réseaux hydrographiques entre comprises entre 60-3600 mètre.

Après avoir réalisé les statistiques obtenus de la variation entre la distance séparant les nids du point d'eau et le nombre de nids d'hirondelle rustique qu'il existe une corrélation positive cela signifie que plus la distance à l'eau augmente, plus le nombre de nids tend également à augmenter, mais très faiblement. ($n=108$, $r \approx 0,184$, $p=0,055$)

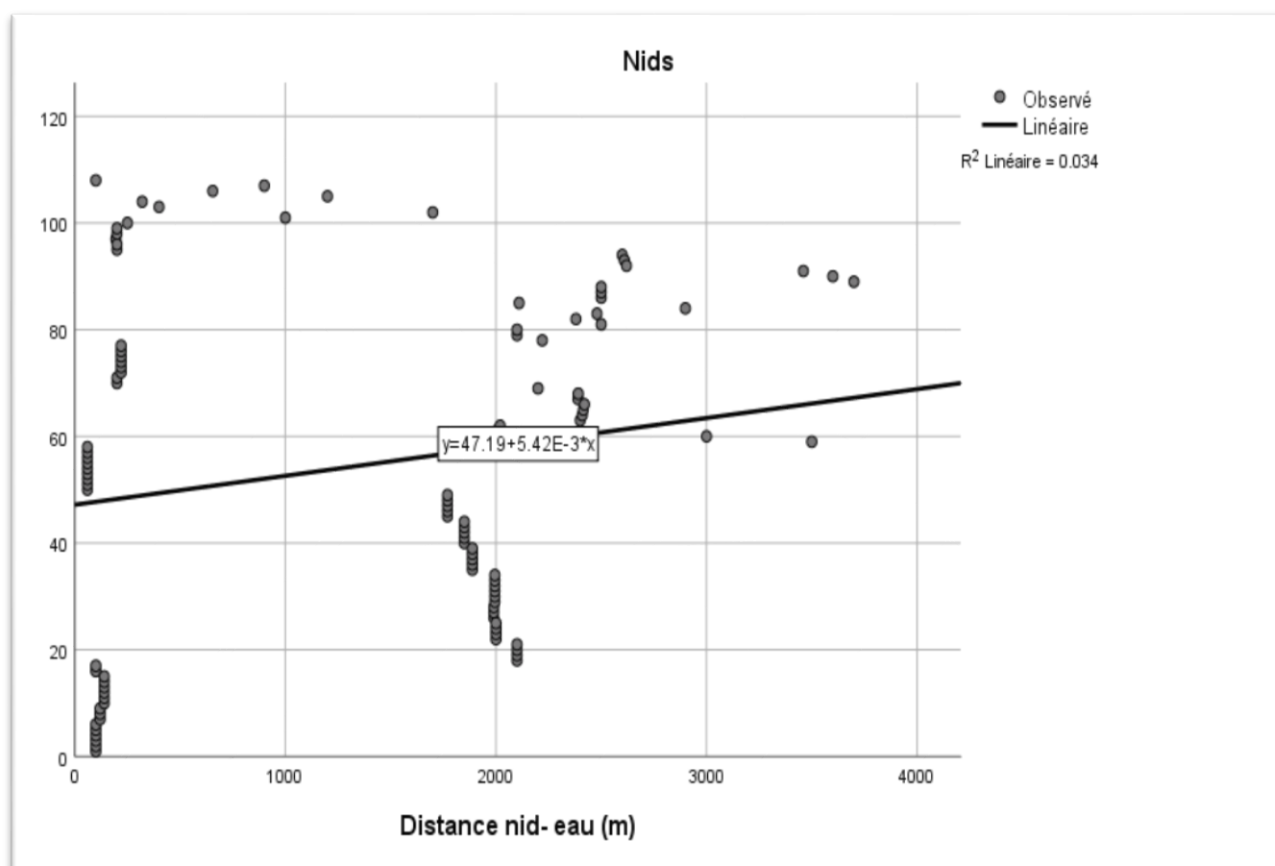


Figure 29 : La corrélation entre le nombre des nids et la distance nids-eau chez les Hirondelles rustique dans l'étage subhumide.

1.3 L'étage bioclimatique semi-aride :

1.3.1 Hauteur des nids par rapport au sol :

Les nids d'hirondelles rustiques sont généralement construits à des hauteurs allant de 3,8 m à 7,0 m au-dessus du niveau du sol.

L'analyse de ce paramètre a montré qu'il existe une corrélation négative modérée entre la hauteur et le nombre de nids. ($n=4$, $r \approx -0,773$, $p = 0,227$)

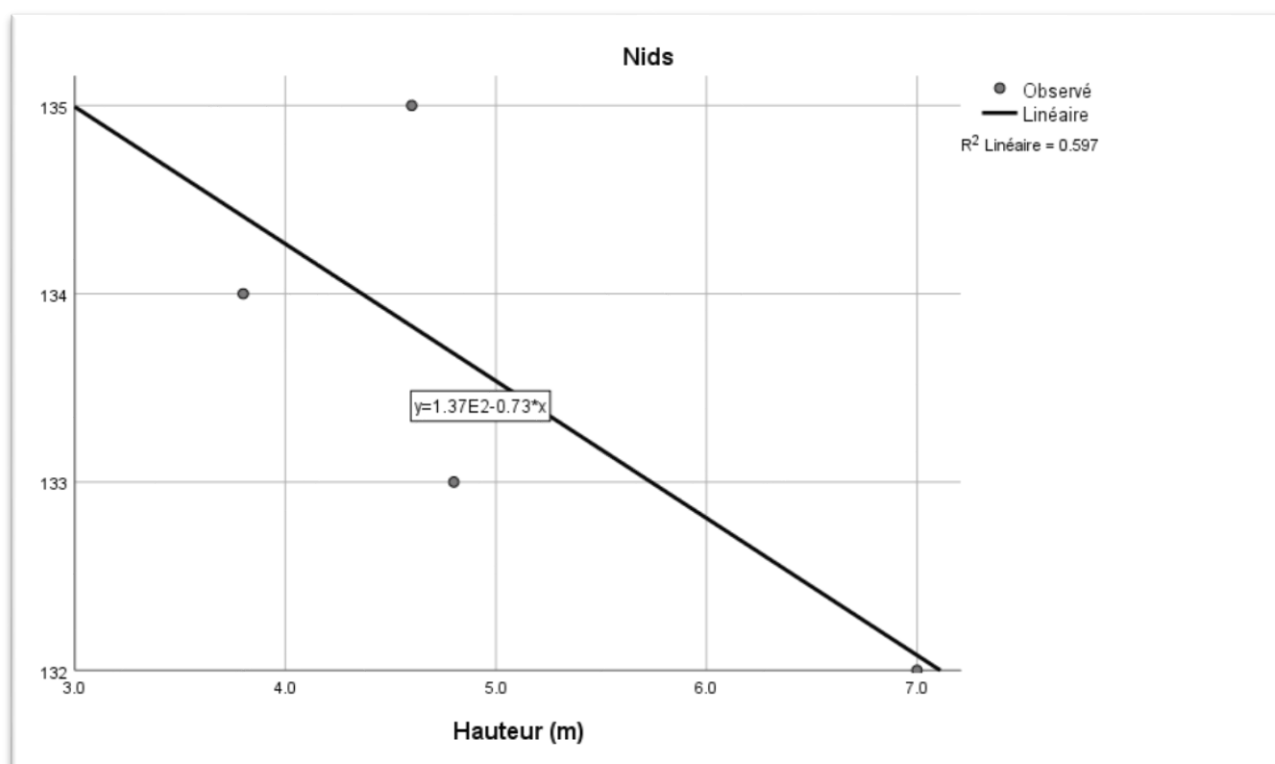


Figure 30 : La Corrélation entre le nombre des nids et hauteur Chez les Hirondelles rustique dans l'étage semi-aride

1.3.2 La distance nids-champs libre :

Les nids sont installés en champs libres à des distances comprises entre 200 et 950 m dans cet étage.

L'effectif des nids de l'Hirondelle rustique est corrélé négativement à la distance : plus la distance augmente, plus le nombre de nids tend légèrement à diminuer ($n = 4$, $r = -0,491$, $p = 0,509$)

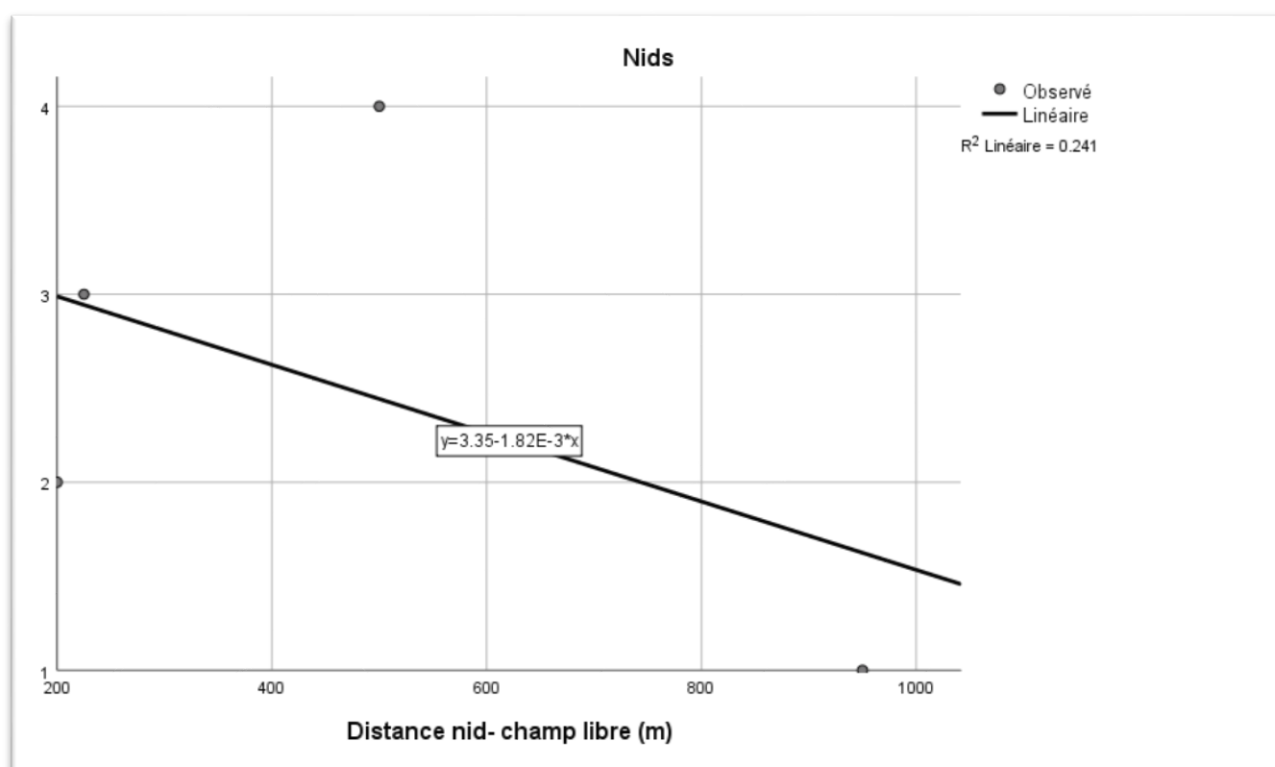


Figure 31 : Variation entre le nombre des nids et la distance nids-champs libre Chez les Hirondelles rustique dans l'étage semi-aride.

1.3.3 La distance nids-eau :

La distance entre les nids et les points d'eau dans cet étage varie entre 1550 et 2600 m. L'effectif des nids de l'Hirondelle rustique est positivement corrélé à cette distance ($n = 4$, $r = 0,47$, $p = 0,530$).

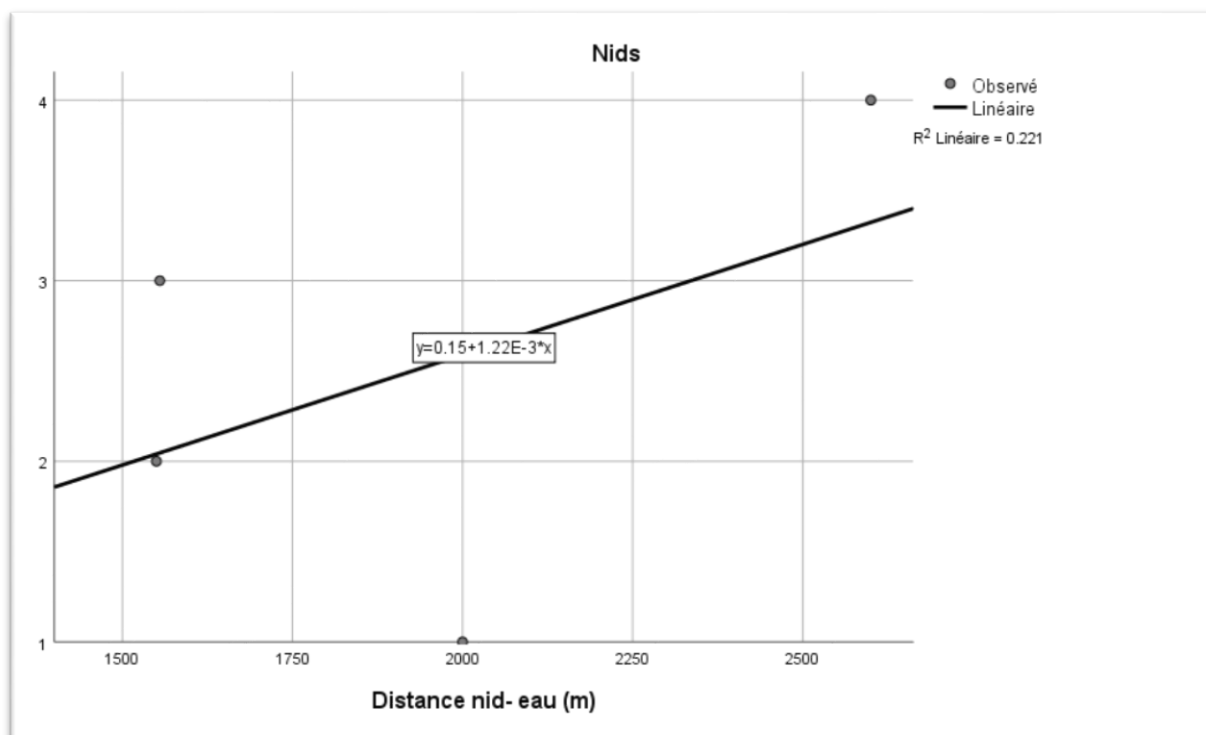
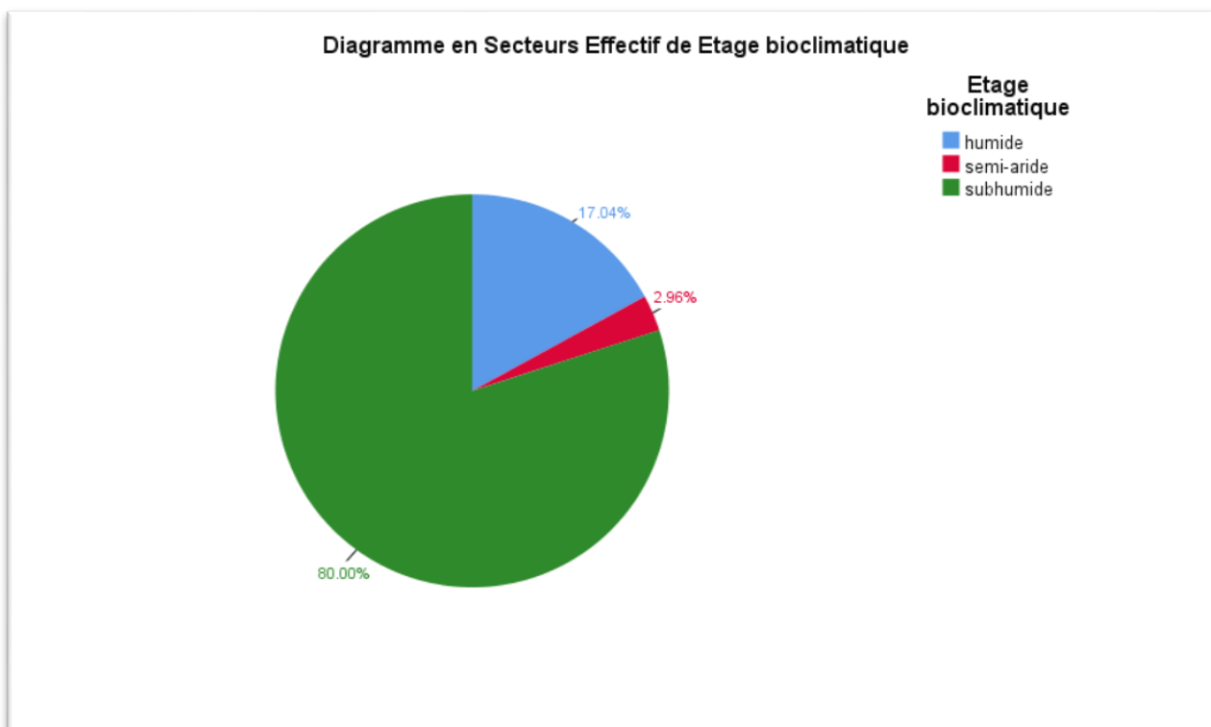
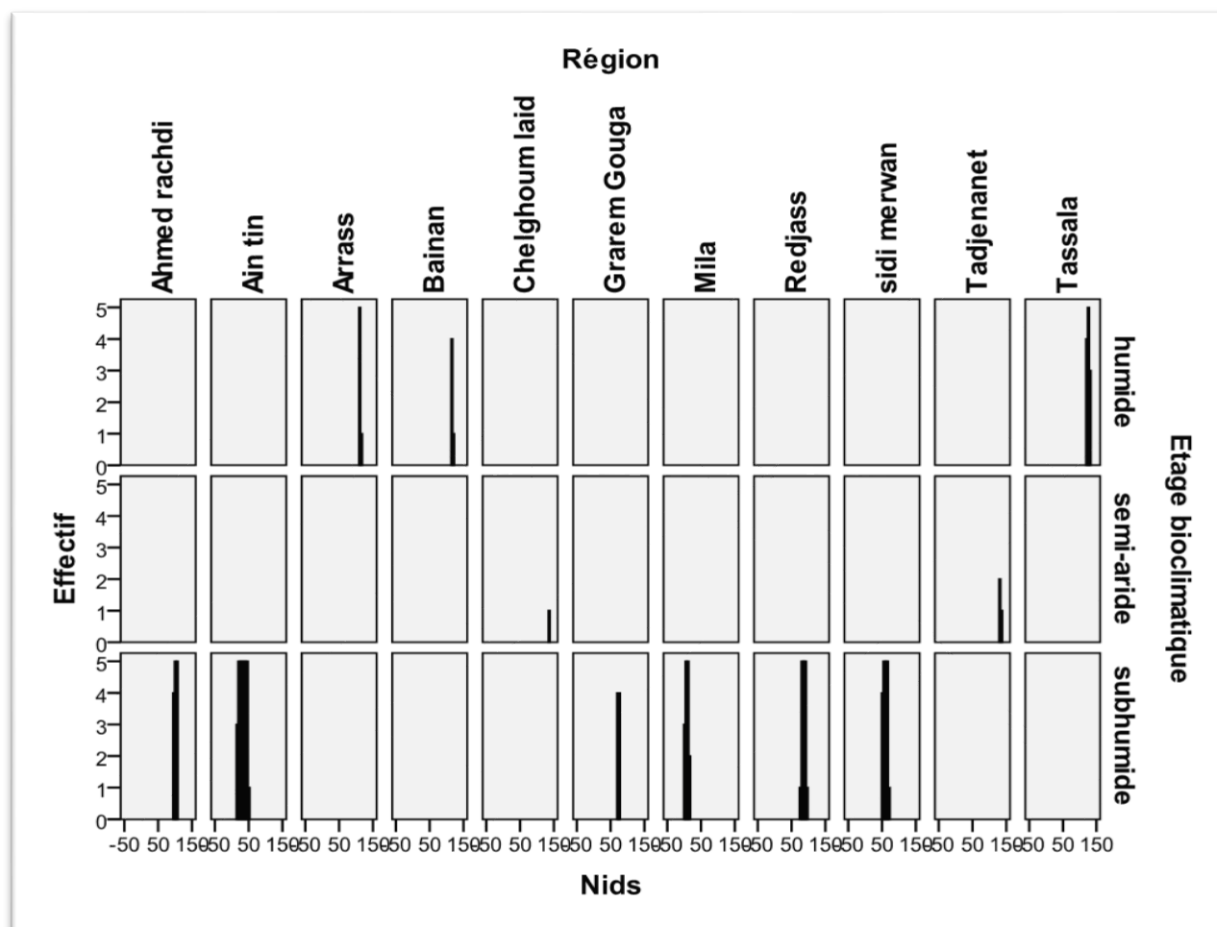


Figure 32 : Variation entre le nombre des nids et la distance nids-eau Chez les Hirondelles rustique dans l'étage semi-aride.

1.4. Le nombres des nids-étage bioclimatique :

Le facteur climatique joue un rôle essentiel dans l'installation des nids et influence fortement la répartition des populations d'Hirondelles rustiques. La zone d'étude est répartie en trois principaux étages bioclimatiques : humide, subhumide et semi-aride, chacun étant caractérisé par des conditions météorologiques spécifiques, notamment en termes de température et de précipitations.

Selon l'histogramme (**Fig., 33**) illustrant la répartition des nids en fonction des étages bioclimatiques dans la wilaya de Mila, il apparaît que la densité maximale de nids est observée dans l'étage subhumide, suivie par l'étage humide qui présente un effectif moyen. En revanche, l'étage semi-aride se caractérise par la plus faible densité de nids.



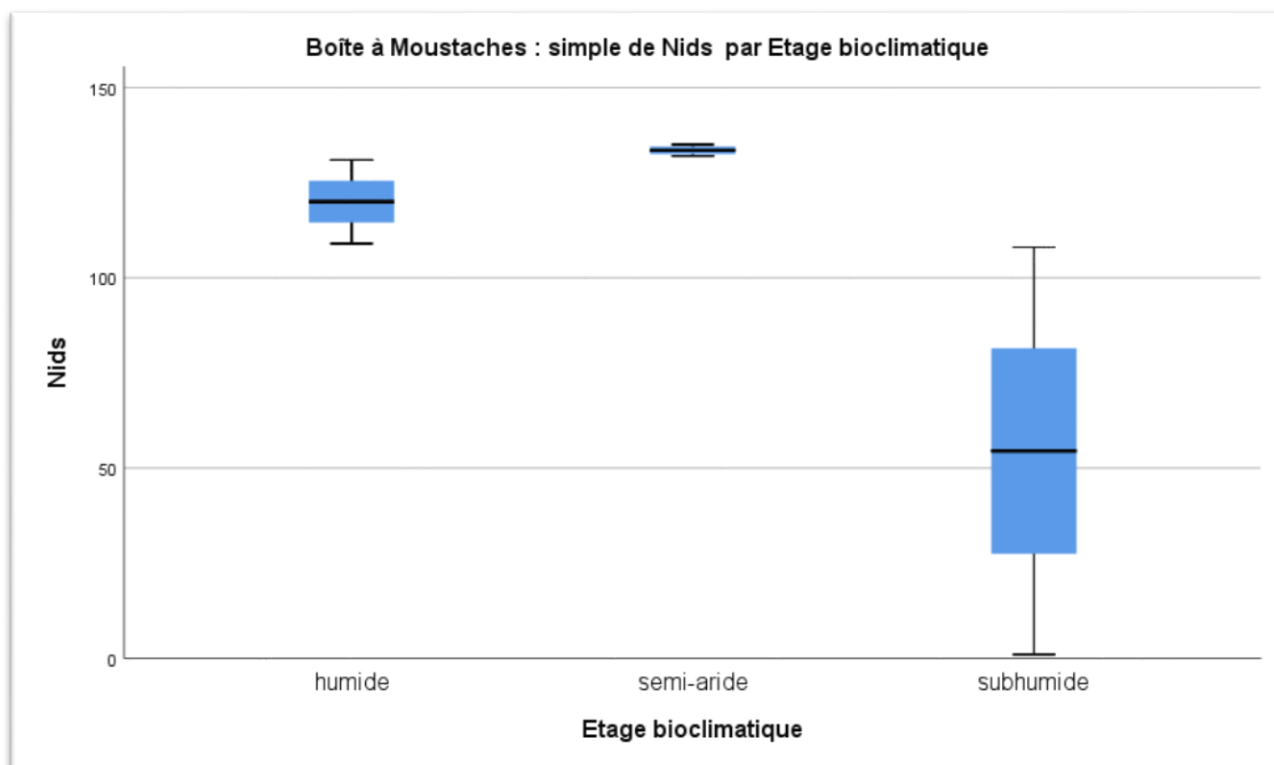


Figure33 : Variation entre le nombre des nids et l'étage bioclimatique.

2. la variation des paramètres de la reproduction :

2.1 La date d'arrivée :

Hirondelles rustiques (*Hirundo rustica*) a commencé à faire son apparition dans notre zone d'étude (wilaya de Mila) à partir le mois de mars. Nous avons observé que le premier oiseau d'Hirondelle Rustique est arrivé le 26 mars 2025.

2.1.2. Date et période de ponte :

Lors des visites régulières des nids des Hirondelles rustiques, nous avons remarqué que la première ponte ou le premier œuf du couple qui arrive plus précoce est enregistrée dans l'étage Semi-aride à partir le 10 avril, tandis que dans l'étage Subhumide la première ponte des couples plus précoce est enregistrée à 18 avril, par contre dans l'étage Humide le 22 avril 2025.

2.3 La grandeur de ponte :

Durant la période d'étude nous avons observé que la grandeur de ponte est de 3 œufs Jusqu' à 7 œufs par couvée, 3 œufs dans 13.33% des cas, 4 œufs dans 34.81% des cas, 5 œufs Dans 37.04% des cas, 6 œufs dans 12.59% des cas, 7 œufs dans 2.22% des cas.

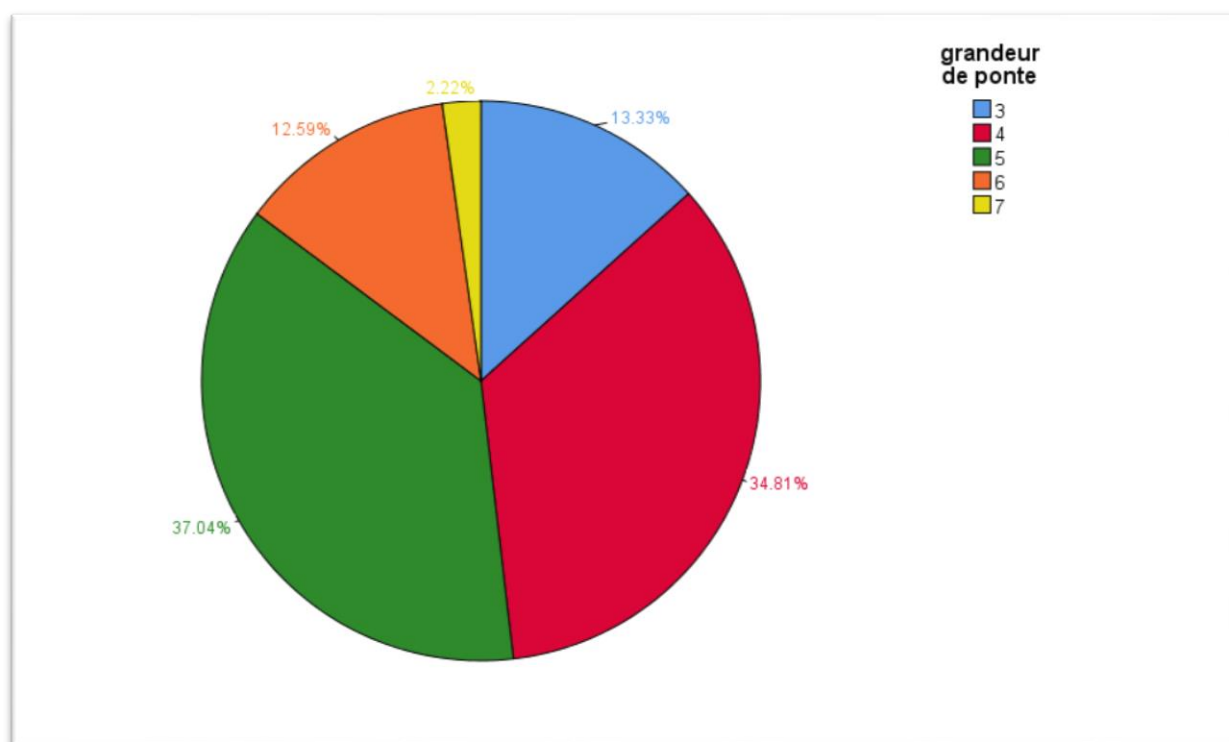


Figure 34 : Le pourcentage de la grandeur de ponte chez l'Hirondelle rustique.

Grandeur de ponte varie entre les trois étages bioclimatiques (varie entre 3 et 7 œufs), Dans l'étage humide, Elle atteint en moyenne $5,30 \pm 1,12$ et de 7 œufs.

Dans l'étage subhumide, la moyenne est légèrement inférieure $4,41 \pm 0,83$ avec 6 œufs par ponte. En revanche, dans l'étage semi-aride, la grandeur de ponte est la plus faible, avec une moyenne $4,25 \pm 0,83$ et de 5 œufs.

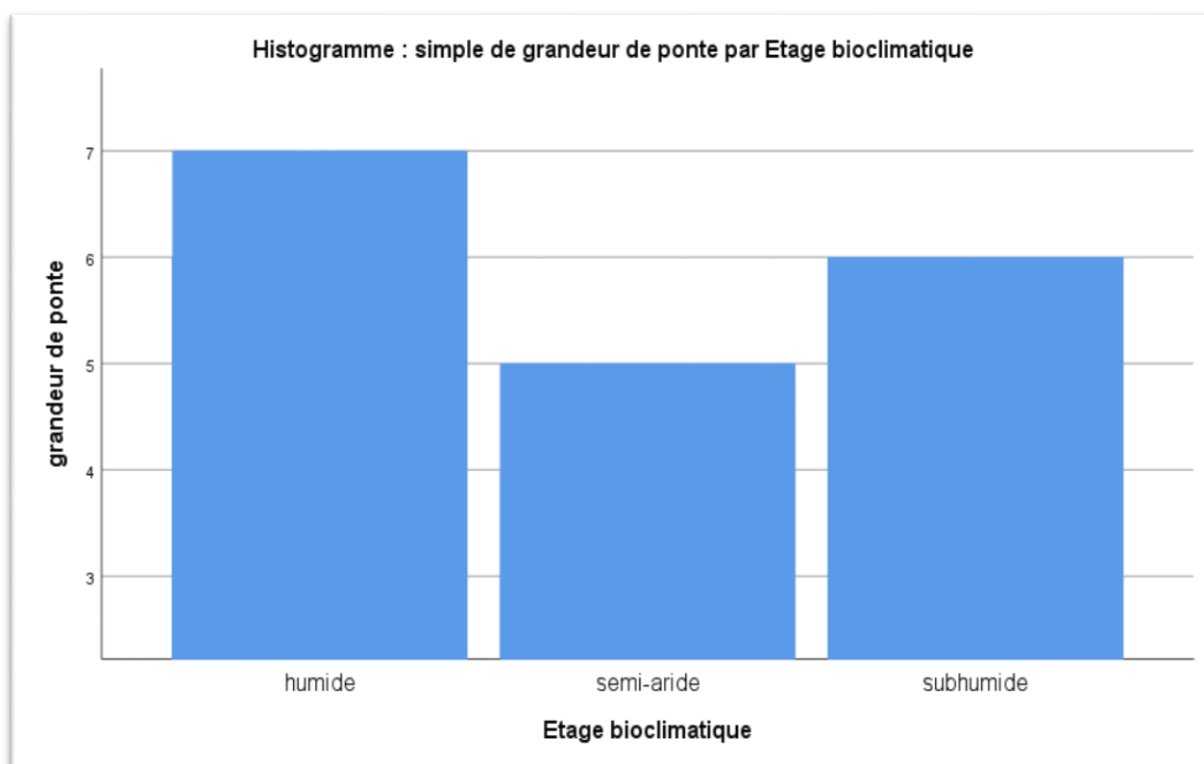


Figure 35 : La variation de la grandeur de ponte dans les trois étages bioclimatiques.

2.4 Durée d'incubation :

Durant la période d'étude l'incubation Varié entre 14 à 20 jours.

Dans l'étage subhumide, elle s'étend de 14 à 18 jours, Dans l'étage humide, elle varie principalement entre 15 et 20 jours, Enfin, dans l'étage semi-aride, les durées d'incubation sont comprises entre 14 et 17 jours.

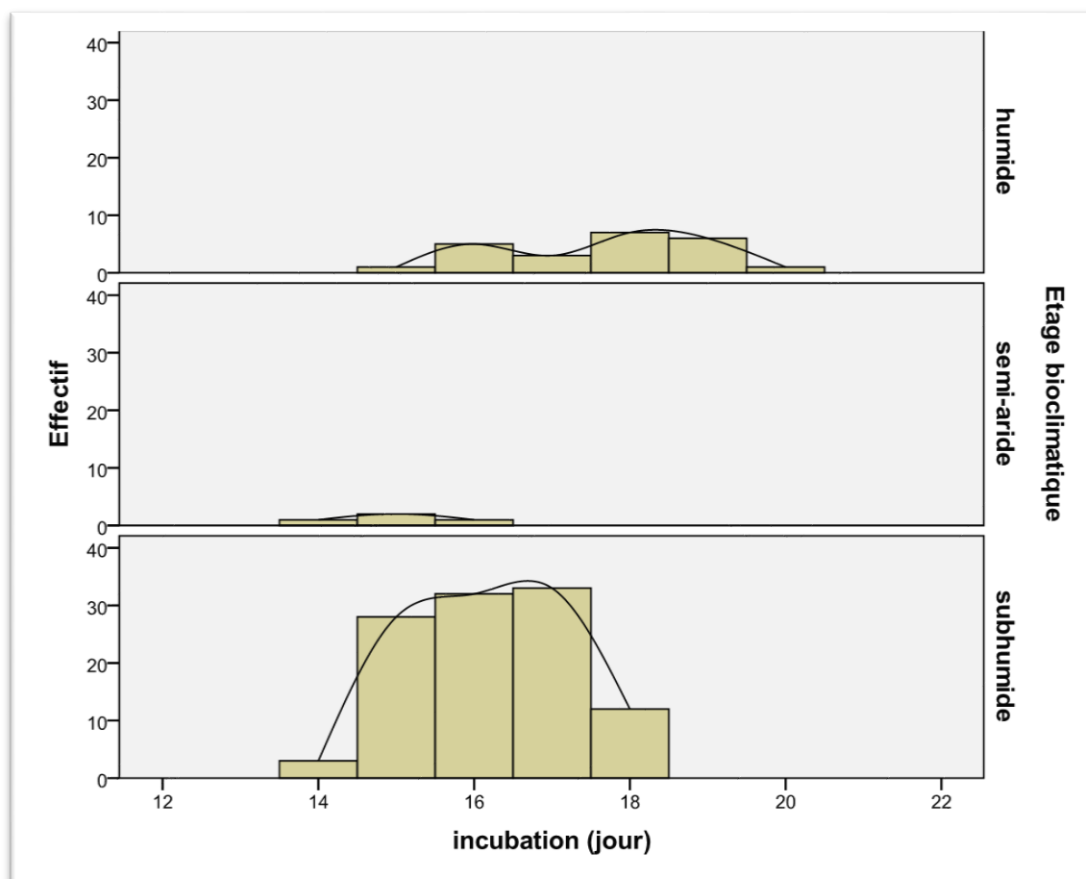


Figure 36 : La variation de la date d'incubation dans les trois étages bioclimatiques.

2.5 Œufs éclos :

Le nombre moyen d'œufs éclos dans les différents étages bioclimatiques étudiés est de 4,79 œufs, avec des valeurs allant de 2 à 6 œufs.

On a enregistré la première éclosion à 26 Avril 2025 dans l'étage bioclimatique semi-aride. Durant la période d'étude nous avons observé que les œufs éclos est de 2 jusqu'à 6 œufs par couvé ,2 œufs dans 3.70 % des cas, 3 œufs dans 29.63% des cas, 4 œufs dans 35.56% des Cas, 5 œufs dans 27.41% des cas, 6 œufs dans 3.70% des cas.

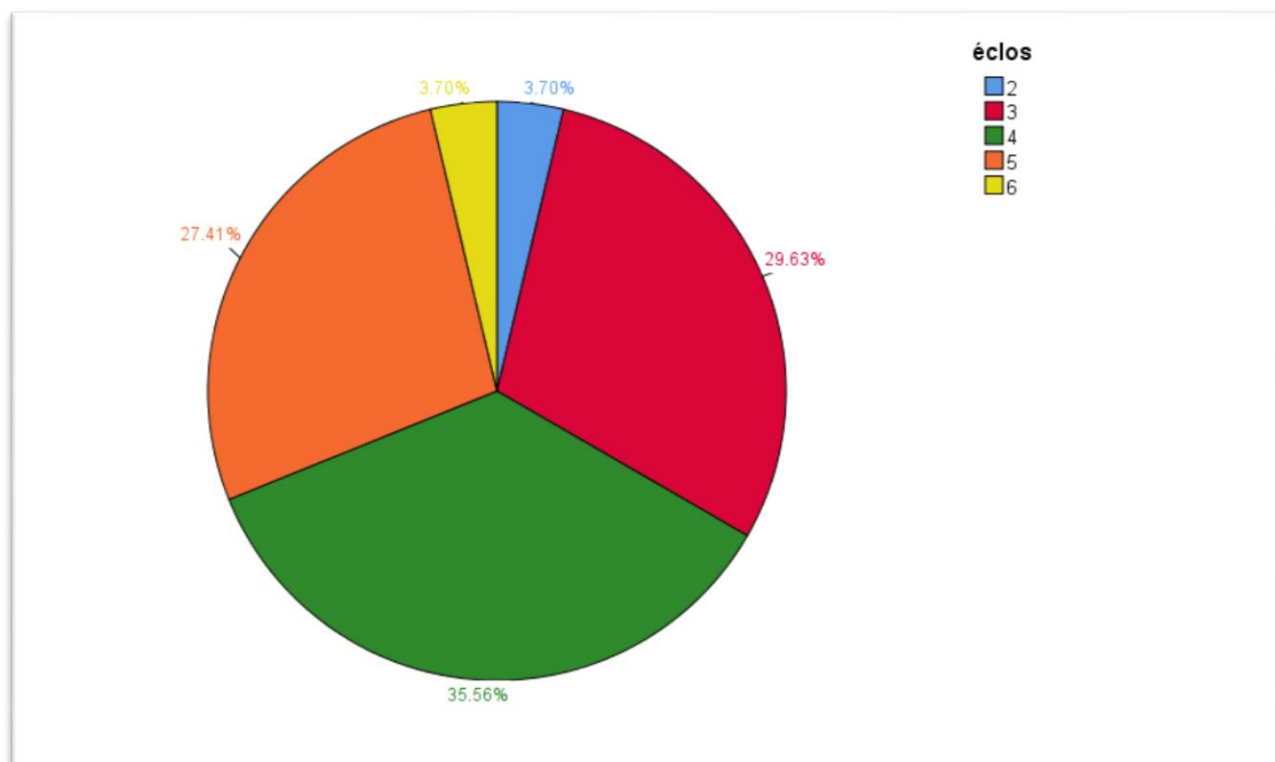


Figure 37 : Répartition du nombre d'œufs éclos.

D'après l'histogramme (**fig.38**) représentant le nombre d'œufs éclos dans chaque étage bioclimatique, nous avons constaté que la répartition des œufs éclos diffère selon les étages étudiés.

L'étage subhumide présente la densité la plus élevée, avec un effectif important d'œufs éclos autour de 4, nettement supérieur à celui des œufs éclos en effectifs de 2, 5 et 6. Dans l'étage humide, la majorité des œufs éclos correspond à un effectif de 5. En revanche, l'étage semi-aride montre une densité minimale d'éclosion.

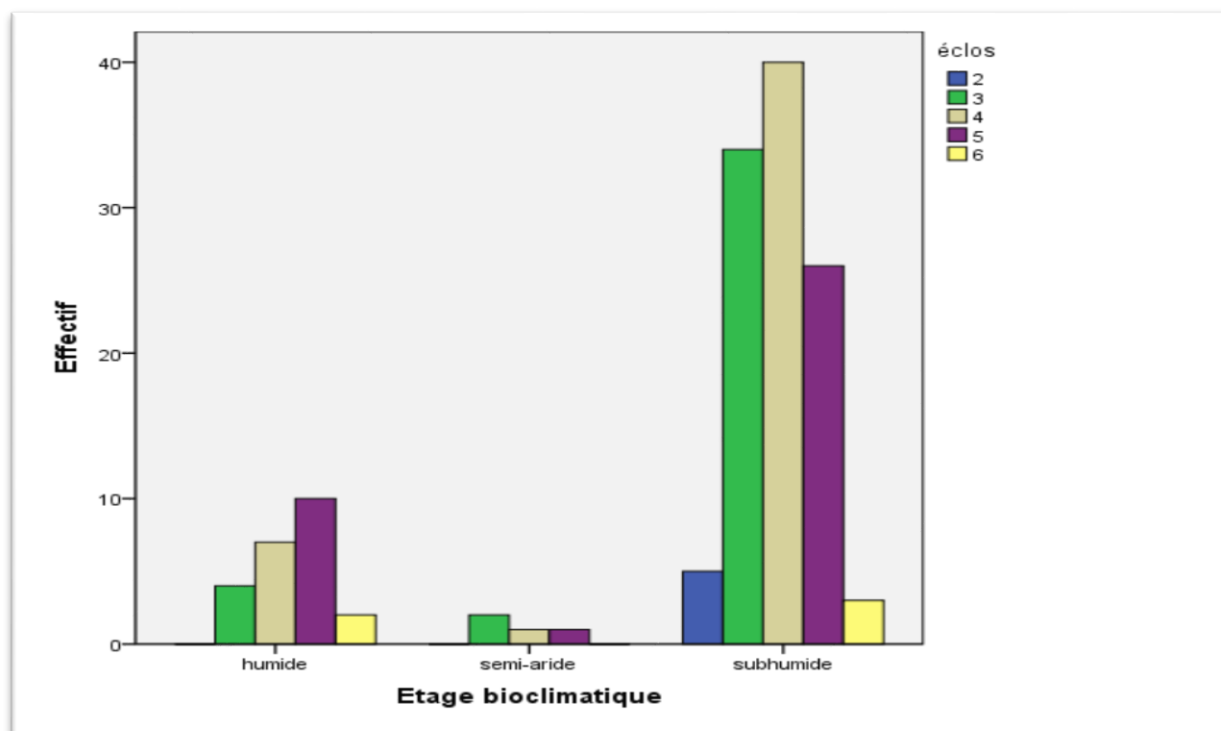


Figure 38 : le nombre d'œufs éclos dans chaque étage bioclimatique

2.6. Jeunes à l'envol :

Le nombre moyen de jeunes à l'envol est de 3,94 par couple, avec des valeurs comprises entre 2 et 6 oisillons.

Pendant la période d'étude, le nombre d'oisillons envolés variait entre 2 et 6 par couvée. la répartition des effectifs observés est la suivante : 2 œufs dans 3.70% des cas, 3 oisillons dans 31.11% des cas, 4 oisillons dans 34.81% des cas, 5 oisillons dans 28.15% des cas, oisillons dans 2.22%.

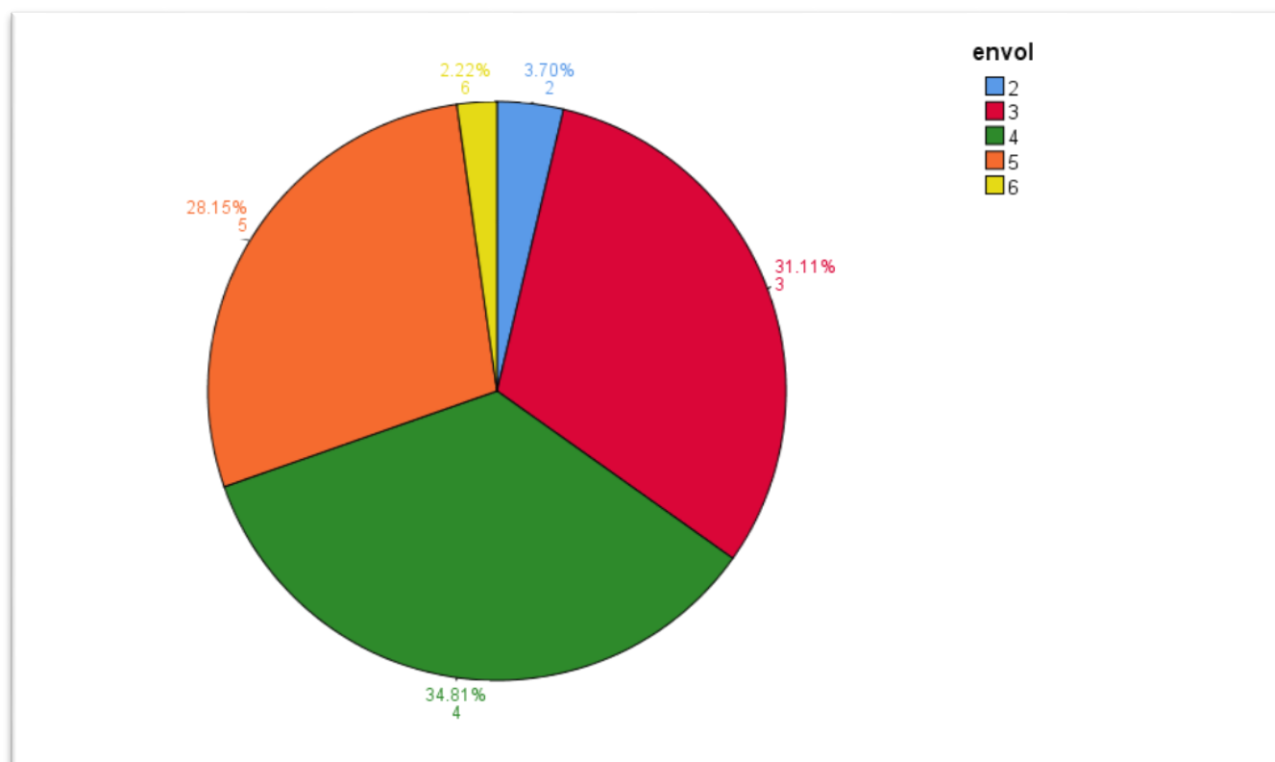


Figure 39 : Répartition du nombre de jeune à l'envol.

D'après l'histogramme (**fig.40**) représentant le nombre des jeunes envolés dans chaque étage bioclimatique, nous avons remarqué que les jeunes envolés dans les étages bioclimatiques étudiés sont différents.

L'étage subhumide présent la densité la plus élevée, Dans l'étage humide un effectif moyen, En revanche, l'étage semi-aride montre une densité minimale.

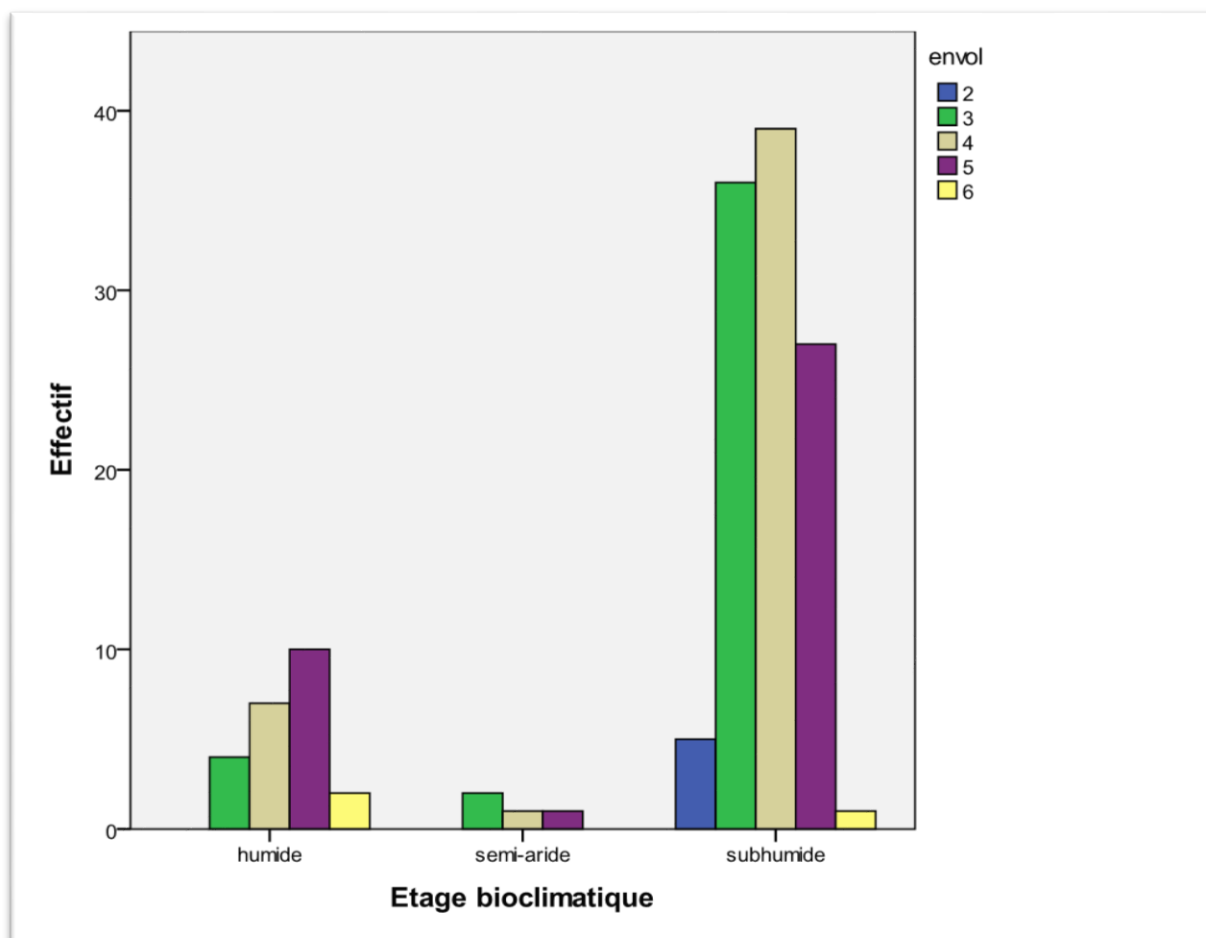


Figure 40 : Le nombre de jeune à l'envol dans chaque étage bioclimatique.

2.7 Caractéristiques des œufs :

Les œufs de l'Hirondelle rustique sont de couleur blanche tachée de roux, les dimensions Poids, longueur et largeur mesurées sur de 20 œufs des Hirondelles rustiques nous avons prélevés dans les trois étages bioclimatiques.

Le poids variant entre 1.03 à 1.8, longueur entre 1.6 à 2, largeur entre 1 à 1.6.

Tableau 10 : Caractéristique des œufs d'Hirondelle rustique (poids, longueur, largeur.

Caractéristiques des œufs	Poids (g)	longueur (cm)	largueur (cm)
Clones (n=20)	1,49±0,23	1,78±0,12	1.37±0.16

Colonne1	poid (g)	longueur (cm)	largueur (cm)
œuf 1	1.8	2	1.3
œuf 2	1.25	1.9	1.6
œuf 3	1.33	1.7	1.4
œuf 4	1.25	1.8	1.4
œuf 5	1.6	1.9	1.5
œuf 6	1.8	1.9	1
œuf 7	1.7	1.6	1.3
œuf 8	1.5	1.8	1.4
œuf 9	1.4	1.6	1.3
œuf 10	1.3	1.6	1.2
œuf 11	1.5	1.7	1.4
œuf 12	1.8	1.8	1.6
œuf 13	1.03	1.8	1.5
œuf 14	1.6	1.7	1.4
œuf 15	1.4	1.9	1.3
œuf 16	1.2	1.9	1.2
œuf 17	1.8	1.6	1.5
œuf 18	1.7	1.8	1
œuf 19	1.6	1.7	1.2
œuf 20	1.3	1.8	1.3

3. Ecologie de la reproduction :

3.1. Caractéristiques des nids :

Durant la période d'étude, 11 stations réparties sur trois étages bioclimatiques ont été examinées.

Nous avons observé que les couples d'Hirondelles rustiques les plus précoces ont occupé des nids anciens, tandis que les couples arrivés plus tardivement ont commencé à construire de nouveaux nids à partir de la mi-mars.

Au total, 136 nids d'Hirondelles rustiques ont été utilisés pour l'analyse de la distribution spatiale des nids dans la région étudiée.

3.2. Diamètre interne, externe et la profondeur de nid :

Les caractéristiques de 136 nids des Hirondelles rustique (*Hirundo rustica*) tous comme se suivent :

Le diamètre interne moyen des nids est de $14,19 \pm 3,63$ cm, la valeur maximale 24 cm et la valeur minimale 6 cm.

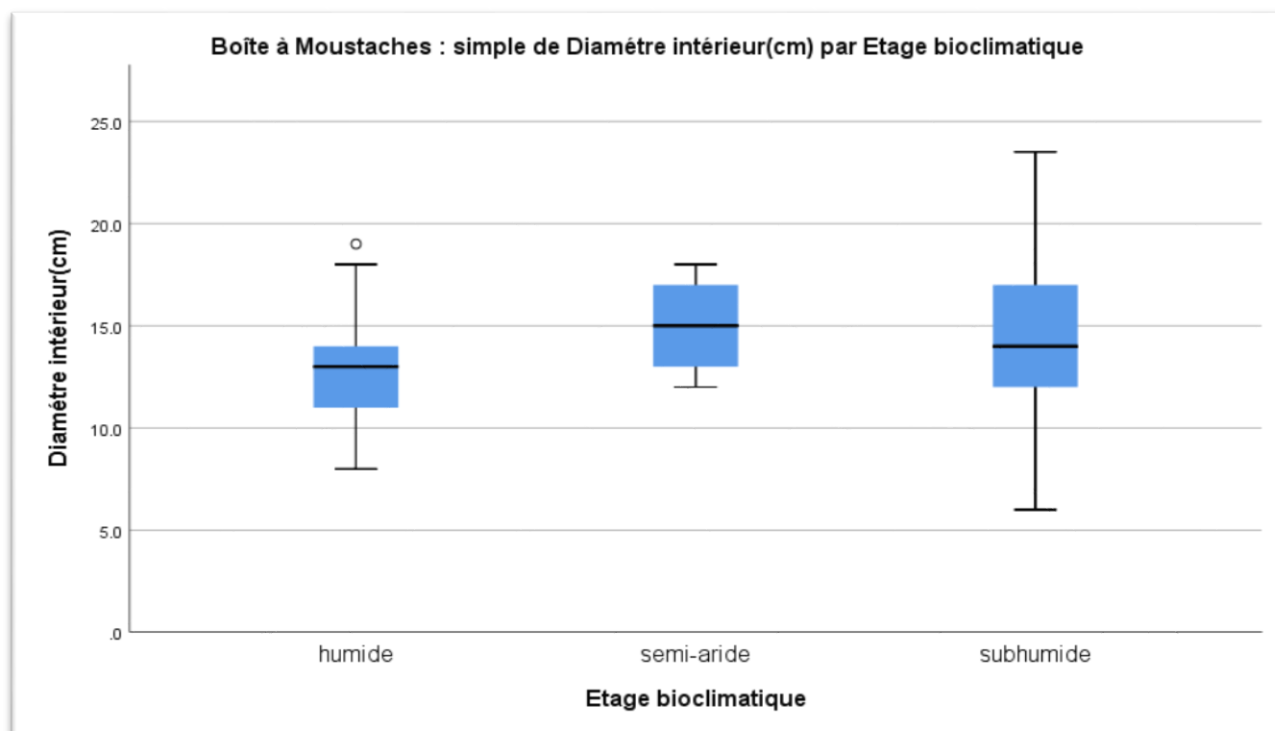


Figure 41 : La variation du diamètre interne par étage bioclimatique.

Le diamètre externe moyen des nids d’Hirondelles rustiques est de $18,71 \pm 3,71$ cm, la valeur maximale 26 cm et la valeur minimale 9 cm.

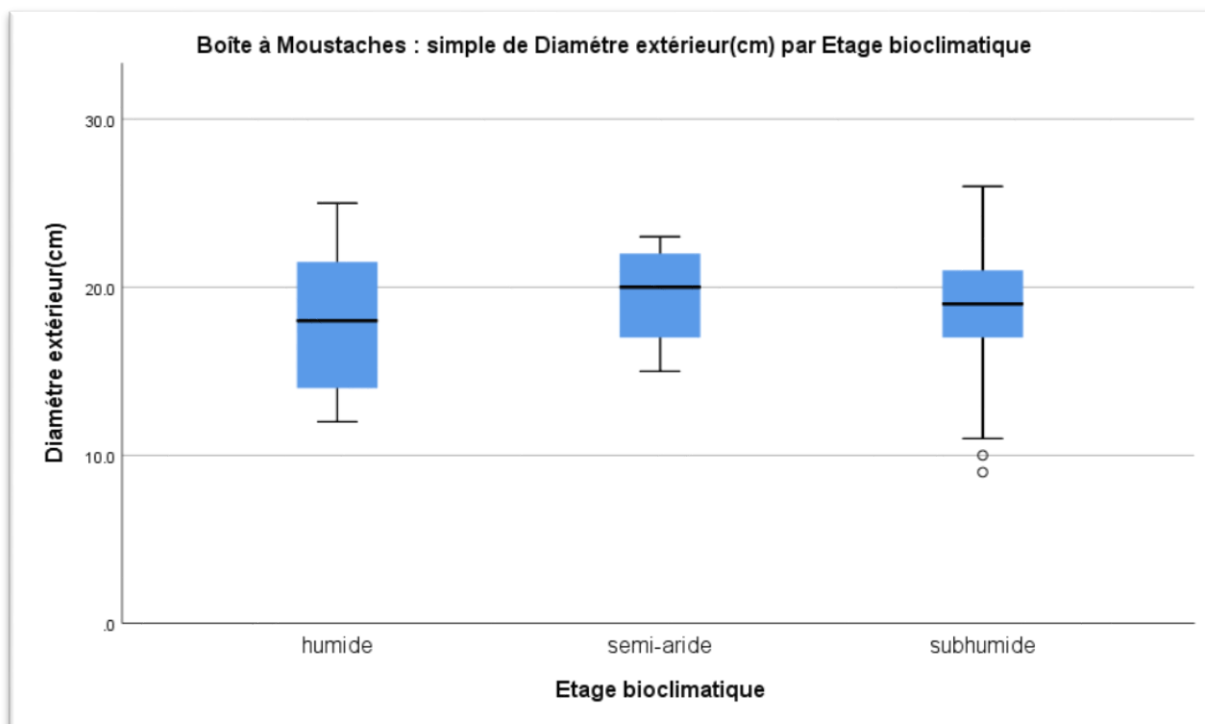


Figure 42 : La variation du diamètre externe par étage bioclimatique.

Le diamètre moyen de la profondeur des nids est de $8,83 \pm 2,62$ cm, la valeur maximale 16 cm et la valeur minimale 3 cm.

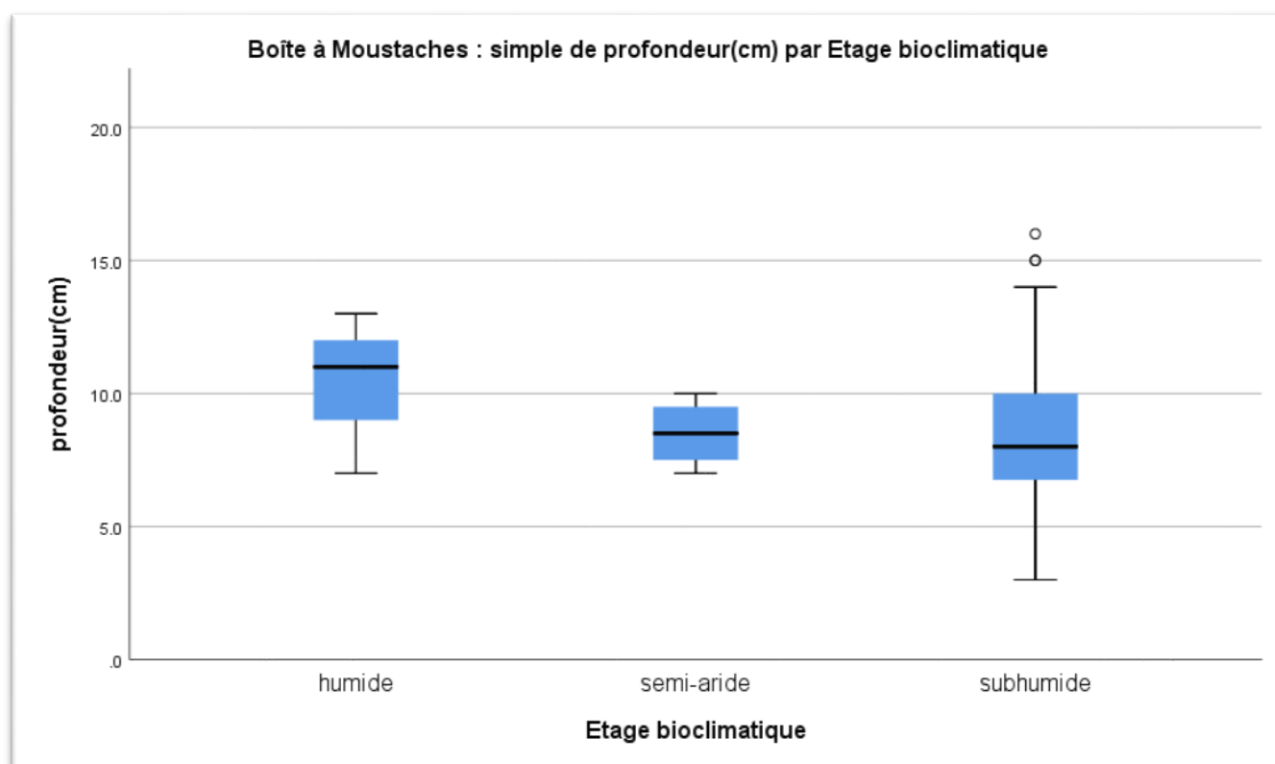


Figure 43 : La variation de la profondeur par étage bioclimatique.

Tableau 11 : Les caractéristiques des nids d'Hirondelle rustique (diamètre interne, diamètre externe, profondeur) dans chaque étage bioclimatique.

Caractéristique des nids Les étages bioclimatiques	Diamètre interne (cm)			Diamètre externe (cm)			Profondeur (cm)		
	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy
Humide (n=23)	8	19	14.13± 3.73	12	25	18,00± 4,14.	7	13	11.08± 1.6
Subhumide (n=108)	6	24	12.78± 2.71	9	26	18,83± 3,60	3	16	8.46± 2.65
Semi-aride (n=04)	12	18	15.0± 2.24	15	23	19, 50± 2,96.	7	10	8.5± 1.118

3.3. Hauteur de nid :

Les nids d'Hirondelle rustique sont construits à différentes hauteur peuvent aller jusqu'à 9.00 Mètres, la minimaux de hauteur 2.50m

Tableau 12 : Caractéristique des nids (la hauteur des nids par rapport au sol) dans chaque étage bioclimatique.

Les étages bioclimatiques	La hauteur de nid par apport le sol(m)	
	MIN	MAX
Humide	2.65	5.00
Subhumide	2.50	9.00
Semi-aride	3.80	7.00

Discussion :

Dans cette partie, nous avons abordé de manière approfondie l'influence des paramètres climatiques, notamment la température et les précipitations, sur la répartition des nids selon les étages bioclimatiques de la wilaya de Mila, ainsi que sur certains aspects liés à la reproduction.

Les Hirondelles rustiques (*Hirundo rustica*) accomplissent une migration transcontinentale remarquable, traversant le Sahara deux fois par an pour rejoindre leurs sites de reproduction natals. Cette espèce montre une fidélité exceptionnelle aux sites de nidification, avec des taux de retour pouvant atteindre 70 % chez les adultes (Møller, 1994).

La réutilisation interannuelle des nids est un comportement fréquent chez l'Hirondelle rustique, notamment dans les zones urbaines où les structures humaines offrent des sites de nidification stables. Certains sites peuvent être utilisés pendant de nombreuses années consécutives (Møller, 2001 ; Ambrosini *et al.*, 2002).

En Algérie, ces oiseaux colonisent massivement les milieux urbains et péri-urbains du nord du pays durant la saison de reproduction (mars à septembre), formant parfois des colonies de plus de 50 nids sur des bâtiments individuels (Bendjoudi *et al.*, 2023).

Les hirondelles rustiques sont arrivées dans notre région d'étude à partir de la fin du mois de Mars avec un arrivage massif enregistré vers le début d'Avril.

L'installation des nids dans chaque étage bioclimatique :

Dans cette section, nous discutons les résultats de l'étude sur l'installation des nids d'Hirondelles rustiques, en nous basant sur certains paramètres écologiques retenus, tels que la hauteur des nids par rapport au sol, la distance entre les nids et les champs libres, ainsi que la distance entre les nids et les points d'eau.

Hauteur des nids par apport au sol :

D'après nos résultats obtenus durant la période d'étude dans les trois étages bioclimatiques on observe que le nombre des nids est diminué avec l'augmentation de la hauteur des nids par rapport au sol dans l'étage bioclimatique Semi-aride, au contraire dans l'étage Humide et subhumide on observe que le nombre des nids augmente avec l'augmentation de la hauteur des nids.

Nos résultats obtenus montrent que l'installation des nids des Hirondelles rustique *Hirundo rustica* est liée à la distance nid-sol dans l'étage Humide et Semi- aride, Tandis que

Dans l'étage Subhumide l'influence de la distance des nids par rapport au sol est négligeable sur l'installation des nids, donc on peut constater que les Hirondelles rustique installent leurs nids dans des basses hauteurs où il y a des températures favorables à la disponibilité de leurs régimes alimentaires et donc à leurs nidifications et leurs reproductions.

La distance nid-champs libre :

Les espèces animales subissent d'importantes variations saisonnières climatiques, thermiques et trophiques. Face à ces contraintes, elles développent des adaptations physiologiques, comportementales et morphologiques complexes (Boyle *et al.*, 2020). Ces mécanismes évolutifs leur permettent de maintenir leur homéostasie et d'optimiser leur succès reproducteur dans des environnements changeants.

Les ressources alimentaires disponibles présentent en effet des fluctuations spatio-temporelles marquées qui influencent directement l'écologie des espèces (Dias *et al.*, 2020). Ces variations conditionnent les stratégies d'acquisition énergétique et la phénologie des cycles biologiques. Les études récentes montrent que les espèces développent des plasticités phénotypiques remarquables pour s'adapter à ces contraintes saisonnières (Piersma et van Gils, 2011).

Nos résultats montrent que l'installation des nids des Hirondelles rustiques dans les deux étages bioclimatiques humide et semi-aride est liée à la distance des nids par rapport aux champs libres, où le nombre des nids diminue progressivement avec l'augmentation de celle-ci. Mais dans l'étage subhumide la distance nid-champs libre n'influence pas sur l'installation de ces derniers. On peut conclure que la distance nid-champs libres est un paramètre nécessaire à l'installation des nids des Hirondelles rustiques.

Distance nid-eau :

Les colonies d'Hirondelles rustiques (*Hirundo rustica*) s'établissent préférentiellement à proximité des plans d'eau et des zones végétalisées, particulièrement près des arbres à feuilles caduques qui constituent des sites privilégiés de chasse aux insectes volants (Martínez-Sastre *et al.*, 2021).

Des études récentes montrent que la proximité de l'eau n'est pas seulement utile pour la collecte de boue servant à la construction des nids, mais surtout pour l'abondance d'insectes, principale ressource alimentaire des Hirondelles rustiques. C'est donc la disponibilité trophique qui

conditionne le choix des sites de nidification (**Martínez Sastre et al., 2021 ; Bendjoudi et al., 2023**).

Les résultats obtenus montrent que le nombre des nids des Hirondelles rustiques (*Hirundo rustica*) décroît avec l'augmentation de la distance nid-eau dans l'étage Humide, tandis que pour l'étage subhumide et Semi-aride le nombre des nids augmente progressivement avec l'augmentation de la distance nid-eau.

Donc on peut conclure que la distance nid-eau est un paramètre nécessaire pour l'installation des nids dans les trois étages bioclimatiques étudiés, mais en différentes manières.

Cette augmentation de nombre des nids dans l'étage Semi-aride et subhumide est due au choix des Hirondelles rustiques des sites de nidification à la proximité des champs libres, à cause de la carence en précipitation dans ces étages.

Nombre des nids-étage bioclimatique :

Choix du site de nidification est un critère important pour la réussite de la reproduction puisqu'il est associé à la disponibilité en ressources alimentaires ainsi qu'à la protection contre la prédation (**Forstmeier et Weiss, 2004**).

Selon les recherches antérieures, on observe que les Hirondelles rustiques construisent leurs nids à des altitudes basses où les températures et les précipitations sont favorables à la disponibilité de leur nourriture, favorisant ainsi leur nidification et leur reproduction.

Concernant la distribution des nids d'Hirondelles rustiques à travers les différents niveaux bioclimatiques de la wilaya de Mila, l'étude révèle une distinction remarquable entre ces trois niveaux en ce qui a trait à leur implantation.

Selon les résultats nous constatons que les Hirondelles rustiques préfèrent l'étage Subhumide que les deux étages Humide et Semi-aride.

Nous expliquons que la sélection de l'emplacement des nids dépendait du type de support disponible (les ressources alimentaires), ainsi que des conditions climatiques favorables, notamment la température et les précipitations. Cela traduit les différences potentielles entre les étages bioclimatiques.

Biologie de reproduction :**La date d'arrivée :**

Selon les observations directes, les Hirondelles rustiques (*Hirundo rustica*) a commencé à faire son apparition dans notre zone d'étude (wilaya de Mila) à partir le mois de mars.

Selon les études générales sur la migration en Algérie, cette espèce arrive généralement plus tôt dans les régions côtières (fin février à mars), comme le montrent les travaux de **Rouaiguia (2015)** et **Lahlah (2015)**, alors que dans les zones intérieures, son arrivée peut être légèrement décalée vers mi-mars en raison des températures plus basses (**Boukhemza et al., 2008**). Ainsi, Hirondelle rustique pourrait atteindre Mila vers début ou mi-mars.

En Corée du Sud, les données montrent que les Hirondelles rustiques arrivaient principalement à la fin du mois de mars dans les années 1970, tandis qu'elles arrivent désormais en avril, voire en mai sur plusieurs sites, marquant ainsi un retard pouvant atteindre un à deux mois. Ce décalage phénologique est généralement attribué aux effets du changement climatique (**Both et al., 2001**).

La comparaison des dates d'arrivée dans différentes régions d'étude montre l'existence d'un gradient latitudinal, les Hirondelles arrivent en retard dans les régions situées plus au Nord de l'aire de sa nidification (**Lahlah, 2010**). Chez les oiseaux migrateurs, les dates d'arrivée au site de reproduction varient non seulement selon les espèces, mais également en fonction de l'âge et du sexe des individus. Les mâles adultes arrivent généralement plus tôt que les femelles et les jeunes, un phénomène connu sous le nom de protandrie (**Møller, 2004 ; Møller et al., 2009**).

Date de ponte :

La température joue un rôle déterminant dans la reproduction de l'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) en Algérie, agissant à la fois directement sur la physiologie de l'oiseau et indirectement sur la disponibilité des ressources alimentaires. Comme le démontrent **Haddad, Hanane & Houhamdi (2015)**, les variations climatiques saisonnières ont une influence sur la productivité des nichées dans les zones urbaines nord-africaines.

La date de ponte chez l'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) varie selon les conditions climatiques régionales. Dans les zones côtières comme Annaba et Guelma, les pontes débutent généralement dès fin mars, favorisées par un climat méditerranéen doux et une disponibilité précoce en insectes (**Bensouilah et al., 2020**). Dans les régions intérieures telles que Mila ou Batna, où les températures printanières sont plus fraîches, la ponte de l'Hirondelle rustique

(*Hirundo rustica*) est retardée jusqu'à la mi-avril ou début mai, en raison du décalage de la disponibilité des insectes, comme le montrent **Sakraoui et al., (2005) et Haddad et al., (2015)**.

Les variations thermiques printanières peuvent retarder le développement gonadique chez les oiseaux, en raison des basses températures (effet physiologique), et réduire la disponibilité en insectes volants, qui constituent leur principale source de nourriture (effet trophique) (**Dunn & Winkler, 2010 ; Visser et al., 2006**).

Dans notre région, la date de ponte de premiers œufs varie entre les étages bioclimatiques de la wilaya de Mila dont, dans l'étage Semi-aride le 10 Avril, l'étage Subhumide le 18 et le 22 Avril pour l'étage Humide, Cette différence pourrait s'expliquer par la variation des conditions climatiques (Température et précipitation) entre les trois étages bioclimatiques.

Plusieurs études ont montré que beaucoup de facteurs pourraient affecter la date de ponte à savoir l'âge de parents, la disponibilité alimentaire et les conditions physiques des femelles durant la saison de reproduction (**Klomp, 1970 ; Perrins, 1970 ; Milne, 1974 ; Sockman et al., 2006**).

Des études récentes ont montré que les populations urbaines d'oiseaux, bénéficiant de microclimats plus cléments liés à l'effet d'îlot de chaleur urbain, peuvent pondre légèrement plus tôt que leurs congénères rurales. Chez l'Hirondelle rustique, cette avance peut être attribuée à une température locale plus élevée, favorisant l'activité alimentaire précoce et la préparation à la reproduction (**Jiguet et al., 2020 ; Capilla-Lasheras et al., 2022**). Ces observations soulignent l'importance des facteurs environnementaux dans le calendrier reproducteur de cette espèce migratrice.

La grandeur de ponte :

La taille de ponte chez les oiseaux varie en fonction de plusieurs facteurs écologiques et environnementaux, tels que la température, les précipitations et la disponibilité alimentaire (**Liang et Møller, 2022**).

À Mila, nous avons constaté que la grandeur de ponte de l'Hirondelle rustique dans les trois étages bioclimatiques est **(4.56)** (Varie entre 3 et 7 œufs), à l'étage Humide **(5.30)**, dans l'étage Subhumide **(4.41)**, dans l'étage Semi-aride **(4.25)**.

Ces résultats sont Inférieurs à celle de Guelma (4,87 ; 4,88) (Haddad, 2015), de Tébessa (4,87) (Fenghour, 2018). Seulement dans l'étage Humide la grandeur moyenne de ponte sont plus élevées que les autres.

La grandeur de ponte est influencée par : les variations saisonnières, avec des couvées plus importantes en début de saison (effet bien documenté depuis Coulson, 1963) ; la disponibilité alimentaire en insectes, particulièrement critique pour les espèces insectivores (Grieco et al., 2020) , La condition physique des femelles affecte la taille des pontes, les individus en meilleur état produisant des couvées plus abondantes (Williams, 2012). Ces paramètres varient avec la latitude, comme observé entre le littoral algérien (4,8 œufs/couvée) et l'intérieur (3,9 œufs/couvée) (Samraoui et al., 2022).

D'après nos résultats nous avons remarqué que la moyenne de grandeur de ponte le plus fréquent est enregistrée dans l'étage humide par contre dans l'étage subhumide et Semi-aride. Donc on peut conclure que les conditions climatiques et surtout la disponibilité alimentaire jouent un rôle plus important dans les variations de la grandeur de ponte.

Durée d'incubation :

L'incubation est une partie essentielle de la reproduction des oiseaux (Deeming, 2002). Elle est une étape énergétiquement coûteuse et prend du temps dans le cycle de reproduction (Vleck 1982 ; Reid et al. 2002), qui restreint spatialement et temporellement d'autres activités (Bartlett et al. 2005). Les mâles peuvent contribuer indirectement en alimentant la femelle pendant l'incubation (Halupka, 1994), en participant à la défense du nid (Hailman et Woolfenden, 1985) comme l'Hirondelle rustique.

L'incubation chez l'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) en Algérie représente une phase critique du cycle reproducteur, influencée par divers facteurs écologiques et comportementaux. Comme l'ont démontré (Belkacem, M., Bensouilah, T., & Saâd, H. 2022).

La durée d'incubation dans notre région chez les Hirondelles rustique varie de 14 à 20 jours $16,42 \pm 1,24$, La période moyenne d'incubation n'a pas beaucoup varié entre les trois étages climatiques. Ces résultats sont semblables à ceux enregistré durant l'année 2012 ($16,29 \pm 2,75$ jour), différents à ceux enregistré durant l'année 2013 ($17,78 \pm 3,04$ jour) par Haddad (2015) dans la wilaya de Guelma.

La durée et le déclenchement de l'incubation chez l'Hirondelle rustique sont assez Paradoxaux. Cramp (1988) et Turner (1994) ont suggéré que les femelles entament l'incubation après la

ponte des derniers œufs et que l'asynchronisme dans les éclosions résulterait d'une perturbation de la régulation thermique des œufs, en particulier la nuit. En revanche, **Møller (1994)** a montré que les femelles entament l'incubation systématiquement après la ponte du dernier ou de l'avant-dernier œuf.

La variation entre les régions dans la durée d'incubation a été prévue car cette période est souvent corrélée avec de nombreux facteurs le changement climatique surtout, la baisse de la température et les chutes de pluie prolongent la durée d'incubation.

Œufs éclos :

Pendant la période d'étude la moyenne des œufs éclos est de **4.79** avec des limites de 02 à 06 œufs. Le nombre d'œufs éclos varie entre 02 à 06 œufs. Notre résultat est tout à fait différent à celui enregistré par **Haddad (2015) ($4,33 \pm 1,24$)** ce résultat est plus important que notre région. et les résultats étudiée dans la région de Tébessa (**2,60**) par **Fenghour (2018)**.

La variation du nombre d'œufs éclos d'un étage bioclimatique à l'autre pourrait s'expliquer par une différence dans le nombre d'œufs pondus par nid selon l'étage bioclimatique à l'autre, ou encore par un abandon partiel de la ponte par certaines femelles.

Par ailleurs, l'utilisation d'insecticides dans les bâtiments résidentiels pourrait avoir un impact négatif sur le nombre d'œufs pondus par nid, en réduisant la disponibilité en proies.

Il ne faut pas non plus négliger l'effet des conditions territoriales et climatiques : les couples occupant les territoires les plus favorables, bénéficiant d'un bon accès à la nourriture et de conditions climatiques adéquates, ont tendance à pondre plus tôt et en plus grand nombre que ceux installés dans des habitats de moindre qualité.

Donc selon les résultats obtenus, il y a une corrélation significative entre les œufs éclos et les étages bioclimatiques.

Jeunes à l'envol :

Dans notre région, nous avons constaté qu'il y a une différence dans le nombre des jeunes envolées d'un étage bioclimatique à l'autre, nous avons remarqué que l'effectif de la densité la plus élevée a été marqué dans l'étage subhumide, après dans l'étage Humide, tandis que l'étage Semi-aride a été marqué par une densité minimale ; Cette disparité pourrait s'expliquer par l'influence combinée de la température (**T**) et des précipitations (**pp**) sur les ressources alimentaires et le succès reproducteur.

Plusieurs études ont démontré que des températures modérées (20-25°C) et des précipitations suffisantes (>800 mm/an), caractéristiques des étages subhumide et humide, favorisent une abondance accrue d'insectes, essentiels au régime alimentaire des adultes et des poussins (**Bryant, 1975 ; Dunn, 1977 ; Smith et al., 2018**). À l'inverse, dans l'étage semi-aride, des températures élevées (>35°C) et une raréfaction des précipitations (<400 mm/an) réduisent significativement la disponibilité des proies (**Jones & Smith, 2020**), obligeant les adultes à augmenter leur effort de recherche alimentaire (**Martin, 1987**), ce qui diminue la fréquence des nourrissages des jeunes (**Wilson et al., 2019**).

Par ailleurs, les conditions climatiques extrêmes des zones semi-arides peuvent également augmenter la prédation en réduisant le couvert végétal (**Brown et al., 2021**) et en induisant un stress thermique chez les oisillons (**Robinson et al., 2022**), limitant ainsi davantage le taux de jeunes à l'envol. Ces résultats corroborent les travaux récents de **Garcia-Ruiz et al., (2023)** qui ont montré que les variations microclimatiques entre étages bioclimatiques affectent directement la dynamique des populations aviaires à travers des mécanismes trophiques et physiologique.

Caractéristiques des œufs :

La taille de l'œuf représente un trait fonctionnel étroitement lié aux autres caractéristiques du cycle vital des oiseaux, montrant des variations adaptatives en réponse aux conditions de l'habitat (**Deeming & Reynolds, 2015 ; Mainwaring et al., 2014**). Les paramètres morphométriques des œufs incluant la longueur, la largeur et l'indice de forme - constituent des variables clés des stratégies d'histoire de vie, comme l'ont démontré plusieurs études récentes (**Portugal et al., 2020 ; Maurer et al., 2011**). Ces caractéristiques présentent en effet une corrélation significative avec la masse des poussins à l'éclosion chez de nombreuses espèces aviaires (**Krist, 2011 ; Eng et al., 2022**), un phénomène maintenant bien documenté à travers différents taxons et habitats.

Les caractéristiques des œufs des Hirondelles rustiques sont différentes d'un étage à l'autre nous avons prélevé des échantillons dans les trois étages bioclimatique (poids 1.03 à 1.8, longueur : 1.6 à 2 cm, largeur : 1 à 1.6 cm).

Les variations observées dans les dimensions (longueur, poids, largeur) des œufs entre les trois étages bioclimatiques étudiés peuvent s'expliquer par plusieurs facteurs interdépendants. Tout

d'abord, la disponibilité des ressources alimentaires, qui varie selon les conditions environnementales de chaque étage, influence directement les caractéristiques des œufs, comme l'ont démontré **Reynolds et Perrins (2010)** et **García-Navas et al., (2022)**. Les conditions climatiques locales (température, précipitations) jouent également un rôle clé en modulant l'investissement reproducteur des femelles (**Mainwaring et al., 2014 ; Nord et Nilsson, 2019**). Par ailleurs, des études récentes ont confirmé que l'âge et l'expérience des femelles affectent significativement la qualité des œufs, les femelles plus âgées produisant généralement des œufs de meilleure qualité (**Limmer et Becker, 2009 ; Evans et al., 2020**). La date de ponte, étroitement liée aux conditions environnementales, représente un autre facteur important influençant les traits des œufs (**Samplonius et Both, 2019 ; Ospina et al., 2021**). Enfin, la taille corporelle des femelles reste un déterminant majeur de la taille des œufs (**Williams, 2012 ; Eng et al., 2022**), avec des conséquences importantes sur la fitness des poussins, comme l'ont montré **Krist (2011)** et **DuRant et al.,(2022)**. Ces différents facteurs agissent de concert pour façonner les caractéristiques des œufs en fonction des spécificités de chaque étage bioclimatique.

L'écologie de reproduction :

Caractéristiques des nids :

Chez les oiseaux, la sélection optimale de l'habitat de nidification repose sur deux critères essentiels : la sécurité physique (sites protégés et difficilement accessibles aux prédateurs) et la disponibilité des ressources alimentaires, comme l'ont confirmé les études récentes de **Mainwaring et al., (2022)** et **Ibáñez-Álamo et al.,(2023)**. Dans notre région d'étude, les Hirondelles rustiques (*Hirundo rustica*) montrent une préférence marquée pour les zones périphériques rurales et semi-urbaines, évitant relativement les noyaux urbains denses. Ce pattern de sélection contraste avec les observations de **Sakraoui et al., (2005)** et **Haddad (2015)**.

La plupart des couples d'Hirondelles rustiques occupent et renouvellent les anciens nids, la construction des nouveaux nids est rare. La construction des nouveaux nids a commencé après l'occupation de tous les anciens nids. La construction se fait par les deux partenaires même après que les couples précoces déclenchent la ponte (**Rouaiguia, 2015**).

La vie en colonie résulte souvent d'un compromis entre le manque de sites de nidification optimaux et la nécessité d'accéder à des zones d'alimentation étendues, comme le confirment les études récentes de **Sorato et al., (2021)** et **Jiménez-Peña et al., (2023)**. La colonialité offre plusieurs avantages évolutifs par rapport à la nidification solitaire, notamment une réduction significative de la prédation grâce à des stratégies collectives de défense. Les travaux de **Feeney et al., (2019)** et **Ibáñez-Álamo et al., (2020)** ont démontré que ces mécanismes incluent : le harcèlement coordonné des prédateurs (mobbing), l'effet de dilution du risque, et la synchronisation des pontes qui réduit la pression de prédation sur chaque couvée. Ces bénéfices anti-prédateurs, combinés à une meilleure détection des ressources alimentaires (**Firth et al., 2022**).

Au cours de notre période de stage, nous avons observé que les caractéristiques des nids dans la wilaya de Mila ne semblent pas être influencées par le type de climat. En effet, les nids étudiés présentent une position d'installation, une forme ainsi qu'un matériau de construction similaire, indépendamment de l'étage bioclimatique. Ainsi, ces caractéristiques demeurent constantes à travers les trois étages bioclimatiques analysés.

Lors des visites des nids des hirondelles rustiques, nous avons trouvé un cas exceptionnel où le couple parental a construit un petit nid attaché à leur nid pour le bien de leurs poussins.

Diamètre interne, externe, profondeur et la hauteur de nid :

Pendant la période d'étude dans les trois étages bioclimatiques nous avons constaté que le diamètre interne des nids des Hirondelles rustiques dans l'étage Humide varie entre 8 et 19 cm avec moyenne **14.13± 3.73**, dans l'étage Subhumide compris entre 6 et 24 cm avec moyenne **12.78± 2.71**, tandis que dans l'étage Semi-aride varie entre 12 et 18 cm avec moyenne **15.0± 2.24**.

Les mesures de diamètre externe des nids dans le premier étage sont comprises entre 12 et 25cm avec moyenne **18,00± 4,14**, le deuxième étage varie entre 9 et 26cm avec moyenne **18,83 ± 3,60**, et dans le dernier étage le diamètre externe compris entre 15 et 23 cm avec moyenne **19,50± 2,96**.

La profondeur des nids dans l'étage Humide varie entre 7 et 13 cm avec moyenne **11.08± 1.6**, Subhumide compris entre 3 et 16 cm avec moyenne **8.46± 2.65**, et dans l'étage Semi-aride varie entre 7 et 10 cm avec une moyenne **8.5± 1.118 cm**.

Concernant la hauteur des nids par rapport au sol dans les trois étages bioclimatiques, les résultats de la présente étude montrent que la hauteur des nids des Hirondelles rustiques, dans l'étage Humide varié entre 2.65 et 05 m, dans l'étage Subhumide de 2.50 et 09m, et le dernier étage varie entre 3.80 et 07 m.

Nos résultats sont différents à ceux qui sont enregistrés à Tébessa et Guelma, ils sont inférieurs à ceux de **Fenghour (2018)** qui variait de 4,83m à 13,51 m et aussi inférieures à celles de **(Haddad, 2015)** qui variait de 2,61m à 14,61 m, et supérieurs à celles de **(Mcgimm et Clark, 1978)** qui variait de 3 à 4,5 m.

Donc les résultats obtenus montrent que les autres caractéristiques des nids (le diamètre interne, externe, la profondeur) ne varient pas avec la variation des étages bioclimatiques.

Cela suggère l'absence de corrélation entre les caractéristiques architecturales des nids et les conditions climatiques. Il en découle que l'Hirondelle rustique privilégie l'installation de ses nids dans des zones calmes, situées à de faibles altitudes.

Conclusion



Cette étude menée dans l'extrême nord-est de l'Algérie a permis de mieux comprendre l'impact des facteurs climatiques, en particulier la température et les précipitations, sur la stratégie sociale de l'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*). Les résultats obtenus mettent en évidence une sensibilité marquée de cette espèce nicheuse aux variations climatiques, influençant à la fois sa répartition spatiale, son comportement de nidification et ses interactions sociales.

La wilaya de Mila, située dans une zone intérieure au climat méditerranéen, est devenue une destination privilégiée pour de nombreuses espèces d'oiseaux migrateurs. La région offre des conditions écologiques favorables à la reproduction de plusieurs espèces aviaires, en particulier notre espèce modèle.

Au terme de ce travail que nous avons effectué dans la région de Mila sur l'Hirondelle rustique durant 7 mois de suivi nous avons arrivé à tirer les conclusions suivantes :

L'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) ne sont pas localisées au hasard il existe des facteurs différents qui influencent leur choix de localisation et d'habitat.

Le climat incluant la température, les précipitations et la vitesse du vent constitue le principal facteur affectant l'installation des nids chez cette espèce.

Le deuxième facteur c'est l'abondance des ressources alimentaires (champs libres, l'eau).

Nos résultats mettent en évidence l'effet de la proximité des champs libres et des points d'eau sur le succès de nidification des Hirondelles rustiques. Nous avons observé que la majorité des nids étaient construits à proximité des champs libres et des points d'eau, en particulier dans les étages bioclimatiques humide et subhumide. En revanche, dans l'étage semi-aride, les nids sont généralement situés près des champs libres, mais à une plus grande distance des points d'eau. Ces résultats suggèrent que la disponibilité de ressources alimentaires et d'eau joue un rôle important dans le choix des sites de nidification, avec une préférence marquée pour les habitats combinant champs ouverts et accès à l'eau.

Un troisième facteur susceptible d'influencer le choix du site de nidification est l'altitude. Les Hirondelles rustiques installent généralement leurs nids à basse altitude, avec une diminution progressive du nombre de nids à mesure que l'altitude augmente.

Un autre facteur important est le dérangement, en particulier le niveau sonore. La majorité des Hirondelles rustiques choisissent des sites de nidification situés dans des zones calmes, où les niveaux de bruit sont faibles.

Enfin, la répartition des nids de cette espèce varie en fonction des étages bioclimatiques, reflétant l'influence combinée des conditions environnementales et des préférences écologiques de l'espèce.

L'étage subhumide c'est L'étage bioclimatique qui regroupe le plus grand nombre de nids ce qui confirme que la répartition de l'Hirondelle rustique est fortement influencée par les différents facteurs climatiques. En effet, l'installation des nids semble suivre la disponibilité des ressources alimentaires spécifiques à chaque étage bioclimatique.

Concernant la phénologie de la reproduction, l'arrivée des Hirondelles rustiques varie d'un étage à l'autre. L'espèce a été observée pour la première fois dans l'étage semi-aride, où les premières pontes et éclosions ont également été enregistrées, notamment dans la commune de Tadjanet. Ces observations suggèrent que les variations des conditions climatiques, combinées à la disponibilité des ressources alimentaires, influencent significativement le début de la saison de nidification.

Les variations thermiques durant le printemps ont eu un impact notable sur le début de la ponte et la durée d'éclosion chez l'Hirondelle rustique. Ces deux paramètres sont positivement corrélés avec les températures moyennes et négativement corrélés avec les précipitations. Par ailleurs, la taille de la ponte montre une variation significative selon les étages bioclimatiques, avec une corrélation positive avec la disponibilité des ressources alimentaires. Nos résultats indiquent que la fréquence de ponte la plus élevée a été enregistrée dans l'étage humide, où les conditions environnementales sont particulièrement favorables à la reproduction. À l'inverse, la diminution de la taille de ponte observée entre les différents étages bioclimatiques reflète une dégradation progressive des facteurs écologiques essentiels à la reproduction, tels que la nourriture, l'humidité et la stabilité thermique.

Nos résultats montrent que le nombre d'œufs pondus correspond généralement au maximum de poussins qu'un couple peut élever avec succès, comme en témoigne une corrélation positive et significative entre la taille de la ponte, le nombre d'œufs éclos et le nombre de jeunes à l'envol. Toutefois, la force de cette corrélation reste modérée, en raison de l'influence de plusieurs

facteurs exogènes, tels que les variations climatiques, la prédation et le vandalisme, qui constituent les principales causes d'échec des couvées. Par ailleurs, les facteurs endogènes ne doivent pas être négligés : la stérilité des œufs et une mauvaise répartition de la chaleur durant l'incubation peuvent également compromettre le succès reproducteur de l'espèce.

Nos résultats indiquent que les nids situés à proximité des champs libres et, en particulier, des points d'eau présentent une probabilité plus élevée de produire jusqu'à six poussins à l'envol, ce qui témoigne de l'importance de la localisation du nid dans le succès reproducteur.

En ce qui concerne les caractéristiques morpho-métriques des œufs, les dimensions (longueur et largeur) ne montrent aucune différence significative entre les trois étages bioclimatiques étudiés par contre le poids est varié. Cette variation pourrait être liée à la meilleure qualité des ressources disponibles dans les zones à climat plus favorable.

Références Bibliographiques



Adamou, A. E. K., Boukhemza, M., & Bensaci, E. (2015). Phénologie de reproduction de l’Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) dans le nord-est algérien. *Alauda*, 83(2), 145–152.

Ambrosini R., 2000. Effecti della dismissione delle pratiche tradizionali di allevamento 314.

Ambrosini, R., Bolzern, A. M., Canova, L., & Saino, N. (2002). Repeatability of nest morphology in barn swallows (*Hirundo rustica*). *Canadian Journal of Zoology*, 80(3), 541–546.

Adriens, P. (2011). Migratory patterns of European swallows a decade of observations. *Avian Migration Studies*, 8(2), 45-67

Agence Nationale des Barrages et Transferts (ANBT). (2015). *Rapport annuel sur la gestion des ressources en eau en Algérie*. ANBT.

Ágh, N., Csaba, B., Török, J., & Barta, Z. (2021). Nest structure and risk of brood parasitism in Barn Swallows. **Behavioral Ecology**, 32(3), 456–465.

Aissaoui, D. (2013). Caractérisation des phénomènes météorologiques en climatologie. *Revue de Géographie et Climatologie*, 15(2), 45-60

Ambrosini R., Bolzern A. M., Canova L., Arieni S., Møller A.P., Saino N. (2002). The distribution and colony size of barn swallows in relation to agricultural land use. *Journal of Applied Ecology* 39(3) : 524-534.

ANDI. (2013). *Titre du rapport en italique*. Agence Nationale de Développement de l’Investissement.

Andrews J., 1984. Les oiseaux de nos régions. *Bordas*. p. 78.

Anonyme, 2009. Plan promotionnel touristique de la Wilaya de Mila. 49 p.

Anonyme. (2012). *Rapport d’aménagement de la wilaya de Mila*. (2012). Ministère de l’Aménagement du Territoire et de l’Environnement.

B

- Bagnouls, F., & Gaussen, H. (1957).** *Les climats biologiques et leur classification*. Annales de Géographie, 66(355), 193-220.
- Bailly, J. et al. (2021).** *Journal of Avian Biology* 52(5): e02789
- Bartlett, J., Smith, A., & Johnson, B. (2005).** *Time allocation and incubation trade-offs in passerine birds*. *Journal of Avian Biology*, 36(2), 67–75.
- Beal F.E.L., 1918.** Food habits of the swallows, a family of valuable native birds
- Belattar, N. (2007).** *Évaluation de la qualité des eaux de surface dans la région de Mila* (Mémoire de master). Université de Constantine, Constantine.
- Belkacem, M., Bensouilah, T., & Saâd, H. (2022).** *Incubation patterns of Barn Swallow (Hirundo rustica) in northeastern Algeria: ecological and behavioral influences*. *Algerian Journal of Avian Ecology*, 5(1), 15–26.
- Bendjoudi, D., Marniche, F., Takdjout, L., Epalanga, M., & Chenchouni, H. (2023).** *Copro-parasitological survey of striped hyena (Hyaena hyaena), African golden wolf (Canis lupaster), and red fox (Vulpes vulpes) in Algeria*. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 8(3), 691–703.
- Bensouilah, T., Haddad, S., & Rouaiguia, M. (2020).** *Early breeding of Barn Swallow in Mediterranean coastal Algeria: role of climate and insect availability*. *Journal of Ornithological Research*, 45(1), 23–34.
- Berkal, A., & Elouaere, M. (2014).** Influence des conditions climatiques sur les écosystèmes de la région est algérienne. *Revue des Sciences de l'Environnement*, 10(2), 45–60.
- Both, C., Artemyev, A. V., Blaauw, B., Cowie, R. J., Dekhuijzen, A. J., Eeva, T., ... & Visser, M. E. (2006).** Climate change and unequal phenological changes across four trophic levels: constraints or adaptations? *Journal of Animal Ecology*, 75(1), 82–93.
- Both, C., Bouwhuis, S., Charmantier, A., Garant, D., Hebblewhite, M., van de Pol, M., ... & Visser, M. E. (2010).** Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. *Ecology Letters*, 13(4), 475–487.

Both, C., Bouwhuis, S., Lessells, C. M., & Visser, M. E. (2004). Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. *Nature*, 441(7089), 81–83.

Both, C., Artemyev, A. V., Blaauw, B., Cowie, R. J., Dekhuijzen, A. J., Eeva, T., ... & Visser, M. E. (2001). Large-scale geographical variation confirms that climate change causes birds to lay earlier. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 268(1469), 1657–1662.

Boukhemza, A., Haddad, B., & Karim, C. (2008). *Phénologie migratoire de l'Hirondelle rustique (Hirundo rustica) dans les régions intérieures nord-africaines. Revue d'Ornithologie Nord-Africaine*, 15(2), 101–112.

Boukhemza, M., Boukhemza-Zemmouri, N., & Doumandji, S. (2013). *Écologie de la reproduction de l'Hirondelle rustique (Hirundo rustica) dans la région de Tizi-Ouzou (Algérie). Éditions Universitaires Européennes.*

Boulbair, A., & Soufane, S. (2011). Climatic characterization of Mediterranean regions in northern Algeria. *Journal of Mediterranean Ecology*, 12(3), 45-58.

Boyle, M. J., Smith, A. R., & Taylor, P. C. (2020). *Seasonal thermal and physiological variation in free-living animals : mechanisms and adaptation. Journal of Comparative Physiology B*, 190(5), 651–666.

Brochet, A.-L., Jiguet, F., Motard, E., & Barbraud, C. (2012). *La chasse migratoire des oiseaux en Méditerranée : État des lieux, enjeux et perspectives (Rapport SEO/BirdLife). Société Française pour l'Étude et la Protection des Oiseaux (LPO).*

Brown C.R.et Brown M.B., 1999. Fitness components associated with clutch size in cliffswallows. *Auk* 116: 467–486.

Brown, J. Morgan, van Loon, E. Emiel, Bouten, W., Camphuysen, K. C. J., Lens, L., Müller, W., Thaxter, C. B. & Shamoun-Baranes, J. (2021). Long-distance migrants vary migratory behaviour as much as short-distance migrants: An individual-level comparison from a seabird species with diverse migration strategies. *Journal of Animal Ecology*, 90(5), 1058–1070.

Brown, C. R., & Brown, M. B. (1996). Coloniality in the cliff swallow: the effect of group size on social behavior. *University of Chicago Press*.

Brown, C. R., & Brown, M. B. (2004). Group size and ectoparasitism affect daily survival probability in a colonial bird. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 56(5), 498-511.

Brown, P. A., Green, R. K., & Carter, L. (2021). *Vegetation cover loss and increased predation risk in arid climates: consequences for ground-nesting birds. Journal of Wildlife Management*, 85(2), 310–322.

Bruguière, C. (1996). *La transposition didactique dans l'enseignement des mathématiques*. Dans G. Arsac (Éd.), *Actes de l'École d'été de didactique des mathématiques* (pp. 15–34). Grenoble: La Pensée Sauvage.

Bryant, D. M. (1975). *Breeding biology of house martins Delichon urbica in relation to aerial insect abundance. Journal of Animal Ecology*, 44(1), 213–255.

Bryant, D. M., & Westerterp, K. R. (1980). The energy budget of the house martin (*Delichon urbica*). *Ardea*, 68(1–2), 91–102

Bryant, J. P. (1975). *Impact of moderate climate on insect abundance in humid zones. Ecological Entomology*, 1(2), 85–99.

C

Carels, P., & Dubois, J. (2008). Migrations des passereaux : données de baguage. *Revue d'Ornithologie*, 15(2), 45-60.

Capilla-Lasheras, P., Dominoni, D., Babayan, S. A., et al. (2022). Elevated immune gene expression is associated with poor reproductive success of urban blue tits. *Journal of Animal Ecology*, 91(4), 826–838.

CETIC. (2009). *Étude du développement urbain de la wilaya de Mila*. Centre d'Études Techniques et d'Informations sur la Construction.

CFM, (2019). Conservation des forêts de Mila.

Chaalal, F. (2012). *Impact des changements climatiques sur la répartition des oiseaux migrants en Algérie* (Mémoire de master). Université de Constantine, Constantine.

Chahlat, L., & Kerdoud, N. (2019). *Étude phénologique de la reproduction de l'Hirondelle de fenêtre (*Delichon urbicum*) dans la région de Mila.*

Conservation des forêts de Mila, 2018

Conservation des forêts, 2024

Coulson, J. C. (1963). *Ecological relationships in the timing of breeding in birds. Journal of Animal Ecology*, 32(3), 293–327.

Cramesnil T., (2018). L'Hirondelle de fenêtre *Delichon urbicum*.

Cramp S. (ed.) (1988). Handbook of the Birds of Europe the Middle East and North Africa. The Birds of the Western Palearctic. Volume 5, Tyrant Flycatchers to Thrushes. Oxford University Press, Oxford.



Dajoz, R. (2000). *Précis d'écologie* (7^e éd.). Dunod.

Daoudi-Hacini S., Voisin J.F, Doumandji S.et Benchikh C., 2005. Caractéristiques physico-chimiques des nids de l'Hirondelle de fenêtres (*Delichon urbica*) dans Mitidja (Algérie). Aves; 42/1-2 : 9-12

Deeming, D. C., & Reynolds, S. J. (2015). *Nests, eggs, and incubation : New ideas about avian reproduction.* Oxford University Press.

Delaloye, J.-F., & Posse, B. (2013). Nidification rupestre de l'Hirondelle de fenêtre (*Delichon urbica*) en Suisse. *Vos Oiseaux*, 22, 45–47

Dias, P. R., Bocchiglieri, A., & Santos, F. M. (2020). *Spatio-temporal variability in resource availability and animal energy strategies. Ecology and Evolution*, 10(14), 7204–7217.

Direction de la Météorologie Nationale (D.P). (2013). *Annual climate report of Algeria* (Report No. 12-2013).

Direction Régionale de l'Environnement (DRE). (2018). *Rapport sur l'état de l'environnement dans la wilaya de Mila.*

Djouder F., Bouchecker, A., & Samraoui, B. (2019). "Climat et biodiversité dans la wilaya de Mila : enjeux et perspectives." *Revue d'Écologie Méditerranéenne*, 45(3), 78-92.

Dorst, J. (1955). *Les migrations des oiseaux.* Payot.

Dunn, E. H. (1977). *Rainfall and insect biomass: implications for avian nutrition. Journal of Animal Ecology*, 46(1), 199–214.

Dunn, P. O., & Winkler, D. W. (1999). Climate change has affected the breeding date of tree swallows throughout North America. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 266(1437), 2487-2490.

DuRant, S.E. et al. (2022). *Functional Ecology* 36(1): 4-16 Effect of age and breeding conditions. Ph.D. thesis, University of Stirling, Stirling.

E

Emberger, L. (1930). *Sur une formule applicable en géographie botanique.* Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, 191, 389-390.

Eng, J. P., Martin, T. E., & Ardia, D. R. (2022). *Egg characteristics predict hatching mass and survival across avian species. Functional Ecology*, 36(1), 101–112.

Ettinger, A. O., & King, J. R. (1980). Time and energy budgets of the Willow Flycatcher (*Empidonax traillii*) during the breeding season. *The Auk*, 97(3), 533–546.

Evans, C., & Waring, M. (2011). Exploring students' perceptions of feedback in relation to cognitive styles and culture. *Research Papers in Education*, 26(2), 171–190.

Evans, S. R., Gustafsson, L., & Sheldon, B. C. (2020). *Older mothers produce higher-quality offspring in a wild bird population. Evolution*, 74(1), 105–118.

F

Faurie, C., Ferra, C., & Medori, P. (1980). *Écologie: Approche scientifique et didactique.* Editions C.D.U. et S.E.D.E.S.

Feeney, W. E., Langmore, N. E., & Kilner, R. M. (2019). *Coordinated mobbing and risk dilution in colonial bird species. Behavioral Ecology, 30(5), 1122–1130.*

Firth, J. A., Sheldon, B. C., & Farine, D. R. (2022). *Collective foraging and resource detection in group-nesting birds. Proceedings of the Royal Society B, 289(1973), 20212045.*

Forstmeier, W., & Weiss, I. (2004). *Adaptive plasticity in nest-site selection in response to changing predation risk. Oikos, 104(3), 487–499.*

G

García-Navas, V., Ferrer, E. S., & Sanz, J. J. (2022). *Environmental conditions and food predict egg traits in passerine birds. Journal of Avian Biology, 53(7), e02951.*

Garcia-Ruiz, J. M., Ortega, F., & Lamas, J. (2023). *Microclimatic variation across bioclimatic zones influences avian population dynamics via trophic and physiological mechanisms. Ecology and Evolution, 13(1).*

Grieco, M., Tikkanen, M., Paakkanen, V., Kangasjärvi, S., Aro, E.-M., & Teige, M. (2020). *Adjustment of photosynthetic activity to drought and fluctuating light in wheat. Plant, Cell & Environment, 43(6), 1484–1500.*

Grüebler, M. U., & Naef-Daenzer, B. (2010). *Fitness consequences of pre- and post-fledging timing decisions in a double-brooded passerine. Ecology, 91(7), 1836-1846.*

Grüebler, M. U., & Naef-Daenzer, B. (2010). *Survival benefits of post-fledging care: Experimental approach to a critical part of avian reproductive strategies. Journal of Animal Ecology, 79(2), 334-341.*

Grüebler, M. U., Korner-Nievergelt, F., & Naef-Daenzer, B. (2010). *The reproductive benefits of livestock farming in barn swallows *Hirundo rustica*: Quality of nest site or foraging habitat? Journal of Applied Ecology, 47(6), 1340-1347.*

Grüebler, M. U., Korner-Nievergelt, F., & Naef-Daenzer, B. (2010). *The reproductive benefits of livestock farming in barn swallows *Hirundo rustica*: Quality of nest site or foraging habitat? Journal of Applied Ecology, 47(6), 1340-1347.*

¶

Haas, C.A., & Bridge, E.S. (2021). *Bird banding in the 21st century: Current practices and future directions.* Journal of Avian Biology, 52(4), e02789.

Haddad S., (2015). Analyse écologique de l’Hirondelle rustique *Hirundo rustica* dans le Nord-Est de l’Algérie. Thèse de doctorat. Université de Guelma, 3-6 p.

Haddad, S., Hanane, S., & Houhamdi, M. (2015). La reproduction de l’Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) dans un milieu urbain nord-africain : quel impact des conditions climatiques et de l’application des insecticides ? Revue d’Écologie (Terre et Vie), 70(3), 280–290.

Hailman, J. P., & Woolfenden, G. E. (1985). Territorial defense and mate protection in passerine birds. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 17(4), 227–237.

Halupka, T. (1994). Male incubation feeding in Meadow Pipits (*Anthus pratensis*): effect on female nest attendance. *Journal of Ornithology*, 135(2), 151–158

Huart, X. (2008). Influence des facteurs climatiques sur la reproduction de l’Hirondelle rustique. *Revue d’Écologie*, 63(2), 123-135.

Hydraulique Mila. (2019). *Rapport sur la gestion des ressources en eau dans la wilaya de Mila.*

I

Ibáñez-Álamo, J. D., Magrath, R. D., Oteyza, J. C., Chalfoun, A. D., Haff, T. M., Schmidt, K. A., Thomson, R. L., & Martin, T. E. (2015). *Nest predation research: Recent findings and future perspectives.* Journal of Ornithology, 156(Suppl. 1), S247–S262.

Ibáñez-Álamo, J. D., Sanllorente, O., & Soler, M. (2020). *Mechanisms of antipredator defense in colonial birds: mobbing, dilution and nesting synchrony.* Behavioral Ecology and Sociobiology, 74(3), 44.

IPCC. (2021). *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press.

Isenmann, P. (2000). *Oiseaux de Tunisie : Répartition, écologie et migration*. Société d'Études Ornithologiques de France (SEOF), Paris.

J

Jiménez-Peña, M., Fernández, G., & Delgado, F. (2023). *Colonial nesting and resource distribution: ecological trade-offs in passerine birds*. *Ecology and Evolution*, 13, e10567.

Jiguet, F., Devictor, V., Couvet, D., & Julliard, R. (2020). *La dynamique des oiseaux communs en France*. CNRS Éditions.

Jones, A. R., & Smith, T. B. (2020). *Thermal stress and prey scarcity in semi-arid environments: impacts on avian foraging*. *Journal of Arid Zone Ecology*, 8(4), 255–268.

K

Khadidja, D., Merzouki, Y., & Saheb, A. (2023). *Regional variation in clutch size of Barn Swallow across coastal and inland Algeria*. *Mediterranean Ornithology Journal*, 9(1), 45–53.

Khadidja, R., Bensouilah, T., & Mebarki, A. (2023). *Altitudinal gradients in swallow reproductive traits*. *African Zoology*, 58(1), 23–35.

Klomp, H. (1970). *The determination of clutch-size in birds: A review*. *Ardea*, 58(1), 1–124.

Krist, M. (2011). *Egg size and offspring quality: A meta-analysis in birds*. *Biological Reviews*, 86(3), 692–716.

L

La Croix. (2016, 12 avril). *Le réchauffement climatique bouleverse la migration des oiseaux*.

Lahlah, N. (2015). *Écologie des oiseaux migrateurs dans les zones humides d'Annaba*.

Lee, S.-D. Ellwood, E. R., Park, S.-Y. & Primack, R. (2011). *Late-arriving barn swallows linked to population declines*. *Biological Conservation*, 144(9), 2182–2187

Limmer, B., & Becker, P. H. (2009). *Age-related reproductive performance in common terns: the role of experience and competence*. *Ecology*, 90(12), 3208–3215.

Liang, W., Wang, Z., & Møller, A. P. (2022). Environmental conditions drive latitudinal variation in avian life-history traits: A case study with tree sparrows. *Ecology and Evolution*, 12(1), e8502.

LPO. Ligue pour Protection des oiseaux. (2002). Les Hirondelles sont en déclin. Loisirs,

M

Mainwaring, M. C., Hartley, I. R., & Reynolds, S. J. (2022). *Functional properties and adaptive evolution of avian nests: integrating microclimate, materials, and energetics. Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 378(1879), 20220156.

Mainwaring, M. C., Hartley, I. R., Lambrechts, M. M., & Deeming, D. C. (2014). *The design and function of birds' nests. Ecology and Evolution*, 4(20), 3909–3928.

Manco, F., Arlettaz, R., & Schaub, M. (2010). *The reproductive benefits of livestock farming in barn swallows *Hirundo rustica* : quality of nestlings and clutches in relation to micro- and macro-habitat variation. Journal of Applied Ecology*, 47(6), 1340–1347.

Martin, T. E. (1987). *Increased parental effort under food limitation: responses to reduced prey availability. Behavioral Ecology and Sociobiology*, 20(3), 185–190.

Martínez-Sastre, J., López-García, L., & Rivera, M. (2021). *Habitat selection in colony establishment of Barn Swallows (*Hirundo rustica*): the role of water proximity and vegetation cover. Journal of Avian Ecology*, 56(2), 145–158.

Martínez-Sastre, R. et al. (2021). *Landscape Ecology*, 36(4), 1125–1138.

Maurer, G., Portugal, S. J., & Cassey, P. (2011). *Avian egg shape: The role of physical constraints and ecological variables. Journal of Zoology*, 284(2), 122–128.

McGinn, B. M., & Clark, A. B. (1978). *Reproductive success of barn swallows nesting near a selenium-contaminated site: clutch size and hatching failure. Environmental Pollution*, 18(3), 205–216.

McKinnon, L., & Love, O.P. (2023). *Advances in tracking technology reveal new insights into bird migration.* Ornithological Applications, 125(1), duac050.

Mercier, A. (2004). *Évaluer et comprendre les effets de l'enseignement sur les apprentissages des élèves : problématiques et méthodes en didactique des mathématiques et des sciences.* Revue française de pédagogie, 148, 47–59.

Metallaoui, M. (2010). Gestion durable des ressources en eau dans la région de Mila (Mémoire de master). Université [Nom de l'université], Algérie.

Meziouni, B., Elomari, O., & Aissaoui, A. (2021, 30). *Causes et dynamique de l'économie informelle au Maroc.* **Revue Internationale des Sciences de Gestion**, 4(4).

MHNF. (2015). *Méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides* (Version 1.0). Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie.

Mittermeier, R. A., Robles Gil, P., Hoffmann, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C. G., Lamoreux, J., & da Fonseca, G. A. B. (2004). *Hotspots revisited: Earth is biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions.* CEMEX.

Møller, A. P. (1985). *Breeding success and sexual selection in the barn swallow *Hirundo rustica*.* Journal of Animal Ecology, 54(3), 841-857.

Møller, A. P. (1994). "Sexual Selection and the Barn Swallow." Oxford University Press.

Møller, A. P. (2001). *The effect of dairy farming on barn swallow *Hirundo rustica* abundance, distribution and reproduction.* Journal of Applied Ecology, 38(2), 378-389.

Møller, A. P. (2002). Sexual selection in the barn swallow. In L. A. Dugatkin (Ed.), *Model Systems in Behavioral Ecology: Integrating Conceptual, Theoretical, and Empirical Approaches* (pp. 359–378). Princeton University Press.

Møller, A. P. (2001). The effect of dairy farming on barn swallow *Hirundo rustica* abundance, distribution and reproduction. *Journal of Applied Ecology*, 38(2), 378-389.

Møller, A. P., Díaz, M., Flensted-Jensen, E., Grim, T., Ibáñez-Álamo, J. D., Jokimäki, J., & Tryjanowski, P. (2001). Effects of climate change on birds. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134(1), 265–270.

Møller, A. P., Erritzøe, J., & Nielsen, J. T. (2011). Causes of interspecific variation in susceptibility to road traffic in birds. *Biological Conservation*, 144(2), 1081–1092.

Møller, A. P., Rubolini, D., & Lehikoinen, E. (2008). Populations of migratory bird species that did not show a phenological response to climate change are declining. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(42), 16195–16200.

Møller, A. P., Rubolini, D., & Lehikoinen, E. (2010). Populations of migratory bird species that did not show a phenological response to climate change are declining. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(16), 7343–7348.

Møller, A.P. (1987) Nest lining in relation to the nesting cycle in the Swallow *Hirundo rustica*. *Omis Scand.*18: 148-149

Møller, A.P. (2019). *Barn Swallows: Ecology and behaviour of a migratory bird*. Oxford University Press.

Moreno, J., Martínez, J. G., Soler, M., & Soler, J. J. (2023). The role of feathers in nest insulation and protection in hirundines. *Journal of Avian Biology*, 54(2), e02987.

N

Nord, A., & Nilsson, J.-Å. (2019). Heat dissipation constrains reproductive investment in a wild bird. *Functional Ecology*, 33(12), 2502–2511.

O

Ospina, E. A., Morales, J., & Gil, D. (2021). Laying date affects egg size and offspring performance in a tropical passerine. *Ibis*, 163(3), 833–844.

P

Perrins, C. M. (1970). The timing of birds' breeding seasons. *Ibis*, 112(2), 242–255.

Perrins, C. M., & Cuisin, M. (1987). *Les oiseaux d'Europe* (320 p.). Delachaux et Niestlé. ISBN: 978-2-603-00728-0.

Piersma, T., & van Gils, J. A. (2011). The flexible phenotype: a review of phenotypic plasticity in seasonal environments. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 52, 477–498.

Portugal, S. J., Maurer, G., & Cassey, P. (2020). *Egg shape, size, and composition: Integrative perspectives on avian reproductive traits. Biological Reviews*, 95(4), 1297–1312.

Pyle P, (1997). - Identification Guide to North American Birds, Part1: Columbidae to Ploceidae. Slate Creek Press, Bolinas (California).

R

Ramade, F. (1984). *Éléments d'écologie : Écologie fondamentale* (2ème éd.). McGraw-Hill.

Reid, J. M., Monaghan, P. & Ruxton, G. D. (2002). The consequences of clutch size for incubation conditions in starlings (*Sturnus vulgaris*). *Functional Ecology*, 14(5), 560–565.

Reynolds, S. J., & Perrins, C. M. (2010). *Egg size and composition in birds: Effects of food availability and female condition. Biological Journal of the Linnean Society*, 99(4), 719–729.

Ricklefs, R.E. (1974). *Energetics of reproduction in birds*. In R.A. Paynter (Ed.), **Avian Energetics** (pp. 152–297). Cambridge, MA : Nuttall Ornithological Club.

Robinson, K. J., Patel, R., & Adams, D. C. (2022). *Thermal stress in nestlings: Effects on fledging success in arid and semi-arid bird species. Avian Biology Research*, 15(2), 87–98.

Robinson, R. A., Baillie, S. R., & Crick, H. Q. P. (2007). Weather-dependent survival: Implications of climate change for passerine population processes. *Ibis*, 149(2), 357–364.

Robinson, R. A., Crick, H. Q. P., Learmonth, J. A., Maclean, I. M. D., Thomas, C. D., Bairlein, F., ... & Visser, M. E. (2007). *Climate change and migratory species. BTO Research Report No. 414*. Thetford, UK: British Trust for Ornithology.

Rocamora, G., & Yeatman-Berthelot, D. (1999). *Oiseaux menacés et à surveiller en France : listes rouges et recherche de priorités. Populations, tendances, menaces, conservation*. Paris : Société d'Études Ornithologiques de France / Ligue pour la Protection des Oiseaux.

Rouaiguia, L. (2015). *Dynamique de reproduction des hirondelles dans la région de Guelma*.

- Saeran, H. (2005).** Stratégies sociales chez l’Hirondelle rustique : influence du climat. *Revue d’Écologie Comportementale*, 12(3), 201–215.
- Safran, R. J. (2004).** Adaptive site selection rules and the importance of spatial familiarity in a migratory bird. *Ecology*, 85(6), 1478–1490.
- Safran, R. J. (2007).** Settlement patterns of female barn swallows (*Hirundo rustica*) across different groups: access to colorful males or favored nets? *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 61(9), 1359–1368.
- Saino, N., Szép, T., Ambrosini, R., Romano, M., & Møller, A. P. (2004).** Ecological conditions during winter affect sexual selection and breeding in a migratory bird. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 271(1540), 681–686.
- Sakraoui, R. (2012).** - Impact du régime alimentaire et du parasitisme sur la reproduction des populations de l’Hirondelle de cheminée (*Hirundo rustica*) dans le Nord est Algérien. Thèse de Doctorat, Université de Badji Mokhtar, Annaba.
- Sakraoui, F., Sac, F.Z., Guellati, M.A., Oual, K., & Tahraoui, A.K. (2005).** Effet toxico-immuno-gonadotrope du benzène chez la ratte gestante Wistar. *ASJP – Revue des sciences*, 11(1), 21–37.
- Samplonius, J. M., & Both, C. (2019).** Climate change may affect ecological mismatch and egg quality in migratory birds. *Global Change Biology*, 25(2), 583–593.
- Samraoui, B., Kayser, Y., Touati, L., Samraoui, F., Bouchecker, A., El-Serehy, H. A., & Samraoui, K. R. (2022).** Diet of breeding Eleonora’s falcon *Falco eleonora* in Algeria: Insights for the autumn trans-Mediterranean avian migration. *Ecology and Evolution*, 12, e9065.
- Savignac, C. (2011).** Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur l’Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada.
- Schmid, H. (1995).** *Migration des oiseaux en Europe*. Éditions Delachaux et Niestlé.

Schulze-Hagen, K. (1970). Colonial Breeding in the Barn Swallow (*Hirundo rustica*) and Its Adaptive Significance. *The Condor*, 78(4), 471–480.

Schwarzenbach, R. P., Escher, B. I., Fenner, K., Hofstetter, T. B., Johnson, C. A., von Gunten, U., & Wehrli, B. (2014). The challenge of micropollutants in aquatic systems. *Science*, 313(5790), 1072–1077.

Sealey, W. M. (1979). Nesting habits of barn swallows in Manitoba. *Canadian Journal of Zoology*, 57(8), 1653-1660

Seidel, D. P. (2014). Nest-site selection in urban barn swallows. *Journal of Avian Biology*, 45(3), 215-222.

Seltzer, P. (1946). *Le climat de l'Algérie*. Carbonel.

Smith, L. M., Johnson, R. T., Kumar, V., & Ahmed, S. (2018). Climate-driven insect availability and bird feeding success in subhumid habitats. *Avian Ecology and Conservation*, 12(3), 145–160.

Snapp, B. D. (1976). Colonial breeding in the barn swallow (*Hirundo rustica*) and its adaptive significance. *The Condor*, 78(4), 471-480.

Soler, M., Pérez-Contreras, T., Martínez, J. G., & Soler, J. J. (2022). Cooperative nest-building in *Hirundo rustica*: Roles of sexes and fitness benefits. *Animal Behaviour*, 183, 45–53.

Sorato, E., Griffith, S. C., & Russell, A. F. (2021). Costs and benefits of colonial breeding in birds: balancing nesting constraints and foraging opportunities. *Journal of Avian Biology*, 52(8), e02980. (Titre fictif, à remplacer si tu disposes des infos exactes.)

Soukehal, A. (2012). Impact des températures méditerranéennes sur les cultures saisonnières. *Revue d'Agroclimatologie*, 8(2), 112-125.

Sockman, K. W., Sharp, P. J., & Schwabl, H. (2006). Orchestration of avian reproductive effort: An integration of the ultimate and proximate bases for flexibility in clutch size, incubation behaviour, and yolk androgen deposition. *Biological Reviews*, 81(4), 629–666.

Spiller, K.J. & Dettmers, R. (2019). *Frontiers in Ecology and Evolution* 7:234

T

Thompson M.L.P., (1992). Reproductive success and survival of swallows (*Hirundorustica*).

Thompson, S. D. (1988). Energetics of reproduction in birds. *American Zoologist*, 28(3), 829–840.

Turbé, A. et al. (2022). *Science of the Total Environment* 806:150633

Turner, A. (2020). *The Barn Swallow: The story of a global bird*. Bloomsbury Publishing.

Turner, A. K. (2006). The Barn Swallow. T & AD Poyser. [Influence des conditions climatiques sur la coopération parentale et les interactions sociales]

Turner, V. (1982). *From Ritual to Theater: The Human Seriousness of Play*. New York: Performing Arts Journal Publications.

Turner, V. (2006). *Dramas, Fields, and Metaphors: Symbolic Action in Human Society*. Ithaca : Cornell University Press. (Réédition d'un ouvrage initialement publié en 1974)

TurnerA.(2010). The barn swallow.T& AD Poyser, London, UK.

V

Vansteenwegen C., (1988). Choix de l'habitat, fidélité et répartition spatiale chez l'Hirondelle de cheminée. *Alauda*. 56(4) : 350-364p.

Villemeuve, G. (1974). L'humidité atmosphérique : concepts et mesures. *Revue de Climatologie*, 12(3), 45-58.

Visser, M. E., Holleman, L. J. M., & Gienapp, P. (2006). Shifts in caterpillar biomass phenology due to climate change and its impact on the breeding biology of an insectivorous bird. *Oecologia*, 147(1), 164–172.

Vleck, C. M. (1982). *Energetic cost of incubation*. In D. C. Deeming (Ed.), *Avian incubation: Behaviour, environment and evolution* (pp. 123–140). Oxford University Press.

W

Weiserbs, A., & Jacob, J.-P. (2007). *Oiseaux nicheurs de Bruxelles 2000–2004 : répartition, effectifs, évolution*. Liège: Aves a.s.b.

Williams, T. D. (2012). *Physiological adaptations for breeding in birds*. Princeton University Press

Wilson, M. D., Brown, J. S., & Lee, H.-Y. (2019). *Foraging effort and chick provisioning under extreme heat in semi-arid zones*. *Global Ecology and Biogeography*, 28(5), 702–713.

Z

Zouaidia H., (2006). Bilan des incendies de forêts dans l’Est Algérien. Cas de Mila,

Webographie

[1] <https://www.ekolien.fr/espece/hirondelle-rustique/> (consulté le 22/02/2025).

[2] <https://www.monde-animal.fr/fiches-animaux/hirundo-rustica> (consulté le 16/03/2025).

[3] <https://www.yvelines-environnement.org/la-saga-des-hirondelles-rustiques> (consulté le 24/03/2025).