Université Catholique de Louvain

École de biologie

Université de Namur

Département de biologie

Construction et restauration des nids d'hirondelles de fenêtre (*Delichon urbicum*) à Louvain-la-Neuve : utilité des bacs à boue.

Une étude de la saison 2024

DROUET Sirga

Promotrice : WESSELINGH Renate

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie des Organismes et Ecologie

Année académique 2023-2024

Remerciements

Je tiens à exprimer toute ma gratitude à ma promotrice, Renate Wesselingh, pour son encadrement et ses précieux conseils tout au long de ce travail, ainsi qu'à son mari, Jacob Vogel, pour son aide technique. Je remercie également Charles Carels, Sébastien Lambay, Thomas Debonnet, Manon Nuyt et Georges Olioso pour leur avis éclairé et les ressources documentaires qui ont enrichi mon projet. Un immense merci à Zohra Jilali, ma partenaire exceptionnelle dans cette aventure. Je suis également reconnaissante envers tous les membres du personnel de l'UCLouvain, ainsi qu'aux équipes de l'Esplanade, de l'Aula Magna et du Cinescope, pour m'avoir permis de disposer les bacs à boue dans la ville.

Je remercie chaleureusement Alexis Dall'Asta et Vincent Bulteau de m'avoir permis d'accéder au plus près des hirondelles lors des nombreux baguages, à Dorothée Hebrant pour son enthousiasme à intégrer nos recherche dans les activités de la Maison du Développement Durable, ainsi que Jean-Paul Ledant et Roger Bacq pour leur intérêt à accorder une place importante aux espèces dans nos communes.

Un merci particulier à une personne précieuse et à Méli, que j'ai perdues cette année. Elles m'ont permis de développer une passion et une curiosité encore plus grandes pour la vie.

Merci à tous mes amis qui n'ont pas hésité à porter des centaines de kilos de terre et d'eau pour remplir les bacs.

Je souhaite également remercier Michel Pirnay pour son soutien, ainsi que les techniciennes Karine Hénin et Hélène Dailly du laboratoire MOCA pour leur confiance et l'accès au matériel. Un énorme merci à Élodie Devos pour son accompagnement et ses conseils sur le protocole de granulométrie. Merci à tous les autres mémorants du laboratoire C114 pour leur entraide et leur bonne humeur, avec une mention spéciale pour Fanny, pour le soutien mutuel, Maxime pour Word et Blanche, qui a été une source d'inspiration tout au long de ce master. Merci à l'équipe d'ELIV pour la dynamique de travail et l'ambiance chaleureuse.

Enfin, je remercie mon amoureux, Brock, pour sa patience et son investissement incommensurable, pour la relecture de mon mémoire, ses précieux conseils, et pour avoir sauvé mon ordinateur à plusieurs reprises. Merci à sa famille d'avoir été là pour moi ces quatre dernières années et de me soutenir dans mes projets.

Et pour finir, un remerciement à mes frères, ma sœur, et particulièrement à mes parents, qui m'ont offert la chance de suivre des études qui me passionnent profondément.

Résumé

L'hirondelle de fenêtre (*Delichon urbicum*) est un oiseau migrateur présent en Belgique lors de sa période de reproduction d'avril à début octobre. Ses populations sont en déclin en raison des nombreuses pressions qui marquent l'Anthropocène. Cette espèce construit des nids à partir de boue en général de texture « limon sableux » qu'elles sont capable de repérer grâce aux minéraux qui composent ces boues. Depuis plusieurs années, nottament à cause de l'urbanisation, cette « bonne » boue vient à manquer ce qui contraint les hirondelles à utiliser une boue noire qui semble contenir beaucoup de matière organique et qui fournit une solidité et durabilité moindres. L'utilisation de ce matériau diminue la qualité des nids ce qui renforce les pressions sur les individus qui doivent fournir plus d'énergie afin de les réparer, énergie qui n'est donc pas investie dans la reproduction. Pour contrer ce manque, l'installation de bacs à boue pour leur fournir des matériaux de qualité est une solution. Cependant cette technique ne fonctionne pas à chaque fois. Depuis 2020 la colonie de Louvain-la-Neuve (LLN) utilise cette boue noire de « mauvaise » qualité.

Cette étude tente d'améliorer la conservation de l'hirondelle de fenêtre en maintenant l'intégrité de la structure de son nid à travers la mise en place de bacs à boue de « bonne » qualité. Cette question est étudiée à travers l'analyse de trois thématiques : (1) Déterminer si les hirondelles de fenêtre utilisent les bacs de boue tout au long de la saison 2024 à LLN (2) Évaluer l'état final des nids naturels en fin de saison 2024 (3) Trouver la source et analyser la composition de la boue noire observée les années précédentes pour la construction des nids.

Les réponses à ces trois thématiques sont : (1) Les hirondelles n'ont pas utilisé les bacs mais d'autres espèces les ont utilisés (2) 57% des nids ayant subi un changement d'état se sont dégradés (3) Les sites de collecte de boue noire se situent sur les toits en roofing et les interstices des tuiles en ardoise. Cette boue noire est le résultat d'accumulation de poussières minérales et organiques avec une proportion de matière organique en moyenne neuf fois et demie plus importante que les « bonnes » boues des terres de la région. Cette matière organique est six fois plus présente dans les nids avec de la « mauvaise » boue noire que dans ceux avec de la « bonne » boue. Plus un nid est construit avec une boue contenant de la matière organique moins il est solide. On note à ce propos que les nids les plus fragiles construits avec de la « mauvaise » boue noire sont de texture « limon fin » et contiennent plus de grains de taille entre 45 et 150 µm alors que les bons nids sont de texture « limon-sableuse ».

Abstract

The House Martin (*Delichon urbicum*) is a migratory bird present in Belgium during its breeding season from April to early October. Its populations are declining due to the many pressures that mark Anthropocene. This species builds nests from mud, generally of "sandy silt" texture, which they are able to locate thanks to the minerals that make up this mud. Over the past few years, urbanisation has led to a shortage of this “good” mud, forcing House Martin to use a black mud that seems to contain a lot of organic matter and provides less strength and durability. The use of this material reduces the quality of the nests, which in turn increases the pressure on martins that must provide more energy to repair them, energy that is therefore not invested in reproduction. A solution to counter this issue is to install mud trays to provide martins with quality mud. However, this technique does not work every time. Since 2020, the colony of martins of Louvain-la-Neuve (LLN) has been using the "poor" quality black mud.

The present study attempts to improve the conservation of the House Martin by maintaining the integrity of its nest structure through the installation of "good" quality mud trays. This question is studied through the analysis of three themes: (1) Determine whether House Martins use the mud trays throughout the 2024 season at LLN (2) Assess the final state of natural nests at the end of the 2024 season (3) Find the sources and analyse the composition of the black mud observed in previous years for nest construction.

The answers to these three themes are: (1) The House Martin did not use the mud trays, but other species did (2) 57% of the nests that underwent a change of condition were degraded (3) The black mud collection sites are located on roofing roofs and interstices between slate tiles. This black mud is the result of the accumulation of mineral and organic dust with an average proportion of organic matter nine and a half times greater than the "good" mud from the region's land. This organic matter is six times more present in nests with “bad” black mud than in those with “good” mud. The more a nest is built with mud containing organic matter, the less solid it is. It should be noted in this regard that the most fragile nests built with “bad” black mud are of "fine silt" texture and contain more grains of size between 45 and 150 µm than the “good” nests which are of "sandy silt" texture.

Table des matières

1. Introduction 3

1.1. Contexte de l'étude 3

1.1.1. Crise de la biodiversité 4
1.1.2. Perturbations chez les oiseaux 5

1.2. Hirondelle de fenêtre (*Delichon urbicum*) Vue d'ensemble de l'espèce 10

1.2.1. Description de l'espèce *Delichon urbicum* 10
1.2.2. Comportement de nidification 15
1.2.3. Composition des nids 16
1.2.4. Conservation de l'hirondelle de fenêtre 17

1.3. Les hirondelles de fenêtre de Louvain-la-Neuve 22

1.3.1. Dynamique de la population de Louvain-la-Neuve 22
1.3.2. Stratégies de conservation de l'hirondelle de fenêtre à Louvain-la-Neuve 22
1.3.3. Une ressource essentielle : la boue 23

1.4. Objectifs et questions de recherche 24

1.4.1. Objectifs 24
1.4.2. Questions de recherche 24

2. Matériel et méthodes 25

2.1. Les bacs à boue 25

2.1.1. Les bacs 25
2.1.2. Cartographie des bacs et zone d'étude dans Louvain-la-Neuve 28
2.1.3. Bacs sur les sites de collectes de boue noire 31
2.1.4. Le test avec une bâche 31
2.1.5. Collecte des données 32
2.1.6. Analyse des données 33

2.2. État des nids naturels 34

2.2.1. Catégorisation 34
2.2.2. Collecte des données 35
2.2.3. Analyse des données 35

2.3. Caractérisation de la boue noire 35

2.3.1. Repérage des zones de collecte 35
2.3.2. Détermination de la quantité de matière organique dans les échantillons 36
2.3.3. Granulométrie des échantillons 36
2.3.4. Analyse des données 41

2.4. Enquête publique 41

3. Résultats 42

3.1. Utilisation des bacs à boue 42

3.1.1. Les bacs noirs 42
3.1.2. Réparation des nids 42
3.1.3. Bac sur les sites de collecte de boue noire 44
3.1.4. Les tests avec bâche 47

3.2. Etat des nids naturels 48

3.2.1. Première catégorisation 48
3.2.2. Deuxième catégorisation : reclassification 52

3.3. Caractérisation de la boue noire 53

3.3.1. Analyse de la matière organique 53
3.3.2. Analyses granulométriques : Tailles des grains et texture des terres 55

3.4. Enquête publique 58

4. Discussion 60

4.1. Utilisation des bacs à boue lors de la saison 2024 à LLN 60

4.1.1. Observations générales 60
4.1.2. Problèmes liés à des bacs spécifiques 61
4.1.3. Alternative des bâches 62
4.1.4. Effet de groupe 63

4.2. Évaluation de l'état des nids naturels en fin de saison 2024 63

4.2.1. Saison 2024 63
4.2.2. Comparaison avec les années précédentes à LLN 64

4.3. Caractérisation de la boue noire 67

4.3.1. Composition en matière organique et sites de collecte de la boue noire 67
4.3.2. Analyses granulométriques : textures et taille des grains 70
4.3.3. Analyse des textures par dispersion à l'SHMP 71

4.4. Pistes d'améliorations et perspectives 73

4.4.1. Les bacs à boue et états des nids 73
4.4.2. Caractérisation de la boue noire 75

5. Conclusion 76

6. Références 78

7. Annexes 88

1. Introduction

Cette introduction permet au lecteur de situer le contexte des oiseaux dans le monde en particulier celle de l'hirondelle de fenêtre (*Delichon urbicum*) à Louvain-la-Neuve (LLN) afin de comprendre l'importance de la boue pour la construction des nids de cette espèce. Ce mémoire a pour but d'explorer la construction et restauration des nids de LLN ainsi que l'utilité de bacs à boue à des fins de conservation.

1.1. Contexte de l'étude

"Cette fois, l'astéroïde, ce sont les humains" comme le dit la journaliste Elizabeth Kolbert en 2015 dans son ouvrage "*The Sixth Extinction : An Unnatural History*". Il est inconnu pour personne que la terre se trouve dans une situation de plus en plus délicate et que nous sommes entrés depuis la révolution industrielle dans une nouvelle ère. En effet, après une période de stabilité de plus de 10 000 ans, l'Holocène, nous sommes à présent en plein Anthropocène signifiant que l'Homme, par ses actes, se reflètent jusqu'au plus profond des quatre coins de la terre comme étant le principal responsable des changements globaux observés.

Pour comprendre en détails les limites que la terre atteint et dépasse déjà, un terme permettant de créer un "safe operating space" (sos) a été défini en 2009 (Rockström, Steffen, Noone, Persson, Chapin, et al., 2009). Son but est d'éviter une dérive trop importante de l'état stable de l'Holocène qui dépasserait les limites de résilience de la Terre. Le terme *limites planétaires* définit neuf niveaux du système de la Terre menacé par l'homme à ne pas dépasser afin de rester dans le sos. Ceux-ci sont donc des outils à la prise de décision qui permettent à notre société de comprendre à quel moment un risque sans possibilité de retour est franchi.

Deux d'entre eux sont considérés comme les éléments centraux des limites planétaires : le changement climatique et l'intégrité de la biosphère. Cette dernière fait référence à la capacité des écosystèmes à maintenir leur fonctionnement et leur résilience tout en soutenant la vie sur Terre. Elle inclut notamment la diversité génétique des espèces, un aspect crucial pour leur permettre de résister aux pressions environnementales et de s'adapter à un monde en constante évolution. En 2023, six de ces neuf limites ont été transgressées nous positionnant sur une bascule pouvant pencher à tout moment vers des conséquences irréversibles nous sortant de notre sos (Rockström, Steffen, Noone, Persson, Chapin, et al., 2009; Rockström,

Steffen, Noone, Persson, Stuart III Chapin, et al., 2009; Steffen et al., 2015; Richardson et al., 2023).

L'Anthropocène se doit d'être abordée de façon holistique, trop souvent nous abordons dans notre société et dans l'éducation les sciences naturelles et les sciences sociales séparément. Cependant dans le contexte actuel, comme l'énonce les auteurs de "*l'Atlas de l'Anthropocène*", l'histoire de la Terre et de l'humanité qui l'habite les rend indissociables. Notre avenir à tous dépend fortement de notre façon de "gouverner le monde", comme l'énonce le Stockholm Resilience Center. Il faut trouver un compromis entre l'environnement et le développement de demain qu'ils proposent dans leur objectifs de développement durable afin de considérer les économies et les sociétés comme des éléments intégrés de la biosphère, le pilier fondamental (Folke et al., 2011; Stockholm Resilience Centre, 2024).

1.1.1. Crise de la biodiversité

Malgré les prédictions et observations alarmantes des scientifiques sensibles aux perturbations de la Terre nous sommes face à une sixième extinction de masse. Bien que l'extinction des espèces soit un processus naturel qui se déroule sans l'aide de l'homme depuis des milliers d'années, celle observée dans l'Anthropocène se déroule à une vitesse jamais observée. Elle est estimée être 100 à 1000 fois plus élevée que le processus naturel (Rockström, Steffen, Noone, Persson, Chapin, et al., 2009). Il est évalué que, rien que sur ce siècle, 30% des mammifères, oiseaux et amphibiens seront menacés d'extinction. Plus précisément entre entre 1970 et 2018 un déclin de 69% des 5 230 espèces monitorées de vertébrés tous milieux confondus a été calculé par le Living Planet Index du rapport de 2022 du World Wildlife Fund (WWF, 2022).

Cette crise représente non seulement une menace pour la diversité des espèces, mais également pour le fonctionnement des écosystèmes dont nous dépendons pour notre survie. De plus la perte de la biodiversité agit de manière non-linéaire sur les processus d'accélération de changements. La biodiversité est donc est un pilier du cercle vertueux dont l'homme bénéficie grâce aux services écosystémiques et au fonctionnement des écosystèmes (Reid et al., 2005; Rockström, Steffen, Noone, Persson, Chapin, et al., 2009; Cardinale et al., 2012; IPBES, 2019).

Il est trop coûteux et chronophage d'étudier toute la biodiversité sur terre, c'est pourquoi avoir des taxons indicateurs de la santé globale du monde est précieux. Les oiseaux sont de

parfaits candidats pour ce poste, ils sont présents sur une vaste étendue, sont sensibles aux changements environne- mentaux et leurs tendances démographiques, bien étudiées depuis longtemps, reflètent celles d'autres taxons (Gregory & Strien, 2010; Leaver et al., 2019; Liordos et al., 2021).

Les oiseaux migrateurs ne font pas exception à la règle du contexte préoccupant dans lequel l'étude de ce mémoire se déroule. L'hirondelle de fenêtre est l'un de ces oiseaux dont une colonie séjourne à Louvain-la-Neuve. Pour comprendre le déclin de cette espèce, il est important de pouvoir la situer de manière plus générale en se concentrant sur les perturbations de l'ensemble des oiseaux.

1.1.2. Perturbations chez les oiseaux

Des menaces de plus en plus amplifiées pèsent sur les oiseaux Selon le BirdLife International dans son rapport de 2022 c'est 49% (soit 5 412 espèces selon la Liste Rouge de l'Union International pour la Conservation de la Nature (UICN)) des populations d'espèces d'oiseaux qui sont en déclin dans le monde dont 1 409 espèces menacées 2 (BirdLife International, 2022). Dans l'Union Européenne entre 1980 et 2021 c'est une perte nette de 560 à 620 millions d'oiseaux (soit 17% à 19%), révélant l'ampleur de la perte à laquelle nous faisons face (Burns et al., 2021).

Plus spécifiquement entre 1990 et 2015 un déclin de 13% des espèces insectivores en Europe a été reporté et dont les hirondelles de fenêtre font partie. Les activités anthropiques menacent les oiseaux sur plusieurs fronts dans le monde. Dans cette introduction, seules les menaces dépassants la barre des 27% sont abordés, Figure 1.

Figure 1 : Pressions sur 1 409 espèces d'oiseaux menacées dans le monde (BirdLife International, 2022).

Perte d'habitats naturels : agriculture et exploitation forestière

Dans un monde où la demande liée à la croissance de la population mondiale ne fait qu'augmenter et qui d'ici 2050 devrait doubler engendre des conséquences néfastes aux écosystèmes (Skendžić et al., 2021). Le chiffre inquiétant de 73% des espèces d'oiseaux menacées dans le monde par l'agriculture à donc été atteint suite à l'augmentation de la population humaine qui a transformé plus de 40% de la surface de la terre en agriculture impactant négativement 57% des oiseaux communs des milieux agricoles depuis 1980, Figure 1 (BirdLife International, 2022).

Introduction

En Europe, depuis la création de la Politique Agricole Commune (PAC) de l'Union Européenne (UE) la pression sur les oiseaux est renforcée, elle concerne 50% de l'UE et 55% de la liste rouge des oiseaux inféodés aux milieux agricoles. Leur survie et reproduction sont directement impactées que ce soit par la toxicité des pesticides, la diminution de la nourriture disponible et la perte d'habitats (Stanton et al., 2018; Traba & Morales, 2019). Cette méthode instaurée par la PAC n'est donc pas adéquate pour une agriculture durable.

À cela s'ajoute l'exploitation forestière qui engendre des dégâts colossaux, plus de deux tiers des espèces d'oiseaux vivent dans les habitats forestiers dont une grande partie est spécialistes. (BirdLife International, 2022). Il devient urgent de repenser le modèle agricole pour se tourner vers des méthodes interdisciplinaires d'agroécologie qui mettent en avant la complexité et diversité des écosystèmes (Hance, 2024).

Espèces invasives ou autres espèces problématiques

Les espèces exotiques envahissantes (EEE) sont les organismes introduits consciemment ou inconsciemment la plupart du temps par les activités humaines. Elles peuvent perturber les écosystèmes locaux en compétition avec les espèces indigènes pour les ressources, altérant les habitats et affectant la biodiversité. Le rapport de Bird Life International de 2022 indique que 46% de toute les extinc- tions d'espèces d'oiseaux sont liées à des EEE (BirdLife International, 2022). La plus grande menace pour les oiseaux continentaux, tel que l'hirondelle de fenêtre sont les chats domestiques *Felis silvestris catus*.

En Belgique et France la mortalité des oiseaux liée à la prédation représente 12,8-26,3% du total des oiseaux morts dans les milieux urbains au niveau des jardins et des villes (Pavisse et al., 2019). Bien que ces EEE ne soient pas les principales responsables des menaces qui pèsent sur les oiseaux il n'en reste pas moins important de mettre en œuvre des politiques visant à contrôler l'impact des EEE sur la faune sauvage (Trouwborst et al., 2020; Liordos et al., 2021).

Surexploitation : Chasse & piégeages

Dans le rapport de BirdLife International de 2022, 45% des espèces d'oiseaux seraient exploitées par l'homme. Comme c'est le cas pour les EEE, des mesures sont mises en place afin de protéger les espèces mais les méthodes illégales continuent d'exister pour de nombreuses raisons (pauvreté, cultures, manque d'application de la loi), mettant en péril de nombreuses espèces (Brochet et al., 2019; Harfoot et al., 2021; BirdLife International, 2022).

Changement climatique et phénomènes météorologiques violents

Le changement climatique s'est imposé comme le problème environnemental numéro un, si important que d'autres menaces tout aussi importantes ou plus graves dans le cas des oiseaux ont été reléguées au second plan. Pendant plus d'un million d'années, la concentration de CO_2 dans l'atmosphère n'a jamais dépassé 300 parties par million (ppm). Durant l'Holocène, elle se maintenait autour de 280 ppm. Cependant, avec le début de l'Anthropocène et la révolution industrielle, une augmentation drastique s'est produite. En 2021, le niveau de CO_2 a franchi le seuil de 420 ppm. Selon les accords de Paris établi en 2015 suite à la conférence de Nation unies sur le climat (COP21), signé par 195 pays, la limite à ne pas dépassé serait de 2°C d'ici 2100 avec une hausse maximum de 1.5°C, chaque année la limite de cet objectif ne fait que s'éloigner de la réalité (UNFCCC, 2016; Gemenne et al., 2021).

Face à cette accélération rapide de la température, les oiseaux ont des options limitées pour s'adapter. Ils ont la possibilité de se déplacer vers des régions à des latitudes ou des altitudes plus élevées, à condition que des habitats appropriés y soient disponibles, ou encore de modifier le moment de certains événements tels que la migration ou la reproduction afin de mieux s'adapter aux nouvelles conditions climatiques (Møller et al., 2010). Ce n'est pas toujours possible pour toutes les espèces, certaines ne peuvent déplacer leurs aires de répartition si facilement et les changements de leurs cycles peut entrainer une baisse des taux de survie ou même mener à de plus hautes probabilités d'extinction (Colwell et al., 2008; Freeman et al., 2018).

Dans le cadre de ce mémoire il est intéressant d'aborder l'influence du changement climatique sur les oiseaux migrateurs comme l'hirondelle de fenêtre. En effet, ils perçoivent avant et pendant leur migration différents signes qui leur permettent d'ajuster leur long voyage. Avec le changement climatique, les espèces migrant sur de plus courtes distances avancent leur

départ au printemps et arrivent plus tôt sur leur lieu de reproduction profitant des ressources plus tôt avec un effet positif sur la taille de leur population tandis que les espèces migrant sur de plus longues distances profitent moins des signes que le changement climatique leur fournit pour modifier leur départ (Both et al., 2006; Jonzén et al., 2006; Koleček et al., 2020). Les espèces migratrices de longues distances, ayant évoluées différemment afin de faire coïncider leur départ prénuptial avec les pics des ressources pour la reproduction, sont naturellement moins sensibles aux signaux que l'environnement leur fournit et se basent plus sur leur rythme circadien, par exemple basé sur la longueur du jour (Helm et al., 2009; Lawrence et al., 2022; Bellisario et al., 2023).

Le changement climatique pour ces espèces longue-distance influencerait essentiellement le départ de leur zone d'hivernage. Pour les oiseaux ayant une plasticité phénotypique plus faible que les oiseaux de la première catégorie, le départ de la migration et la disponibilité des ressources dans les zones d'hivernage et de reproduction peuvent être décalées. Par conséquent ces espèces sont plus sujettes à un déclin dans leur population car cela peut être plus difficile à surmonter par la sélection naturelle si les changements climatiques se produisent rapidement comme l'énonce l'étude de Gordo et *al.* (Gordo et al., 2005). L'avantage d'arriver plus tôt sur les territoires de reproduction est signe de plus de ressources, de meilleurs sites de nidification, un temps plus long pour un nombre d'œufs plus élevé, cela signifie aussi qu'il faut avoir eu suffisamment de réserves pour arriver en bonne forme physique est être prêt aux dépenses énergétiques de la période de reproduction (Olioso, 2020).

Cependant avec ce décalage que le changement climatique occasionne comme dit précédemment, les schémas phénologiques de migration des oiseaux sont perturbés et des décalages sont de plus en plus probables. En effet les migrations d'oiseaux se déroulent sur des périodes précises en fonction des espèces et forment des communautés sur un moment donné et dans un espace donné très précis. Ce phénomène se définit comme étant de la co-migration. Cette co-migration serait plus importante pour les oiseaux migrants sur de longues distance qui s'influencent mutuellement afin d'adapter leurs voyages migratoires de façon optimiser et entre espèces provenant des mêmes zones d'hivernage, comme c'est le cas pour les hirondelles de fenêtre hivernant dans les régions sub-Sahariennes.

Tel que l'article de Bellisario *et al*. l'explique cela permettrai de trouver un bon compromis entre les coûts associés aux "*risques de prédations lors du voyage, au repos dans les aires de repos, et à la capacité de rivaliser pour les territoires dans les aires de*

reproduction". De plus, ce phénomène est probablement lié au développement de réponses similaires parmi les oiseaux face aux diverses conditions environnementales qu'ils rencontrent en route vers leurs zones de reproduction. Cette coexistence serait donc surtout influencée par un besoin d'informations plus que guidé par un besoin de réduire la compétition (Dhanjal-Adams et al., 2018; Bellisario et al., 2023).

Développement résidentiel et commercial

En Europe, où l'urbanisation est ancienne, de nombreuses espèces menacées ont déjà disparu des villes, mais certaines, comme les insectivores aériens, continuent de s'y reproduire malgré des conditions défavorables telles que la pollution, les maladie liée à celle-ci, les insecticides et les campagnes d'éradication des moustiques, qui réduisent les populations d'insectes (Poulin, 2012; Jokimäki et al., 2018).

L'augmentation de la population humaine engendre l'augmentation de l'urbanisation. Les oiseaux urbains font donc face à de nouveaux défis, notamment la destruction et la fragmentation des habitats naturels, les collisions avec des structures tels que les vitres et une sensibilité accrue à la prédation (Zyśk-Gorczyńska et al., 2020; Liordos et al., 2021) . Ces facteurs agissent comme des filtres écologiques, modifiant la répartition des espèces et la composition des communautés le long du gradient d'urbanisation (Jokimäki et al., 2018; Liordos et al., 2021).

1.2. Hirondelle de fenêtre (*Delichon urbicum*) Vue d'ensemble de l'espèce

1.2.1. Description de l'espèce *Delichon urbicum*

L'hirondelle de fenêtre fait partie de l'ordre des Passeriformes et de la famille des Hirundinidae. Cette grande famille composé de 88 espèces, dont la majorité niche en Afrique et au Amérique sont facilement reconnaissables à leurs corps minces et fuselés, des pattes courtes aux muscles peu développés, signe d'un mode de vie principalement aérien (Olioso, 2020). Le genre *Delichon* est constitué de deux espèces dont *urbicum* (Keller et al., 2020; Olioso, 2020). Elles peuvent avoir une longévité de plus de 15 ans (maximum connu), une taille entre 14-15 cm, une envergure de 28 cm et un poids de 16 à 25 g (Lesaffre, 2018; Shirihai & Svensson, 2018). Ce sont des oiseaux sexuellement monomorphiques c'est à dire qu'on ne reconnait que très difficilement la différence entre mâle et femelle. Cependant lors de la saison

reproductive il est possible de les différencier grâce des critères tels que le Brood patch et la petite protubérance du cloaque chez la femelle (Piersma & Van Der Velde, 2009).

On peut aussi différencier les juvéniles (moins d'un an) des adultes morphologiquement. Les adultes sont noirs et blancs toute l'année. On observe que la partie supérieure est noire avec un reflet métallisé bleuté/verdâtre, ornée de marques blanches ou grises sur les rémiges primaires, contrastant avec la grande tache blanc pur sur le croupion ; les parties inférieures sont entièrement blanches, y compris la gorge et les couvertures sous la queue, Figure 2.A. La queue noire est plutôt courte et étroite et modérément fourchue Figure 2.B. Les ailes sont pointues mais relativement larges. Le juvénile est semblable à l'adulte, mais le dessus est moins brillant et la gorge est d'un blanc sombre et non pur (Shirihai & Svensson, 2018).

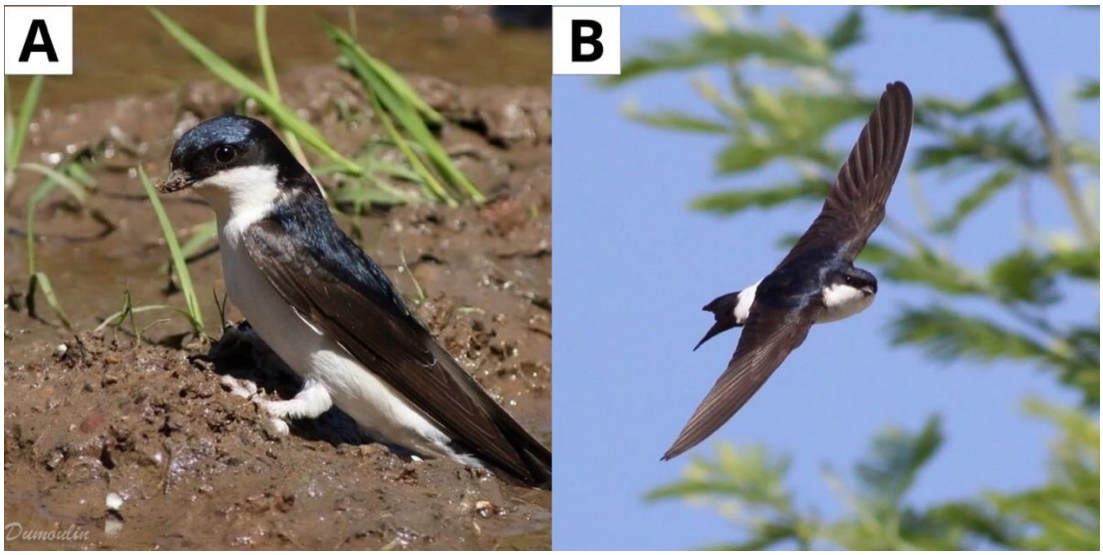


Figure 2 : Hirondelles de fenêtre adultes (photo de R. Dumoulin).

A. Collecte de boue pour la construction d'un nid - B. En plein vol.

En vol, ces hirondelles montrent une agilité remarquable, alternant battements d'ailes rapides et vols planés avec les ailes étendues, créant une allure gracieuse et un arc parfait (Géroudet & Cuisin, 1998). Leur capacité à planer et à manœuvrer rapidement les rend efficaces pour capturer les insectes volants, que ce soit au ras du sol ou même à haute altitude où elles chassent du "*plancton aérien*" souvent en compagnie du martinet noir (*Apus apus*) (Biedermann & Kärcher, 2009; Lovette & Fitzpatrick, 2017; Gariboldi & Ambrogio, 2018; Lesaffre, 2018).

Leur vol est souvent erratique et difficile à suivre, marqué par des changements soudains de direction, ce qui est une adaptation pour capturer les insectes avec une vitesse de vol moyenne de 40 km/h (Duquet, 2017; Maillard, 2021).

Selon la définition de Perrins et Birkhead (1983) ce sont des oiseaux coloniaux strict c'est-à-dire qu'ils nichent toujours en colonie. Ce mode de vie social a des avantages tels que: la défense contre les prédateurs, grâce au harcèlement de groupe contre le prédateur, la synchronisation des pontes et la recherche plus efficace de nourriture grâce aux échanges d'informations entre individus de la colonie sur la localisation des ressources trophiques disséminées et imprévisible (Perrins & Birkhead, 1983).

Cependant la vie en colonie n'est pas seulement avantageuse, il peut y avoir un plus haut taux de compétition entre individus (site de nidification, partenaire, aliments, matériaux pour le nid) de plus, contrairement au mode de vie solitaire les oiseaux vivant en colonie ont de plus hauts taux d'être infestés par des ectoparasites (Møller et al., 1994; Tella, 2002). Ce mode de vie est très peu répandu chez les oiseaux et seuls 13% d'entre eux l'exploite (Lack, 1968).

Le régime alimentaire des hirondelles de fenêtre est insectivore, une étude mené en Algérie en 2004 parle d'un régime composé à 99.6% d'insectes (Boukhemza-Zemmouri et al., 2013). Ce sont principalement de petits insectes volants qu'elles capturent en plein vol. Elles capturent une grande variété de proies aériennes principalement de l'ordre des diptères et de l'ordre des hémiptères (Rouaiguia, 2015). Les proies ont une taille moyenne comprise entre 2 et 8 mm (Géroudet & Cuisin, 1998; Olioso, 2020).

Les proies sont souvent capturées dans des boulettes qui peuvent contenir entre 1 et 388 insectes. Les individus chassent en groupe avec une forte simultanéité et peuvent se déplacer de plusieurs km pour chasser (Géroudet & Cuisin, 1998; Gariboldi & Ambrogio, 2018). Le nourrissage des jeunes peut atteindre 150 nourrissages par jour parfois jusqu'à 40-50 en une heure et entre 8-15 par heure en moyenne (Géroudet & Cuisin, 1998).

La saison de reproduction commence généralement avec l'arrivée des mâles sur les sites de nidification, souvent les premiers à revenir des quartiers d'hiver. Ces mâles expérimentés sélectionnent les emplacements de nid et commencent la construction pour attirer les femelles (Olioso, 2020). Le processus de séduction est marqué par un comportement territorial et compétitif, les mâles défendant vigoureusement le site choisi contre les autres prétendants.

Les couples sont principalement monogames mais la deuxième nichée peut avoir lieu avec un autre partenaire. Parfois les couples se reforment avec le même partenaire l'année suivante (Géroudet & Cuisin, 1998; Gariboldi & Ambrogio, 2018). Ce comportement territorial agressif peut s'atténuer progressivement à mesure que la paire se forme et que la confiance s'établit entre les partenaires(Géroudet & Cuisin, 1998).

La plupart des premières pontes est de 4 ou 5 œufs et les deuxièmes pontes sont plus petites entre 3 et 4 œufs. Plus de jeunes à nourrir (6 ou 7) devient trop énergivore pour les parents qui ont un taux maximal de gain d'énergie de 13.6 kJ/heure lorsqu'ils nourrissent les jeunes contre 17.7 kJ/heure quand ils doivent se nourrir eux-mêmes (Bryant & Westerterp, 1983).

Les deux parents participent activement à l'incubation des œufs, qui dure entre 14.2 et 15.7 jours (minimum 11 et maximum 19 jour), de plus les mâles fournissent des soins parentaux parmi les plus élevés connus chez les passereaux, la femelle reste deux fois plus longtemps en moyenne sur les œufs que le mâle et y passe des périodes continues plus longues (Whittingham & Lifjeld, 1995; Olioso, 2020). Les éclosions sont généralement asynchrones, pouvant s'étendre sur 2 jours, ce qui permet de répartir les efforts de nourrissage des parents. Le succès de reproduction (nombre de jeunes envolés par rapport au nombre d'œufs pondus) est entre 56 et 80% (Olioso, 2020).

Après l'éclosion, les jeunes restent dans le nid pendant 19 à 32 jours, période durant laquelle ils sont nourris par les deux parents (Géroudet & Cuisin, 1998; Lesaffre, 2018). Quand ils viennent d'éclore les parents en particulier la femelle couvre les petits plusieurs jours en alternant avec la chasse. Les jeunes sont encore nourris par les parents pendant environ deux semaines après leur envol, période durant laquelle ils continuent à dormir dans le nid familial (Olioso, 2020).

La reproduction des hirondelles de fenêtre n'est pas sans défis. Les conditions météorologiques défavorables peuvent entraîner une pénurie de nourriture, affectant directement la survie des oisillons. Les jeunes peuvent entrer en léthargie pour économiser de l'énergie pendant les périodes de disette pouvant tenir 120 heures en jeûne. De plus, la compétition avec les moineaux domestiques, *Passer domesticus*, pour les sites de nidification peut entraîner la destruction des nids ou la perte de nichées (Géroudet & Cuisin, 1998; Keller et al., 2020).

La répartition géographique de l’espèce, se limite au paléartique occidental, de l’Oural aux île Britanniques et du cap Nord au Maghreb, Figure 3. Elles sont moins répandues en Asie centrale et au Moyen-Orient et non présentes dans les grandes étendues désertiques ou steppiques (Olioso, 2020). Ce sont des migrateurs de longue distance, parcourant chaque année des milliers de kilomètres lors de leur migrations saisonnières deux fois par an (Bellisario et al., 2023). Lors de leur migration au printemps et de la migration post-nuptiale, durant trois fois plus de jours, fin de l’été début de l’automne elles suivent des chemins migratoires, appelés connectivités migratoires, cependant en fonction des régions et de la migration au printemps ou en automne ces chemins diffèrent ce qui rend très complexe leur suivi (Géroudet & Cuisin, 1998; Hobson et al., 2012; Szép et al., 2017; Maillard, 2021).

Les hirondelles ne reviennent pas toutes au même moment et il a été observé que les individus plus âgés migrent plus tôt et ont plus de chance d’avoir une seconde nichée (Bryant, 1979). Bien qu’arriver plus tôt puisse être un avantage pour avoir plus de niché cela engendre plus de coûts lié à la reproduction qui s’accumulent tout au long de la saison de reproduction (Bryant, 1979; Olioso, 2020). Elles sont très fidèles à leur colonie d’origine, en effet 95% des jeunes et 65% des adultes reviennent à moins d’un kilomètre l’année suivante (Rouaiguia, 2015).

Leur destination dans leur quartier d’hiver lors de leur période non reproductive répartie sur une vaste zone de l'Afrique subsaharienne reste un mystère. De fait il est difficile de baguer les petits car l’intérieur de leur nid n’est que très peu accessible, elles restent en vol très haut, jusqu’à 3600 m d’altitude et ne réalisent pas de rassemblement pré-migratoire ce qui augmente la difficulté de les baguer (Hobson et al., 2012; Szép et al., 2017; Olioso, 2020).

Figure 3 : Aire de répartition de l'Hirondelle de fenêtre. La zone d'hivernage est représentée en bleu, la zone estivale en jaune et l'espèce peut se retrouver dans la zone verte lors de la migration (BirdLife International, 2024).

1.2.2. Comportement de nidification

Initialement les hirondelles de fenêtre construisaient leur nid sur des falaises rocheuses ou côtières, aujourd'hui elles sont principalement anthropophiles, utilisant de la boue pour construire leur nid (Rouaiguia, 2015; Lovette & Fitzpatrick, 2017; Lesaffre, 2018; Olioso, 2020). Il existe trois types de nids formés à partir de boue : les simples nids en forme de coupe, les nids en coupe fermées et les nids en coupe fermées avec un tunnel comme entrée. Les hirondelles de fenêtre construisent des nids de la deuxième catégorie, ce type de nids empêcheraient les mâles des nids voisins de copuler avec la femelle (Winkler & Sheldon, 1993). Ces nids sont souvent fixés sous les rebords des toits, les coins de fenêtres des auvents ou d'autres surfaces abritées, offrant une protec- tion contre les éléments et des prédateurs (Grunova & Holesova, 2019). En général ces nids se trouvent dans des zones où l'environnement est dégagé, proches de zones ouvertes pour trouver de la boue et des insectes (Allera et al., 2023).

La construction du nid est une activité coopérative, les deux partenaires contribuant à l'apport de matériaux et à l'édification de la structure (Géroudet & Cuisin, 1998; Morin, 2009; Gariboldi & Ambrogio, 2018).

L'emplacement idéal pour construire un nid est à la jonction entre deux surfaces rugueuses qui procurent une bonne adhérence et de la stabilité. C'est pourquoi elles choisissent

des zones avec beaucoup de vieux bâtiments car les techniques de rénovation peuvent par exemple utiliser des matériaux avec moins d'adhérence tels que de la peinture lisse ou des soffites en plastique plutôt que du bois (Murgui, 2002; Grunova & Holesova, 2019; Kettel et al., 2021; Schollaert, 2024).

La construction dure de une à trois semaines et les oiseaux parcourent entre quelques centaines de mètres et un kilomètre pour collecter de la boue dans des flaques d'eau ou même de la boue des turricules de vers de terre (Géroudet & Cuisin, 1998; Morin, 2009; Piersma, 2013; Gariboldi & Ambrogio, 2018; Olioso, 2020). Elles ont une tendance à réutiliser des nids anciens, en les renforçant ou les réparant. Cette réutilisation est bénéfique car elle permet d'économiser l'énergie nécessaire à la construction et maximiser l'efficacité des efforts de nidification. Cette stratégie a pourtant l'inconvénient d'exposer les individus à un plus haut taux de parasitisme, il est donc suggéré que les individus doivent faire un compromis entre utiliser ou réparer un nid déjà construit mais infesté de parasites ou bien investir de l'énergie pour construire un nouveau nid (Piersma, 2013; Kettel et al., 2021).

1.2.3. Composition des nids

La construction complète d'un nid requiert entre ± 700 à ± 3000 pellets de boue et quelques fragments végétaux, Figure 4 (Géroudet & Cuisin, 1998; Carels, 2015). Comme énoncé précédemment le nid a une forme de coupe fermée qui ne s'ouvre que sur un trou ovale d'environ 2 cm de diamètre, placé sur le bord supérieur (Géroudet & Cuisin, 1998; GTH Aves-Natagora, 2009). Les hirondelles mélangent la boue à leur salive pour qu'elle puisse être modelé. Ce mélange crée des ponts liquides qui par capillarité tiennent comme des châteaux de sables. La différences avec le mélange sable et l'eau est que la salive est riche en mucine, une glycoprotéine trouvée dans la salive des vertébrés. Lorsque l'eau de la salive s'évapore elle procure une cohésion permanente grâce à l'enchevêtrement des chaînes de polymères. Cette mucine crée donc un gel résistant qui permet au nid de supporter jusqu'à 40 N alors que la masse des deux adultes (< 30 g), des jeunes (< 100 g) et du nid (300 g) tourne autour des 4 N. Tous les oiseaux n'utilisent pas cette technique car la concentration en mucine dans la salive est faible, approximativement 4.9 g/L, ce qui limite la masse des oiseaux utilisant la salive comme agent cohésif pour leurs nids (Jung et al., 2021).

Figure 4 : Deux nids naturels, Place Cardinal Mercier, construits avec de la « bonne » brune de type sablo-limoneuse (photo de Z. Jilali).

Chez l'hirondelle de fenêtre, le type de boue principalement retrouvé dans les nids est du limon sableux, 24.2 à 81.3%, avec un faible pourcentage d'argile de 3 à 21.1% avec une taille de grains autour de 42.5 ± 11.4 µm. Les minéraux argileux tels que la smectite et l'illite sont utilisés comme ciment pour renforcer la cohésion des nids, tandis que les minéraux non argileux comme le quartz, la calcite et les feldspaths servent d'agrégats. Ces minéraux, notamment le quartz, important minéral retrouvé dans les nids jusqu'à 34.3%, contribuent à leur solidité en raison de leur faible indice de plasticité, c'est-à-dire la capacité du matériaux à se déformer sans se casser. Les minéraux à indice de plasticité élevé comme l'argile, renforcent quant à eux la rigidité. Les hirondelles évitent les minéraux colorés, préférant les minéraux incolores ou blancs qui absorbent peu la lumière et donc la chaleur. Ce choix de matériaux montre que les hirondelles de fenêtre sont capables de repérer précisément les caractéristiques des matériaux utilisés pour la construction des nids (Papoulis et al., 2018).

1.2.4. Conservation de l'hirondelle de fenêtre

Selon la base de données de BirdLife International, la population mondiale de l'hirondelle de fenêtre se situe entre 10 et 50 millions d'individus. Elle est considérée comme une espèce *least concern*, ce qui signifie que même si la population est en déclin modéré, cette diminution ne dépasse pas 5% par an et n'est pas assez rapide pour que l'espèce ne soit pas considérée vulnérable, Figure 5 (IUCN Red List, 2020; PECBMS, 2022; BirdLife International, 2024).

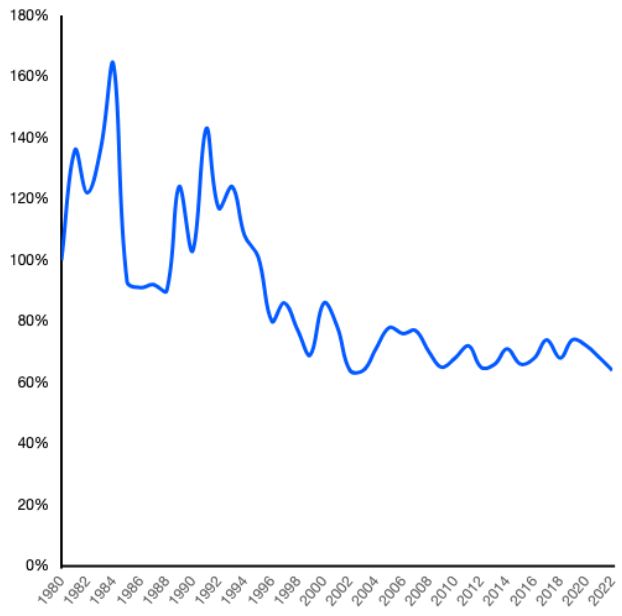


Figure 5 : Index de la population d'Hirondelle de fenêtre en Europe entre 1980 et 2022 (PECBMS, 2022).

Comme énoncé dans les sous-chapitres précédents, bien que l'espèce ne soit pas en danger d'extinction elle fait face à différentes pressions, particulièrement en milieux urbain. La restauration des bâtiments diminue la disponibilité des sites de nidification, la réduction des espaces verts en ville réduit la disponibilité en boue et les habitants dérangés par les bruits et fientes peuvent consciemment ou inconsciemment détruire les nids alors qu'il sagit d'une espèce protégée (Merzouki et al., 2013; Blondel & Desmet, 2018; Lesaffre, 2018; Burnel, 2019; Allera et al., 2023). En Belgique, comme l'explique le Groupe de Travail Hirondelles (GTH) de Natagora : "*Seul le Département Nature et Forêts (DNF) de la région Wallonne peut éventuellement accorder une dérogation dans le cadre d'éventuels travaux à la façade ou à la corniche d'une maison. Une telle dérogation est généralement assortie de l'obligation de placer des nids artificiels au même endroit après les travaux.*" (Natagora, 2022).

En plus de la sensibilisation du grand public, deux techniques existent pour remédier à ces différents problèmes :

- **Les nids artificiels** : Depuis de nombreuse années, les nids artificiels, sont un bon compromis pour faire face aux différents problèmes que les colonies endurent en milieux urbains, Figure 6. Ces nids sont modelés de sorte qu'ils reproduisent au mieux les nids naturels à la différence que ceux-ci sont pérennes sur plusieurs dizaines d'années (Carels, 2015). Si les fientes posent problème, des planchettes

anti-fientes peuvent être placées (GTH Aves-Natagora, 2015; Lambay communication personnelle, 2024)

- Sur les bâtiments détruits sur lesquels les hirondelles nichaient, des tours à hirondelles peuvent remplacer l'édifice (Carels, 2015; Olioso, 2020).

Voici les avantages que les nids artificiels apportent dans le document "*Conseils et mode d'emploi*" que propose le GTH de Natagora (GTH Aves-Natagora, 2015) :

1. Ils facilitent l'installation des hirondelles sur un bâtiment où leur nid est protégé et non détruits.
2. Ils offrent une alternative de nidification aux hirondelles dans les zones où la boue pour construire leur nid est rare.
3. Dès leur retour de migration, les hirondelles peuvent s'y installer rapidement et ont plus de chance d'avoir une seconde nichée.
4. Ils aident à rétablir la présence des hirondelles après la destruction de leur nid naturel due à des travaux de rénovation.
5. Ils permettent la nidification sous les corniches en PVC, évitant la chute fréquente des nids naturels qui entraîne la mort des petits.

Diffuser des chants enregistrés s'est avéré très efficace afin d'augmenter les chances d'attirer les couples dans ces nouveaux nids lorsque ceux-ci ne sont pas proches de nids naturels ou sur des structures différentes que celles que les hirondelles de la colonie ont l'habitude d'utiliser. Ce sont les jeunes hirondelles qui sont leurrées en pensant que d'autres couples revenus plus tôt dans la saison logent dans les nids, ce qui les encourage à s'installer (Carels, 2010, 2015).

Il y a cependant quelques désavantages :

1. Il faut parfois attendre longtemps avant qu'un couple ne s'installe dans un nid artificiel (Carels, 2010).
2. Il faut nettoyer les nids au minimum une fois tous les deux ans. Les nids artificiels n'évacuent pas les parasites, contrairement aux nids naturels qui cassent régulièrement. (Carels, 2015).
3. Si l'ouverture du nid est trop grande, d'autres oiseaux tels que les moineaux domestiques peuvent usurper le nid (Carels, 2015).

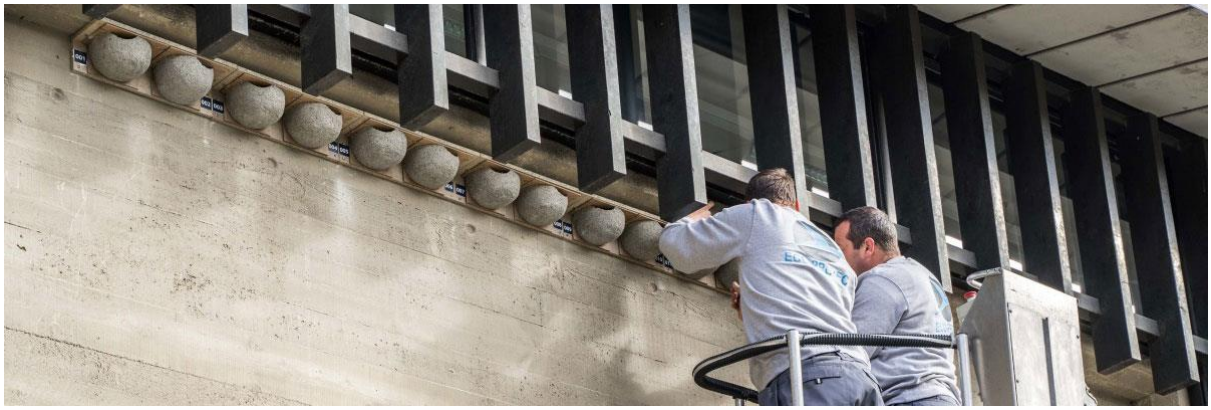


Figure 6 : Installation de nids artificiels sur le bâtiment Pythagore en 2019 lors de l'opération « Sauver les hirondelles » à l'UCLouvain (UCLouvain, 2019).

- **Les bacs à boue** : Toutes sortes de bacs à boue sont utilisées pour donner un accès à de la boue aux hirondelles. Ils peuvent aussi être une alternative aux nids artificiels si ceux-ci ne peuvent être placés sur les structures des bâtiments (GTH Aves-Natagora, 2009).

Le principe est simple : aménager un espace avec un mélange de limon et d'argile pour créer de la boue dans un endroit accessible aux hirondelles, éloigné d'obstacles tels que des buissons pour éviter les prédateurs (GTH Aves-Natagora, 2009; Carels, 2015; Gest, 2024). Fournir de la boue peut aussi se faire dans une flaque déjà existante si elle est utilisée par les hirondelles ou en aménageant au sol un espace de terre nue en pente douce avec de l'eau (Carels, 2010; Olioso, 2020). Le but est de garder ces endroits humides en y ajoutant de l'eau quand il en manque sur la période de mai à juin (période de construction). Cela leur permet de construire leur nid même par temps sec et leur évite de parcourir de trop longues distances à la recherche de boue (Carels, 2010). Les bacs peuvent être de formes et de situations très variées allant de simples bacs à fleurs sur un appui de fenêtre à des bâches en plastique de plusieurs mètres sur un toit plat, Figure 7 (Carels et Debonnet communications personnelles 2024; Gest, 2024).

Appliquer cette technique n'est pas aussi simple et efficace qu'en théorie. En effet, certains bacs fonctionnent tandis que d'autres ne donnent pas de résultats, sans qu'on en connaisse les raisons. A titre d'exemple, un couple d'hirondelles à Wezembeek-Oppem a ignoré un bac à boue placé à 30 m de leur nid, préférant parcourir 950 m pour s'approvisionner dans une flaque. Pour construire leur nid qui nécessite plusieurs milliers de pellets de boue,

elles n’ont pas hésité à parcourir plusieurs milliers de kilomètres pour construire le nid (Carels, 2015).

L’exemple de Bruxelles est flagrant. Grâce à toutes ces techniques, la capitale a connu une augmentation remarquable de 82% du nombre de nids occupés entre 2022 et 2023, atteignant 477 nids recensés. En comparaison, en 2002, il ne restait plus que 33 couples. (Pailhès, 2024).

Figure 7 : Différents types de bacs à boue – A. Bac à boue d’un mètre carré sur 12 cm de profondeur - B. Bac à boue sur un appui de fenêtre (Debonnet communication personnelle, 2024) – C. Bac à boue creusé à même le sol (Carels, communication personnelle, 2024) - D. Bac à boue à partir d’une bâche.

1.3. Les hirondelles de fenêtre de Louvain-la-Neuve

1.3.1. Dynamique de la population de Louvain-la-Neuve

En wallonie entre 1985 et 2015, la population a diminué de 45%. Avec un déclin plus prononcé en ville qu'en périphérie (Carels, 2015). La colonie de Louvain-la-Neuve (LLN) qui fait l'objet de ce mémoire est suivie depuis plusieurs années.

En 2009, une étudiante S. Blangy réalise un premier inventaire dans le cadre de son mémoire en master de Biologie des Organisme et Écologie (BOE) de l'UCLouvain (Blangy, 2009). Ce n'est qu'en 2018, sans avoir de données de 2010 à 2017, que le suivi se poursuit par des bénévoles jusque 2019, ces données sont à prendre avec des pincettes car le travail des bénévoles n'a pas eu de suivi académique bien que ces personnes ayant réalisé le travail l'ai fait avec rigueur. Depuis 2020 le suivi de la colonie se déroule dans le cadre de mémoires en master BOE, Figure 8 (Bylicki, 2021; Nuyt, 2022; Lesorbe, 2023). Le travail de ce mémoire est réalisé dans cette continuation à la différence que ce travail ne fera pas le suivi de la colonie, sujet du mémoire BOE de Z. Jilali de 2024.

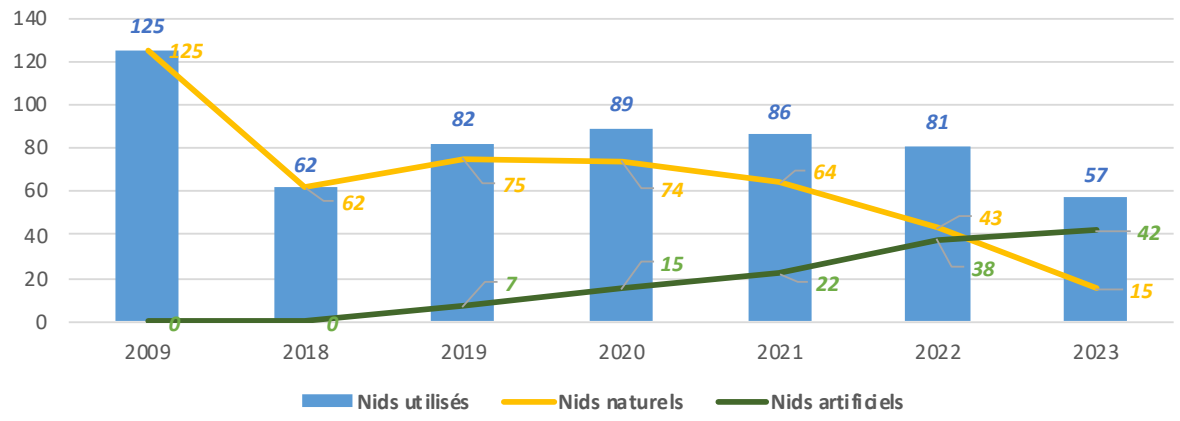


Figure 8 : Évolution de l'utilisation des nids naturels et artificiels d'hirondelles de fenêtre à LLN pour les années 2009, 2018-2023 à partir de S. Blangy, M. Bylicki, M. Nuyt, R. Lesorbe jusqu'en 2023 (Blangy, 2009; Bylicki, 2021; Nuyt, 2022; Lesorbe, 2023).

1.3.2. Stratégies de conservation de l'hirondelle de fenêtre à Louvain-la-Neuve

Environ la moitié des occupations des nids naturels ont diminué entre le suivi de 2009 et 2018, Figure 8. C'est en 2018 que des actions concrètes de protection de l'espèce ont débuté à LLN. Ces actions sont menées par S. Lambay, cheville ouvrière de l'opération « Sauver les hirondelles » à l'UCLouvain et les professeurs R. Wesselingh et T. Hance (UCLouvain, 2019).

Des balades de sensibilisation sont organisées et s'avèrent être un succès avec plus de 200 participants en 2018. En 2019, 196 nids artificiels sont disposés dans LLN, aujourd'hui LLN dispose de 225 nids artificiels (UCLouvain, 2019; Lambay communication personnelle, 2024). Des nids artificiels sont aussi disposés sur le bâtiment Pythagore où il n'y avait pas de colonie pré-existante, Figure 6. En 2022, deux couples se sont installés probablement grâce à la diffusion de chants (UCLouvain, 2019; Nuyt, 2022;). En 2019, quatre bacs à boue sont placés mais s'avèrent être des échecs (Lambay communication personnelle, 2024).

Grâce aux données récoltées on observe que l'utilisation des nids artificiels et naturels s'inverse à partir de 2022 où un peu moins de trois quarts des occupations en 2023 sont dans des nids artificiels, Figure 8.

1.3.3. Une ressource essentielle : la boue

L'observation d'un nombre très limité de nouvelles constructions, malgré une préférence évidente pour les nids naturels, semble s'expliquer par un manque de boue. Fournir ce matériel de construction à proximité des colonies en milieu urbain pourrait améliorer la situation (Carels, 2015). C'est aussi le constat que M. Bylicki et M. Nyut font dans leurs mémoires sur la colonie de LLN en 2020 et 2021. Elle observe une diminution de l'utilisation des nids naturels qui serait probablement due à une pénurie de boue. Comme expliqué précédemment, la boue est le matériel vital pour la construction de nids naturels (Bylicki, 2021; Nuyt, 2022).

À Louvain-la-Neuve, le problème principal est que les hirondelles collectent une boue très organique et peu solide, ce qui les contraint à reconstruire constamment leurs nids, entraînant une perte d'énergie importante. De plus, cette boue qui semble de mauvaise qualité rend la structure fragile, augmentant le risque d'effondrement des nids sous le poids des oisillons, ce qui est préoccupant pour une population déjà en déclin (Nuyt, 2022). Ce phénomène a également été observé à Bruxelles, où des couples d'hirondelles utilisent une boue très noire issue des gouttières du bâtiment sur lequel elles nichent, mais cette boue, composée principalement d'humus, est trop friable et se désintègre une fois sèche. Face à ces échecs, les couples finissent souvent par se tourner vers les nids artificiels encore disponibles. Même lorsque certains réussissent à mener une couvée à terme dans un nid construit à partir de « mauvaise » boue, ce dernier s'effondre souvent sous le poids des jeunes (Weiserbs et al., 2004; Carels, 2015).

Bien que de manière générale plusieurs organisations et particuliers soutiennent les hirondelles en leur fournissant de la boue, aucune étude scientifique n'a encore été réalisée sur les facteurs influençant l'utilisation des bacs à boue. Le mémoire de M. Nyut propose de retenter l'expérience des bacs à des emplacements stratégiques pour que les hirondelles puissent s'y approvisionner (Nuyt, 2022, communication personnelle, 2024). Après l'échec des premières tentatives en 2019, ce mémoire vise à poser les bases de futures recherches en testant l'efficacité de différents emplacements de bacs à boue en milieu urbain Louvain-la-Neuve. Les données récoltées seront un premier pas vers une meilleure compréhension des conditions nécessaires pour optimiser l'utilisation de ces bacs, dans un but de conservation de l'espèce.

1.4. Objectifs et questions de recherche

1.4.1. Objectifs

Identification des paramètres influençant l'acceptation des bacs à boue par les hirondelles de fenêtre afin de proposer des recommandations pour la conservation des sites de nidification de cette espèce pour de futures études sur les bacs à boue.

1.4.2. Questions de recherche

Améliorer la conservation de l'hirondelle de fenêtre (*Delichon urbicum*) en maintenant l'intégrité de la structure de son nid à travers la mise en place de bacs à boue. Cette question est étudiée à travers l'analyse de trois thématiques de recherche décrites ci-dessous :

1. Déterminer si les hirondelles de fenêtre utilisent les bacs de boue tout au long de la saison 2024 à LLN ;
2. Évaluer l'état final des nids naturels en fin de saison 2024 ;
3. Trouver la source et analyser la composition de la boue noire observée les années précédentes pour la construction des nids.

2. Matériel et méthodes

Cette section de l'étude décrit les différents protocoles utilisés pour répondre aux trois questions de recherches. Celui des bacs à boue décrit le terrain d'études, les choix des différents bacs et le choix de leurs emplacements. Le protocole de l'état des nids naturels permet d'étudier leurs évolutions au cours de la saison de reproduction 2024. Finalement les trois protocoles d'exploration de la boue noires décrivent comment les sites de collectes sont repérés, comment la granulométrie des échantillons de nids et de terres se déroule et enfin le dernier explique en détail comment obtenir les textures des échantillons.

2.1. Les bacs à boue

2.1.1. Les bacs

Choix des bacs et boue

Le choix des bacs a été guidé par plusieurs critères en fonction des caractéristiques du terrain. Ils doivent être de taille minimale pour faciliter leur installation dans un maximum d'espaces urbains tout en restant discrets. La solidité des bacs a également été un critère essentiel pour garantir qu'ils puissent tenir toute la saison sans nécessiter de réparations. La première moitié du bac est remplie à mi-hauteur d'une terre limoneuse conseillée par le garde forestier Thibault Thyrion situé dans une prairie du parc Athéna en lisière du bois de Lauzelle. L'autre moitié de la surface est couverte de terre limon fin avec texture limoneuse, provenant de Villers-la-Ville (VLV) fournie par la Plaine Chassart. Le triangle textural de la terre de VLV se trouve en Annexe A. Ces types de boues sont présents naturellement dans nos régions comme on peut voir sur les différents types de sols dans un rayon de 1 km autour du centre de LLN où la colonie d'hirondelles est la plus active, Figure 9.

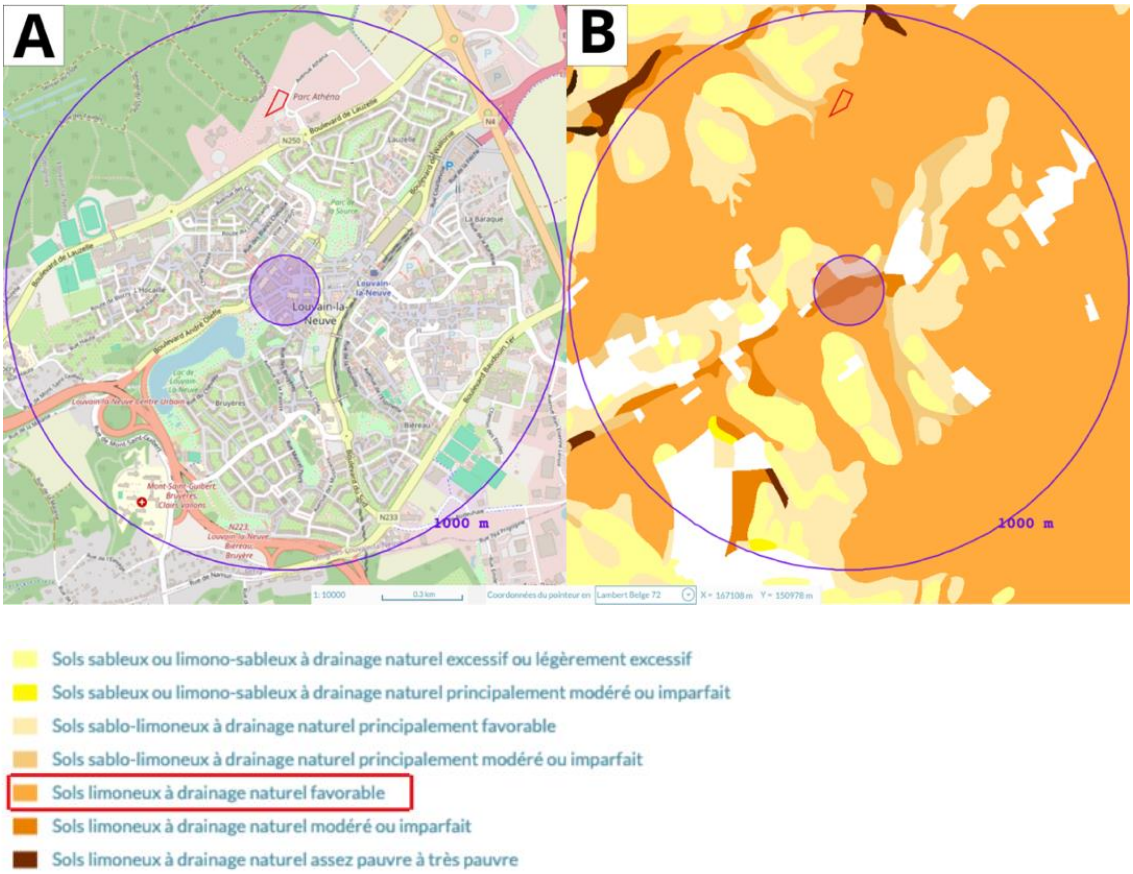


Figure 9 : Cartes d'un buffer d'1 km autour du centre LLN, est encradrée en rouge la prairie d'où provient la terre de LLN - A. Fond de carte : OpenStreetMap - B. Fond de carte des principaux types de sols de Wallonie à 1/10000 (réalisées avec l'outil WalOnMap).

Avec l'aide de Charles Carels, coordinateur du Groupe de Travail Hirondelles de Natagora (GTH), la dimension minimale d'un mètre carré a été retenue pour assurer une visibilité suffisante pour les hirondelles. Ces bacs, nommés « bacs noirs », de type jardinerie en plastique noir, légers et faciles à transporter, sont étanches et ont une hauteur de 12 cm, garantissant une bonne rétention d'eau qui évite les fuites.

Mise en place

1. Le bac de 1 mètre carré est positionné vide à l'emplacement désigné.

2. 30 litres de terre de VLV, ainsi que 30 litres de terre de LLN, sont répartis en diagonale du coin au centre du bac, laissant un espace au milieu pour l'eau, à une hauteur d'environ 5 à 6 centimètres, Figure 10.A.

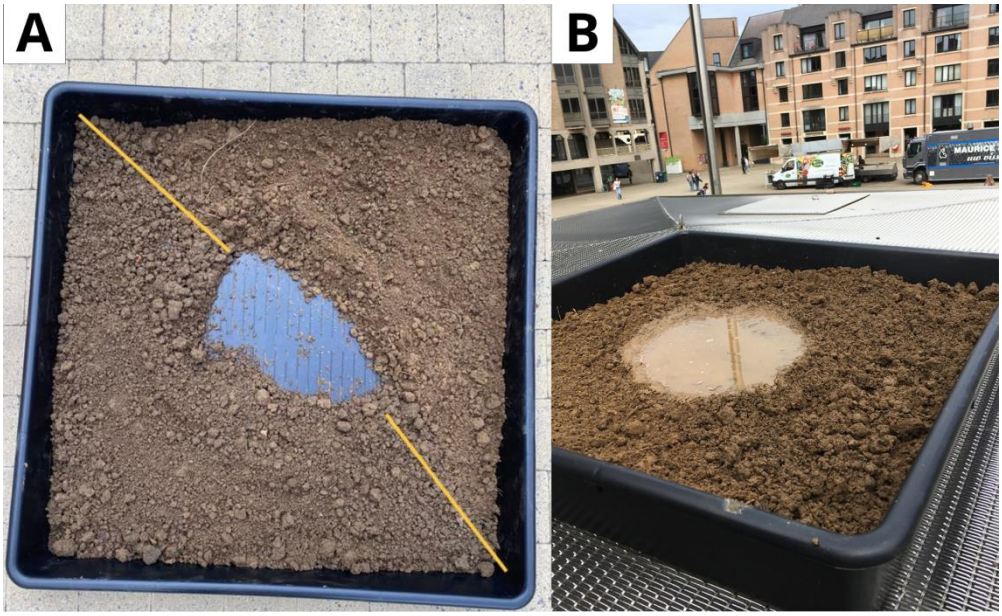


Figure 10 : Bac noir choisi pour l'étude - A. Séparation des deux terres dans la diagonale, à gauche la terre de VLV à droite celle de LLN - B. Bac de l'ascenseur de la Grand-Place avec en son centre une zone d'eau, prêt à être utilisé.

3. La terre est ensuite aplatie et un espace pour l'eau est formé au centre, mesurant environ 30 centimètres de largeur et 40 à 45 centimètres de longueur.

4. L'eau est ajoutée et la terre du bord de l'espace au centre est mélangée avec l'eau pour former de la boue, Figure 10.B.

5. Afin d'éviter des débordements lors de fortes pluies, des trous d'évacuation d'eau, sont percés à environ 3 centimètres de hauteur sur le bord du bac. Pour empêcher la terre de sortir par les trous, ces derniers sont bouchés avec un tissu qui ne laisse passer que l'eau, Figure 11.

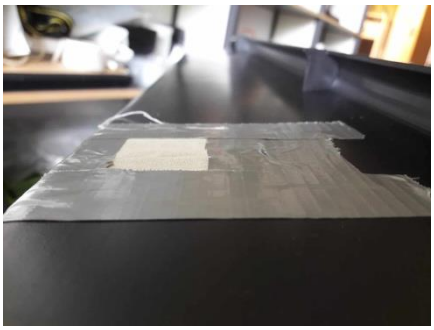


Figure 11 : Trou qui permet l'évacuation de l'eau.

6. Une fiche explicative, est attachée sur les bacs qui sont exposés à la vue de tous. Ces fiches servent à sensibiliser les passants et les impliquer dans l'observation si des activités de récolte ou autres sur les bacs se produisent. La fiche explicative se trouve en Annexe B.

Maintenance des bacs

La maintenance des bacs consiste à vérifier, au minimum une fois par semaine ou plus si les conditions météorologiques sont défavorables (fortes pluies, chaleur), qu'ils ne débordent pas et que la terre ne soit pas immergée lors de fortes pluies. En cas de saturation, il y a un contrôle de la sortie d'évacuation et l'excès d'eau est retiré pour ne laisser qu'une zone d'eau au centre du bac. À l'inverse, si le bac manque d'eau, la terre est humidifiée, et une zone d'eau est ajoutée au centre pour maintenir un niveau optimal, Figure 10.B.

2.1.2. Cartographie des bacs et zone d'étude dans Louvain-la-Neuve

Délimitation de la zone d'étude

La zone d'étude est Louvain-la-Neuve (LLN) une ville universitaire piétonne crée en 1970 dont le rayon est d'1.1 km. La ville comprend un lac, un bassin d'orage d'une superficie de 7 ha qui récolte toutes les eaux pluviales de la ville (Aussem, 2019). Ce lac est le lieu le plus important de chasse pour les hirondelles de fenêtres. Une étude menée en 2021 par la mémorante Catherine Vaneyck présente dans son rapport la répartition des oiseaux indicateurs de l'espaces bâti à LLN dont l'hirondelle de fenêtre fait partie (Vaneyck, 2021).

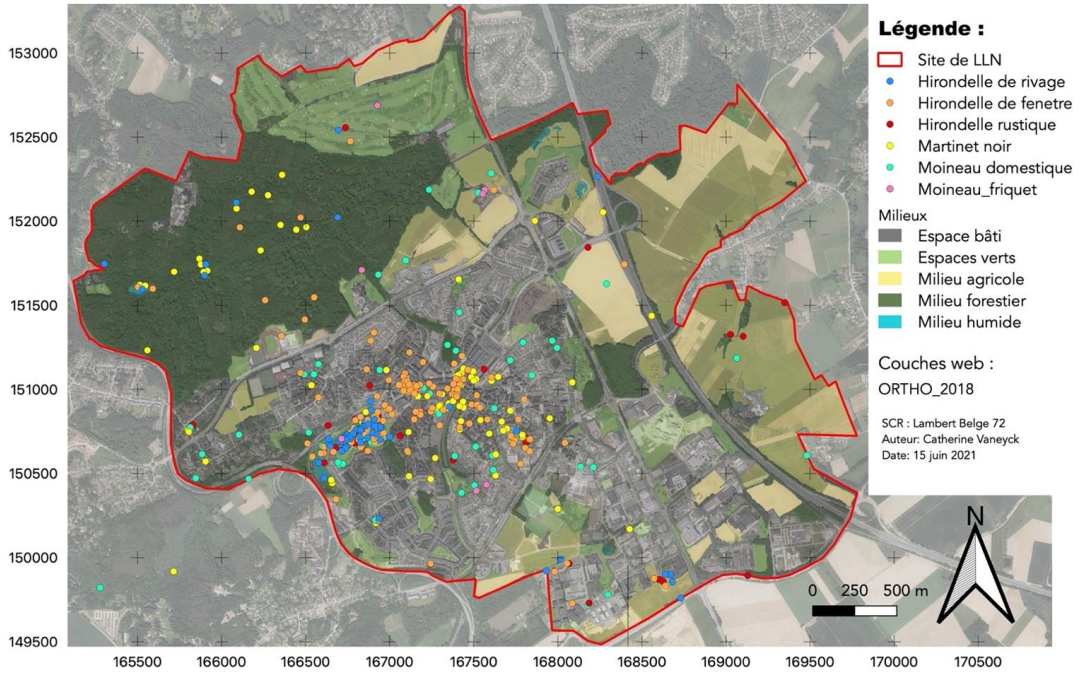


Figure 12 : Répartition des oiseaux des espaces bâti à LLN. Certaines observations étant réalisées aux mêmes coordonnées géographiques, des espèces différentes peuvent se superposer (Vaneyck, 2021).

Matériel et méthodes

Afin de déterminer les zones d'observation des construction et réparation des nids, une première délimitation du périmètre d'étude autour des zones précédemment établies par les mémorants s'occupant du suivi a été réalisée, Figure 13.A. Au sein de ce périmètre, chaque rue et façade sont scrutées afin de déterminer la frontière entre les zones qui seront observées et celles qui ne le seront pas dans la ville. Ensuite à l'intérieur de cette étendue, quatre zones sont délimitées en se basant aussi sur les précédentes études. L'objectif est de structurer les observations et d'attribuer les bacs de manière à ce qu'ils soient situés dans ou à proximité de chaque secteur, Figure 13.B.

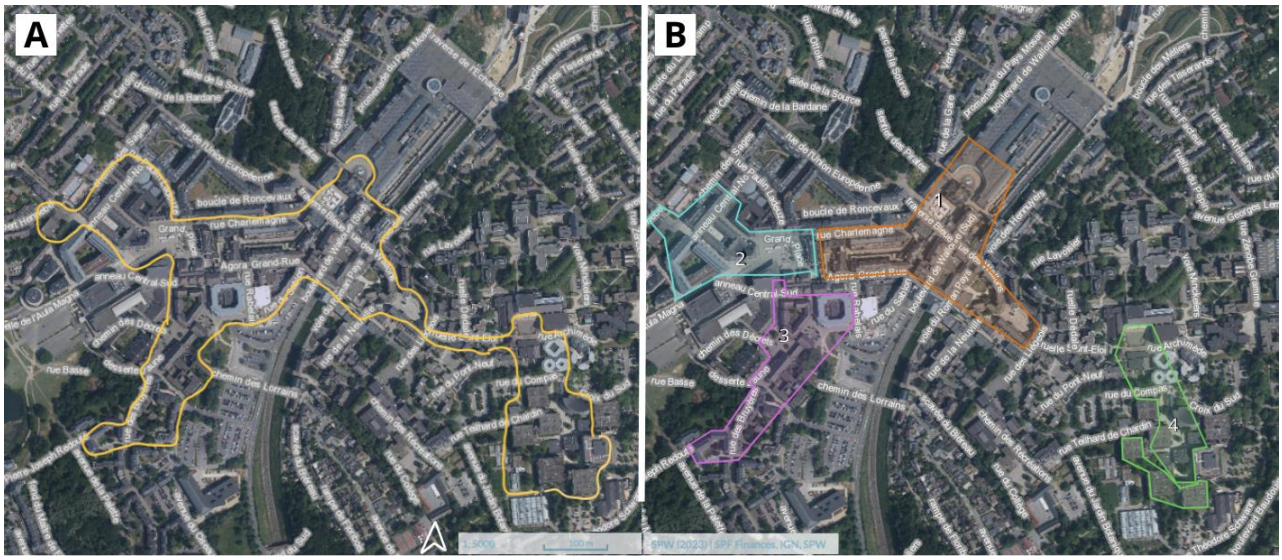


Figure 13 : A. Délimitation du périmètre - B. Les quatre secteurs au sein desquels se trouvent des nids : 1. Centre-ville, 2. Place Cardinal Mercier, 3. Place Montesquieu, 4. Croix du Sud.

Choix des emplacements

Les emplacements sont situés dans des espaces dégagés, offrant ainsi un accès facile et une visibilité supposée optimale pour les hirondelles lors de la collecte de boue pour la construction de leur nid. Ensuite, pour minimiser les perturbations causées par les activités des habitants de Louvain-la-Neuve, les bacs à boue sont disposés de manière à limiter autant que possible les passages à proximité. De plus, la prévention de la prédation potentielle est une priorité, tel que celle des chat domestique (*Felis silvestris catus*), ce qui a conduit à choisir des espaces stratégiques où les risques de prédateurs sont réduits au minimum tel que les emplacements dans des patios, jardins et places appartenant à l'UCLouvain. Le détail des mises en place se trouve en Annexe C. Après sélection des emplacements, des demandes sont officiellement introduites auprès des différentes parties responsables de ces sites. Dans ces demandes, le projet est détaillé, mettant en lumière l'importance de trouver et comprendre

comment fournir des mesures de conservation sûres et appropriées pour les hirondelles de fenêtre. Après des discussions constructives sur les mesures spécifiques à prendre pour la mise en place de chaque bac à boue, le processus d'installation a débuté le 29 avril 2024. Cette collaboration entre les parties concernées a permis de garantir que les bacs à boue soient respectés, Figure 14.

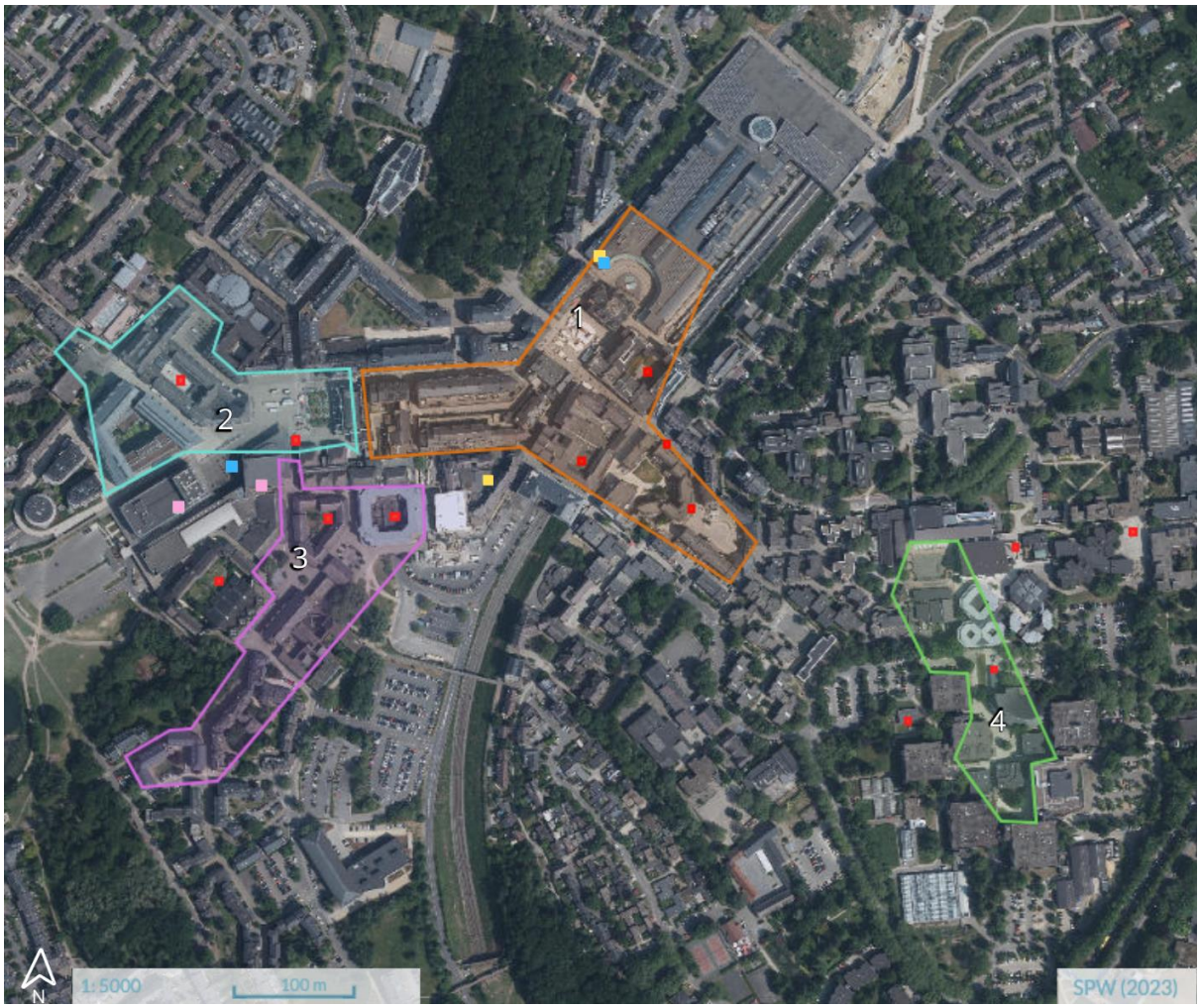


Figure 14 : Carte des emplacements des différents bacs. En rouge les bacs noirs répartis dans les quatre secteurs. En bleu les bacs maison. En jaune les bacs sur les sites de collectes de boue noire. En rose les tests avec les bâches.

2.1.3. Bacs sur les sites de collectes de boue noire

Figure 15 : À gauche un bac fait maison, à droite un bac noir.

Quand un site de collecte est découvert, un ou plusieurs bacs à boue sont placés au plus près de ce site pour maximiser leur potentiel d'utilisation et s'assurer que les hirondelles les repèrent facilement, Figure 15. La boue utilisée par les hirondelles n'est pas retirée et les bacs sont placés à côté de ces sources de mauvaise boue afin de laisser le choix aux hirondelles d'aller dans les bacs ou pas. Ces emplacements ont permis de tester différents apports de boue tel que décrit ci-dessous. Deux bacs supplémentaires « fait maison » sont réalisés. Le premier bac « fait maison » a permis de remplacer rapidement le bac noir de la Grand Place volé qui n'a pas été retrouvé. Les cadres blancs des bacs maisons ont les mêmes dimensions que les bacs classiques. L'étanchéité est assurée par une bâche en plastique transparente épaisse de 2 mm, la sortie d'eau consiste en un trou de 4 mm de diamètre dans la bâche. Le second a été placé à côté d'un bac noir sur un site de collecte de boue noire pour vérifier si les hirondelles ont une préférence pour l'un des deux. Cela permettrait de déterminer si l'absence d'utilisation du bac noir s'explique en partie par une préférence pour le bac maison et expliquerait pourquoi les bacs noirs ne sont pas utilisés.

2.1.4. Le test avec une bâche

Une bâche de 50x60 cm avec 15 litres de chacune des deux boues est déposé à même le sol, Figure 16. Les bords sont retenus par des pierres rondes pour éviter qu'il ne s'envole et effraye des hirondelles. Ces bâches ont été positionnées sur deux toits plats. Comme pour les

bacs les sites de collecte de boue noire, les bâches sont placées à côté d'une source de mauvaise boue sans retirer cette dernière.

Figure 16 : Test de la bâche - A. Bâche sur le toit de l'Aula Magna - B. Bâche sur le toit du Cinéscope.

2.1.5. Collecte des données

Plusieurs paramètres ont été examinés afin de garantir qu'aucune utilisation des bacs ne soit omise.

Monitoring des bacs lors de la saison de reproduction 2024

Figure 17 : Installation des caméras trap.

Afin de garantir une observation efficace tout en minimisant les pertes potentielles d'équipement pour observer l'utilisation des bacs, des caméras trap Maginon WK-4HDW ont été utilisées, Figure 17. Un contrôle hebdomadaire de leur contenu lors des maintenances est réalisé pour vérifier leur fonctionnement et collecter les données. Quatre caméras ont été installées de manière stratégique pour limiter les risques de vol, ce qui n'a pas permis de couvrir l'ensemble des bacs.

Construction et réparation des nids naturels

Pour estimer l'utilisation des bacs à boue, des observations ont été réalisées sur les constructions et réparations des nids et le type de terre utilisé, en raison de l'incertitude quant au moment de collecte et à l'utilisation réelle des bacs. Les réparations avec de la mauvaise boue noire des années précédentes ont servi de référence, tandis que les nids construits avec de la bonne terre ont été interprétés comme un signe d'utilisation des bacs ou de l'exploitation d'une autre source de boue dans les environs. Les caméras trap sont utiles dans le cas où de la bonne boue est utilisée pour déterminer si la bonne boue provenait effectivement des bacs ou d'une autre source. Ces observations sont réalisées en collaboration avec le mémoire de Zohra Jilali et les observateurs de ses expériences. Les événements affectant les nids, comme réparations partielles ou totales, chutes, détériorations, et le type de boue utilisé (noir foncé pour la mauvaise boue et couleur terre pour la bonne), ont été systématiquement notés. Ces observations ont toutefois été exposées à des biais liés aux observateurs pouvant affecter l'interprétation d'un événement de construction ou réparation mais ceux-ci sont corrigés en fin de saison par le relevé de l'état final des nids.

2.1.6. Analyse des données

Utilisation des bacs

Après chaque relevé de la carte mémoire, chaque photo et vidéo a été analysée afin d'évaluer si les bacs ont été efficaces en observant quelles espèces les ont utilisés.

Constructions et réparation des nids naturels

L'analyse des observations a porté sur la comparaison entre le nombre de nids réparés avec de la bonne boue et ceux avec de la mauvaise boue. Cette démarche visait à déterminer si les hirondelles avaient utilisé les bacs ou trouvé une source de boue à proximité de leur zone de nidification. Les données obtenues ont été représentées graphiquement à l'aide du logiciel Excel (version 16.66) pour une bonne visualisation des résultats.

2.2. État des nids naturels

2.2.1. Catégorisation

Deux catégorisations des nids naturels sont effectuées comme suit :

1. La première reprend tous les nids présents sur dans la zone d'étude :
    - Entier : nid complet pouvant être utilisé tel quel, sans réparation nécessaire ;
    - Cassé : nid cassé nécessitant une réparation pour être utilisé, recensée proportionnellement, cette étape a été réalisée à deux avec Zohra. À chaque nid est attribué une proportion ;
    - Trace : trace circulaire présente sur le mur permettant de voir l'endroit où un nid d'une année précédente était situé avant sa chute.

Figure 18 : A. Nid entier – B. Nid cassé – C. Trace de nid (photo de Z. Jilali).

2. La seconde reprend tous les nids sauf ceux sur le bâtiment du Musée L et Kellner qui ont subi des travaux :

   La reclassification, *Tableau 1*, consiste à mettre sur la même échelle toutes les catégories de nids. L'échelle utilisée pour évaluer l'état des nids est exprimée en pourcentage. Un nid intact, ne nécessitant aucune réparation, est noté à 100%, tandis qu'une trace nécessitant une reconstruction complète est notée à 0%.

Tableau 1 : Reclassification de l'état des nids.

Reclassification	Description	Correspondance en %
E	Nid entier	100%
P	Nid peu cassé	75% ≤ P < 100%
M	Nid moyennement cassé	50% ≤ M < 75%
L	Nid largement cassé	25% ≤ L > 50%
F	Nid fortement cassé	0% < F < 25%
T	Trace de nid	0%

Les nouveaux nids ou les ébauches de traces de nids construits au cours de la saison ont été classifiés selon les mêmes critères.

2.2.2. Collecte des données

Avant que les premières hirondelles de la saison 2024 n'arrivent, un tour de recensement de tous les nids naturels et de leur état est mené les 5, 15 et 19 mars 2024. Un second tour est mené après que les hirondelles soient parties de la zone d'étude le 24 octobre 2024.

2.2.3. Analyse des données

Pour évaluer l'évolution des nids, deux comparaisons ont été effectuées : la première analyse l'état initial et final des nids tous secteurs confondus et par secteur, avant et après la saison de reproduction ; la seconde repose sur les résultats de la reclassification. Les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel Excel (version 16.66).

2.3. Caractérisation de la boue noire

2.3.1. Repérage des zones de collecte

Lors des observations de construction et réparation des nids, les hirondelles ont été suivies à l’œil nu et aux jumelles pour identifier leurs lieux de collecte de boue. Une fois un site localisé, une caméra trap est installée afin d’observer le lieu. Si cela n’est pas possible, des vidéos et photos sont prises à l’aide d’un smartphone.

2.3.2. Détermination de la quantité de matière organique dans les échantillons

Échantillons de nids

Les échantillons de nids naturels ont été collectés à partir de nids cassés récupérés au sol. Chaque échantillon a été conservé dans un environnement sec pendant un minimum de cinq mois. Les échantillons ont ensuite été pilonnés afin de détacher les boulettes de terre façonnées par les hirondelles lors de la construction des nids.

Une fois préparés, les échantillons ont été pesés, puis placés dans un four à 400°C pendant 24 heures, Figure 19. Après cette étape, un second pesage a été effectué pour déterminer le pourcentage de matière organique. Pour l'expérience, cinq échantillons ont été sélectionnés : trois provenant de nids construits avec de la boue noire et deux avec de la « bonne » boue brune, nommés nids « normaux ».

Figure 19 : Four utilisé pour brûler la matière organique à 400°C pendant 24 heures.

Échantillons de terre

Les échantillons de terre ont été collectés sur deux sites de collecte de boue noire ainsi que dans les deux types de terre utilisés dans les bacs expérimentaux. Une première étape de séchage a été réalisée pour éliminer l'eau et l'humidité résiduelle, en plaçant les échantillons dans une étuve à 70°C pendant 72 heures.

Par la suite, le même protocole à partir de l’étape de pilonnage que celui utilisé pour les nids naturels a été appliqué.

2.3.3. Granulométrie des échantillons

Après le passage des échantillons au four, une analyse granulométrique par tamisage a été réalisée. Trois tamis de mailles respectives de 150, 100, et 45 µm ont été utilisés pour séparer les sables (> 45 µm) des fractions plus fines, incluant les limons et les argiles (≤ 45 µm). Les tamis de 150 µm et 100 µm ont permis de distinguer différentes catégories de sables et autres éléments grossiers. Avant le tamisage, les échantillons ont été délicatement broyés afin de désagréger les éventuels agglomérats sans altérer les particules. Les tamis ont été superposés par ordre décroissant, et la tamiseuse a été réglée à une intensité de 40 rpm pour

une durée de 25 minutes. Les fractions obtenues à chaque étape ont été collectées et pesées séparément.

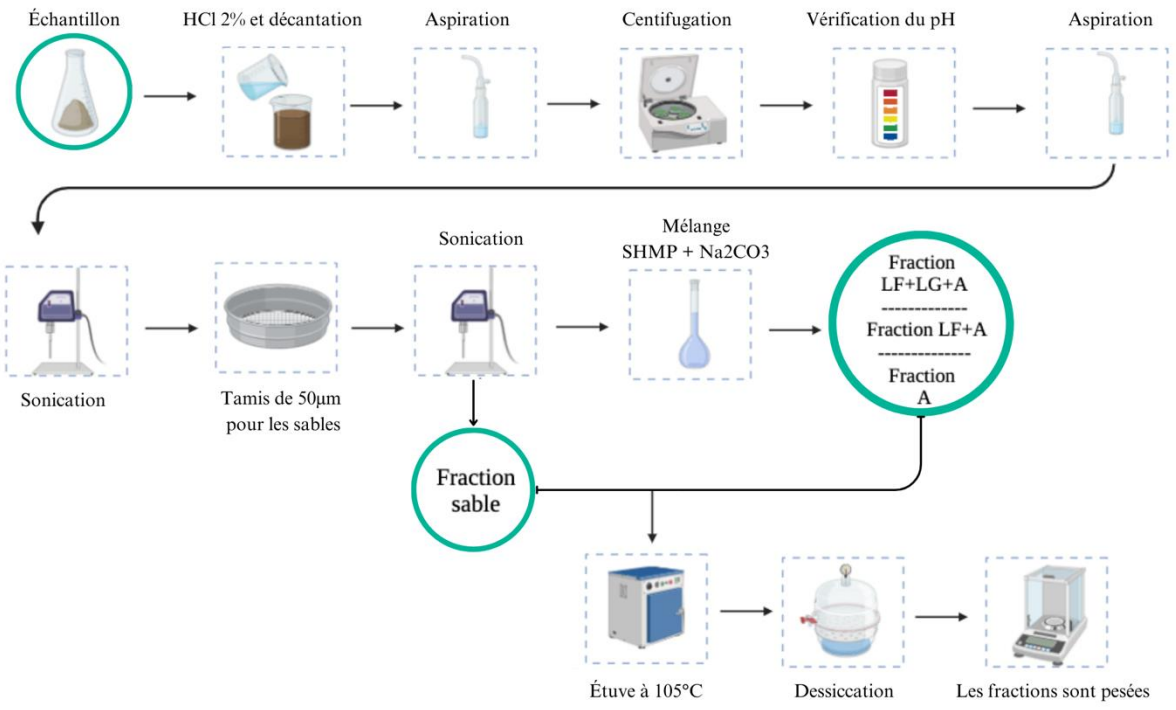


Figure 20 : Schéma récapitulatif des grandes étapes de l'analyse granulométrique par dispersion à l'SHMP.

Une seconde analyse granulométrique par dispersion à l'hexamétaphosphate de sodium (SHMP) est ensuite réalisée, Figure 20. Cette analyse inclut les deux nids contenant la plus grande proportion de matière organique, le nid de boue brune avec la plus faible proportion de matière organique, ainsi qu'un échantillon de boue noire. L'échantillon de boue noire provient de l'Esplanade car cette méthode de granulométrie nécessite un échantillon de 10 g et que l'échantillon Cinéscope ne pèse que 7.83 g. Cette méthode s'inspire de la norme française NF X 31-107 (Association Française de Normalisation, 2003). L'analyse consiste à identifier la composition en argile (0 à 2 µm), limon (20 à 50 µm) et sable (50 à 2000 µm) des échantillons.

Les carbonates sont détruits avec de l'acide chlorhydrique (HCl) jusqu'à cessation de l'effervescence comme suit, Figure 21 :

1. Après l'étape de destruction de la matière organique, ajouter 20 ml d'HCl 2% sur l'échantillon sec, la préparation est faite à partir de 108 ml d'HCl 37% porté à 2 litres d'eau ;

2. Attendre que la mousse retombe, s'il y en a, avant de continuer à ajouter de l'HCl 2% jusqu'à 300 ml ;
3. Laisser décanter 1 nuit ;
4. Eliminer l'excédent d'HCl 2% par aspiration sans trop approcher de la phase de sol pour ne pas entrainer les argiles ;
5. Ajouter 200 ml H_2O déminéralisé, puis laisser décanter avant d'éliminer le surnageant ;
6. Afin d'atteindre un pH neutre, les échantillons sont séparés dans quatre tubes de 50 ml et sont mélangés avec 30 ml d'eau déminéralisée puis centrifugés jusqu'à ce que le surnageant soit dépourvu de particule de l'échantillon. Régler la centrifugeuse à puissance 4 rpm, température 20 °C pendant 20 min. Cette vérification est faite à l'aide d'un bocal en verre de 10 ml, le surnageant est prélevé à la pipette Pasteur afin de vérifier par transparence que tout l'échantillon est bien agrégé dans le culot du tube à essai ;
7. Le pH est ensuite vérifié à l'aide d'un papier pH 1-14
8. Le surnageant est retiré par aspiration de la même façon qu'à l'étape 4 ;
9. Les étapes 6, 7 et 8 sont réalisées jusqu'à ce que le pH atteigne le pH neutre de l'eau déminéralisée.

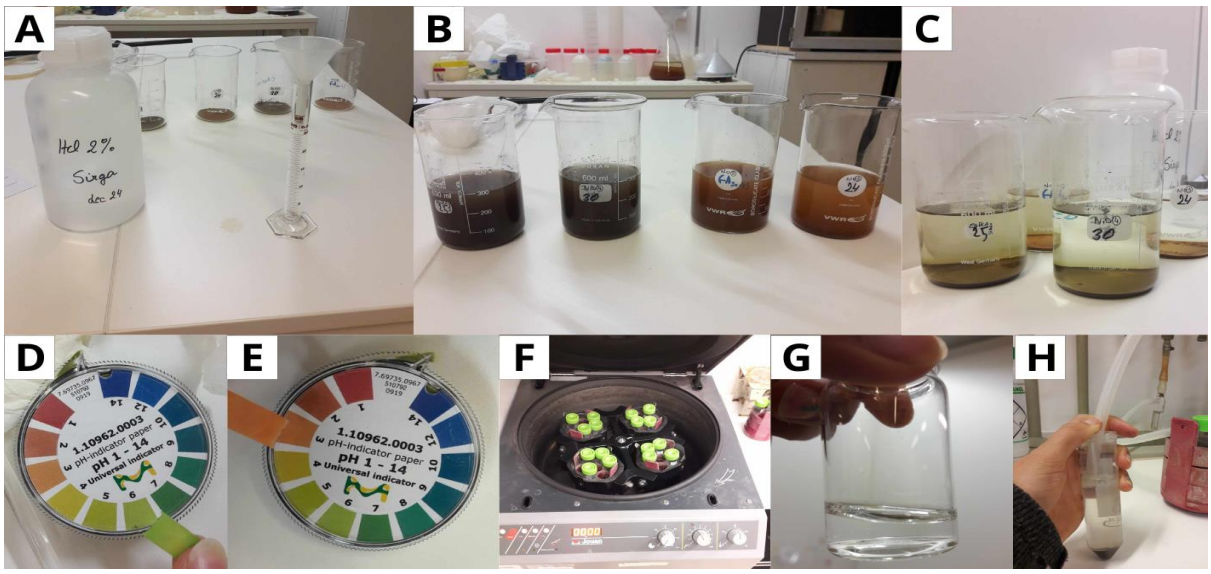


Figure 21 : Photos des étapes de l'élimination des carbonates jusqu'à atteindre un pH neutre – A. Ajout du HCl 2% aux échantillons, étape 1 – B. Ajout du HCl 2% jusqu'à 300 ml, étape 2 – C. Les échantillons ont décanté – D. pH de l'eau à atteindre – E. pH des échantillons après trois passages à la centrifugeuse, étape 6 – F. Échantillons dans la centrifugeuse, étape 6 – Vérification de la transparence des échantillons, étape 6 – H. Système d'aspiration, étapes 4 et 7.

Les particules sont ensuite dispersées à l'aide d'ultrasons comme suit, Figure 22:

1. Ajouter 10 ml d'eau ;
2. Sonicer à l'aide d'une sonde à ultrasons. Régler le sonicateur à la puissance 3, utiliser le mode 50% pendant une minute. Veiller à ce le sonicateur ne dépasse pas 40 en out ;
3. Placer un tamis de 50 µm au-dessus d'un cylindre gradué de 1 litre (maintenir le tamis à l'aide d'un entonnoir) ;
4. Verser la solution de sol ;
5. Récupérer le résidu et recommencer, jusqu'à ce que le filtrat soit clair et limpide après le passage à la sonde de l'étape 2 ;
6. Quand la solution récupérée dans le cylindre dépasse 1 litre, elle est prélevée à l'aide d'une poire et d'un tube de 30 ml afin de retirer l'excédent d'eau par centrifugation comme dans l'étape 6 de l'élimination des carbonates, la matière est ensuite reversée dans le cylindre d'1 litre. Régler de la centrifugeuse à la puissance 4 rpm, une température 20 °C pendant 45 min ;
7. Transvaser le résidu dans un pot en aluminium (préalablement taré) ;
8. Déterminer le pourcentage de sable matière sèche qui du pot en aluminium après passage dans une étuve à 105 °C et que les sables soient de retour à température ambiante en les conservant dans un dessiccateur pour éviter qu'ils ne prennent l'humidité. La fraction sable (FS) est ainsi obtenue.

Pour mesurer les fractions de limon fin (LF), limon grossier (LG) et argile (A), une méthode de dispersion à l'SHMP puis prélèvements à la pipette est réalisée comme suit :

1. Au filtrat récupéré dans le cylindre gradué, 40 ml de solution dispersante sont ajoutés, cette solution est composée de 25.5 g d'SHMP et 1.75 g de Na_2CO_3 dissouts dans 250 ml d'eau déminéralisée chauffée à 95 °C avec un barreau magnétique et mélanger à l'aide d'une tige en verre pendant 15 min ;
2. Compléter avec de l'eau déminéralisée pour obtenir un volume de 1 litre ;
3. Agiter, avant de mettre à décanter :
    - Au temps 0, prélever 20 ml à mi-hauteur du cylindre, correspondant aux fractions LF, LG, A
    - À 4 min 48 sec, prélever 20 ml à 10 cm en partant du haut, correspondant aux fraction LF et A
    - À 24h ; prélever 20 ml à 30cm en partant du haut, correspondant à la fraction A
4. Les fractions sont transvasées dans un pot en aluminium (préalablement taré) ;

5. La teneur en matière sèche des fractions est déterminée après passage dans une étuve à 105 °C et que les échantillons soient de retour à température ambiante en les conservant dans un dessiccateur pour éviter qu'ils ne prennent l'humidité ;

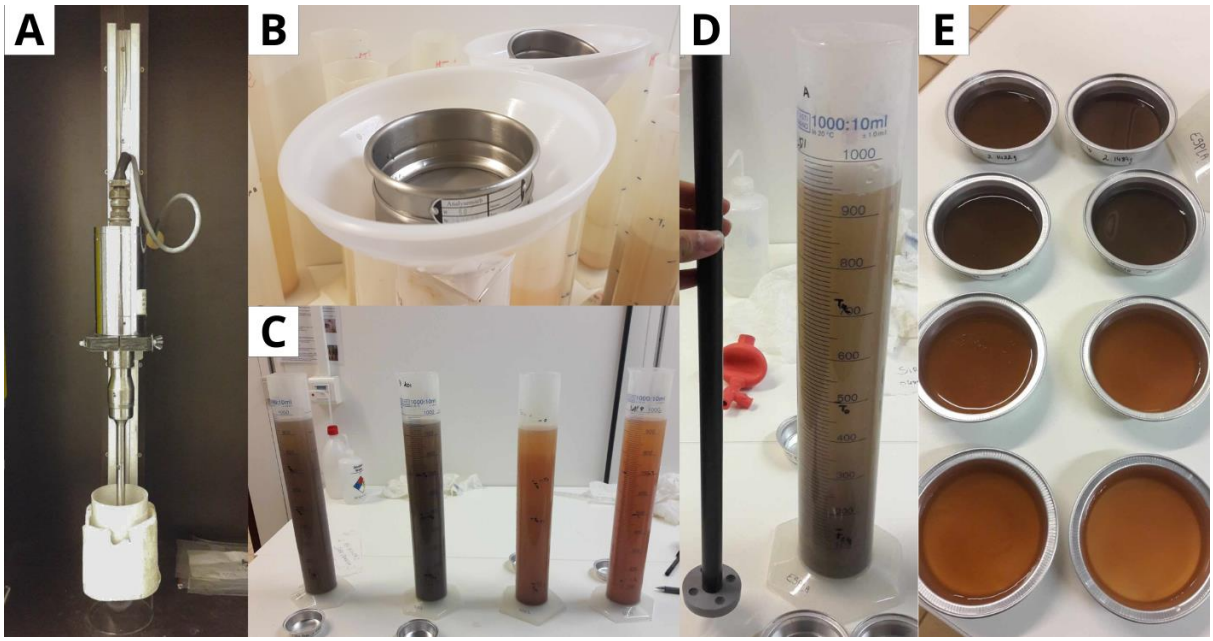


Figure 22 : A. Sonde à ultrason, étape 2 – B. Tamis de 50 µm, étape 3 de la sonde – C. Cylindre de 1 litre avec les échantillons – D. Instrument qui sert à agiter les échantillons, étape 3 de la dispersion – E. Les fractions dans les pots en aluminium avant de passer dans l'étuve, étape 4 de la dispersion.

La quantité totale de sol est recalculée en additionnant la quantité de sable et la fraction (LG + LF + LA) :

- Fraction (LG + LF + A) = [$Masse_{105°C}$ (LG + LF + A) – 0.0888] x 1000/20
- Quantité de sol = FS + Fraction $(LG + LF + A)_{corrigée}$

Pour calculer les fractions limoneuses et argileuses, la quantité de sel apportée par la solution dispersante d'SHMP est retirée (soit 0.0888 g dans 20ml):

- Fraction $(LG + LF + A)_{corrigée}$ = [$Masse_{105°C}$ (LG + LF + A) – 0.0888] x 50
- Fraction $(LF + A)_{corrigée}$ = [$Masse_{105°C}$ (LF + A) – 0.0888] x 49
- Masse des limons grossiers : LG = Fraction $(LG + LF + A)_{corrigée}$ – Fraction $(LF + A)_{corrigée}$
- Masse des argiles : $A_{corrigée}$ = [Masse $(A)_{105°C}$ – 0.0888] x 48
- Masse des limons fins : LF = [Fraction $(LF + A)_{corrigée}$] – $A_{corrigée}$,

Les résultats sont exprimés en % par rapport à la quantité de sol mises dans le cylindre gradué (FS+ Fraction (LG + LF + A)$_{corrigée}$).

2.3.4. Analyse des données

La comparaison entre les échantillons pour la quantité de matière organique est réalisée à l'aide d'un tableau Excel (version 16.66) et représenté en graphique en histogramme empilé 100%.

Comparaison des tailles des grains des échantillons réaliser avec un tableau Excel (version 16.66) et représenté en graphique en barres empilées.

La forme et l'apparence des grains de la fraction sable est analysée qualitativement par comparaison de photos de chaque échantillon de cette fraction à titre exploratoire.

Les résultats de l'analyse granulométrique sont reportés sur un triangle textural afin de déterminer la zone d'appartenance de la terre et boue des échantillons.

2.4. Enquête publique

L'enquête publique sur la conservation des hirondelles de fenêtre en milieu urbain vise à sensibiliser les habitants de Louvain-la-Neuve à l'importance de protéger cette espèce menacée et à évaluer leur perception et implication. Le questionnaire se déroule en deux parties. Le statut de la personne est demandé ainsi que le quartier qu'il fréquente ou habite. La première partie explore la connaissance des participant.es sur les hirondelles, leurs habitudes migratoires et leurs nids. La seconde se focalise sur les bacs à boue. Ce questionnaire a aussi pour mission d'interroger les participant.es sur les observations locales, des idées de sensibilisation, et les obstacles perçus à la cohabitation avec ces oiseaux. En parallèle, il examine leur disposition à participer à des initiatives comme l'installation de bacs à boue ou toutes autres initiatives de conservation. Cette approche souligne l'impact potentiel des citoyens dans la préservation de la biodiversité urbaine. Les questionnaires ont été diffusés sur les écrans de la bibliothèque BPEM de l'UCLouvain, des groupes Facebook et lors d'activités de la Maison du Développement Durable au cours desquels les participants ont pu poser des questions plus larges sur les hirondelles, leurs habitudes à LLN ainsi que les emplacements des nids pour les plus curieux. Les questions ont été collectées du 9 mai au 16 décembre 2024. Le questionnaire est disponible en Annexe D.

3. Résultats

3.1. Utilisation des bacs à boue

3.1.1. Les bacs noirs

Aucune hirondelle n'a utilisé ou ne s'est rendue aux bacs pour la construction de son nid. D'autres espèces ont été observée dans ou à proximité des bacs tel que des Corneilles noires (*Corvus corone*), des pigeons ramiers (*Columba palumbus*), des pies bavardes (*Pica pica*) et un chat, Figure 23. Le bac des Halles a aussi reçu la visite de personnel du bâtiment.

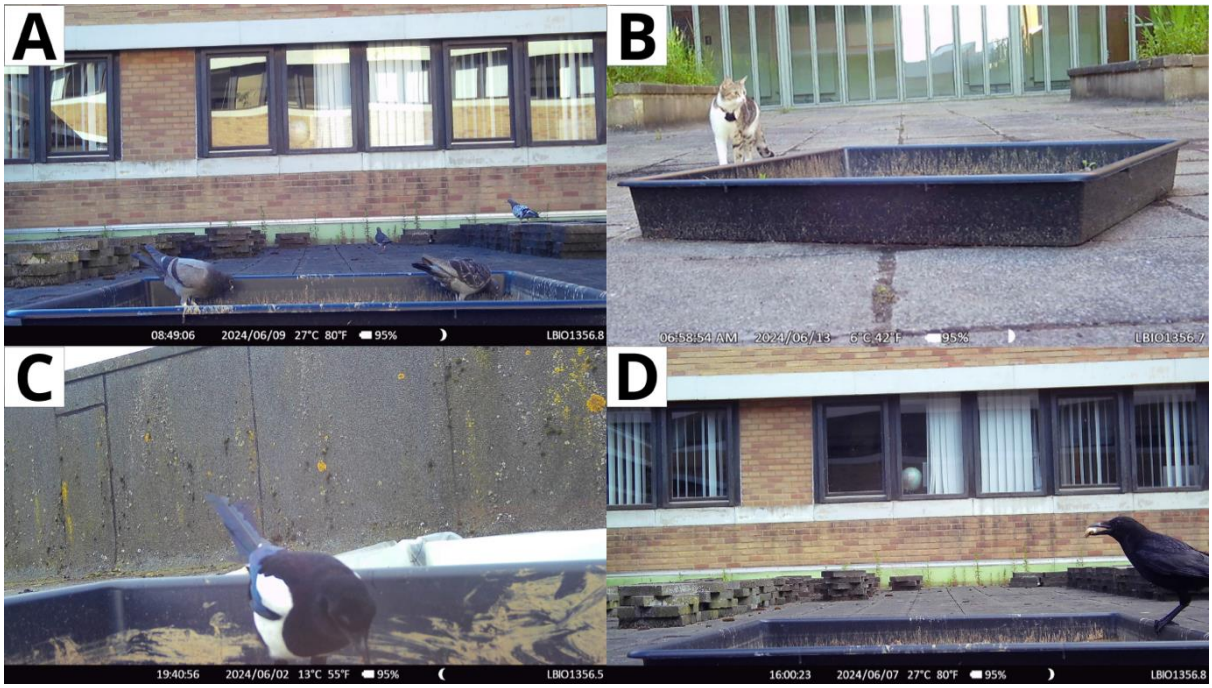


Figure 23 : Espèces ayant visité les bacs noirs – A. Pigeons ramiers, bac Patio Institut de Statistique, 9 juin 8h49 – B. Chat domestique, bac Halles, 13 juin 6h58 – C. Pie bavarde, bac Esplanade, 2 juin 19h40 – D. Corneille noire, bac Patio Institut de Statistique, 7 juin 16h.

3.1.2. Réparation des nids

La première réparation a été observée le 10 mai, soit onze jours après que les premières hirondelles aient été aperçues dans des nids artificiels du secteur Place Cardinal Mercier, le 29 avril, *Tableau 2*. Entre le 10 mai et le 3 juillet, 29 réparations ont été répertoriée, avec un pic de 11 réparations le 28 mai. Ces réparations ont été effectuées dans tous les secteurs, à l'exception du secteur Croix du Sud. Cependant, 13 des 29 réparations n'ont pas abouti à la reconstitution de nids entiers. Le détail et la localisation des nids se trouve en Annexe E.

Résultats

Deux destructions ont été recensées le 20 mai : la première dans le secteur Place Cardinal Mercier au nid 1313, et la seconde au nid 2622 dans le secteur Place Montesquieu, ce dernier ayant fait l'objet d'une réparation le 12 mai. Par ailleurs, le 6 juin, 17 amas de boue noire en forme de pellets de construction ont été observés au sol dans le secteur Place Cardinal Mercier. Malgré cela, seuls deux nids associés à ces amas, les nids 1534 et 1535, sont entiers en fin de saison.

De nouveaux nids ont également été construits durant la saison, avec six constructions observées. Cependant, seul le nid 119d, situé sur la façade de l'Esplanade, a été achevé. Parmi les nids présentant des amas de boue noire au sol lors des observations, les nids 1533, 2215, et 2235 n'ont pas été complétés. Une photo de ces amas se trouve en Annexe F. A.

Le 28 mai, cinq ébauches de nids abandonnées ont été observées, mais celles-ci n'ont pas été considérées comme des traces valides en fin de saison car seuls des pellets de boue noire sont présent sans former de trace circulaire. Une photo d'une ébauche se trouve en Annexe F. B.

Le nid 2214, quant à lui, a fait l'objet de deux réparations, les 4 et 8 juin. Entre ces deux dates, de la boue noire a été observée au sol. Malgré ces efforts, le nid s'est cassé en deux étapes, les 11 et 13 juin. Durant toute la saison seule de la boue noire a été observée et utilisée pour les modifications de structures, Figure 24.

Tableau 2 : Modifications observées dans les nids entre le 10 mai et 3 juillet.

Date	Réparation	Destruction	Boue noire au sol	Cassure	Construction	Abandon
10 Mai	1	0	0	0	0	0
12 Mai	1	0	0	0	0	0
20 Mai	3	2	0	0	0	0
27 Mai	1	0	0	0	0	0
28 Mai	11	0	0	0	4	5
3 Juin	2	0	0	0	0	0
4 Juin	4	0	0	0	0	0
6 Juin	0	0	17	0	0	0
8 Juin	4	0	0	0	0	0
11 Juin	0	0	0	1	0	0
13 Juin	1	0	0	1	1	0
17 Juin	1	0	0	0	0	0
3 Juillet	0	0	0	0	1	0
Total:	29	2	17	2	6	5

Figure 24 : Réparations de nids sous l'Horloge de la Grand Place, en rouge les parties fraîchement réparées avec de la boue noire, dans le nid de gauche une hirondelle ajoute des pellets de boue.

3.1.3. Bac sur les sites de collecte de boue noire

Repérage des zones de collecte

Quatre sites de collecte ont été identifiés et confirmés, Figure 25. Ces sites se situent tous en hauteur, dans des zones accessibles uniquement aux oiseaux ou au personnel des bâtiments concernés.

Trois de ces emplacements se trouvent sur des toits plats recouverts de roofing : les deux ailes situées à l'entrée du centre commercial "L'Esplanade", Figure 26.C et le toit du "Cinéscope", le cinéma de LLN, Figure 26.A et B.

Le quatrième site correspond au toit d'un immeuble de logements universitaires, situé au-dessus du restaurant universitaire "Le Sablon", Figure 26.D. Par ailleurs, bien que les toits des auditoires "Croix du Sud" et du collège "A. Descamps" n'aient pas pu être confirmés visuellement, une activité caractéristique de type aller-retour, similaire à celle observée sur les quatre sites confirmés, a été notée dans ces zones.

Sur l'Esplanade, des activités de type aller-retour ont été observées le 28 mai, la confirmation de ces activités a eu lieu le 30 mai. Les hirondelles impliquées dans ces collectes sont celles nichant sur la façade de l'Esplanade.

Des activités de type aller-retour ont été initialement observées le 28 mai entre le Cinéscope et les Auditoire Montesquieu, le 31 mai le Cinéscope a été confirmé comme étant le lieu de collecte de cette zone. Grâce à l'utilisation d'une caméra trap, des activités de collecte sur le cinéma ont été enregistrées les 6, 7, 9, 13, 14, et 17 juin, entre 8h15 et 20h45.

Enfin, le site situé au-dessus du restaurant universitaire "Le Sablon" a été confirmé comme lieu de collecte le 4 juin mais des observations d'aller-retour avaient été observées le 28 mai.

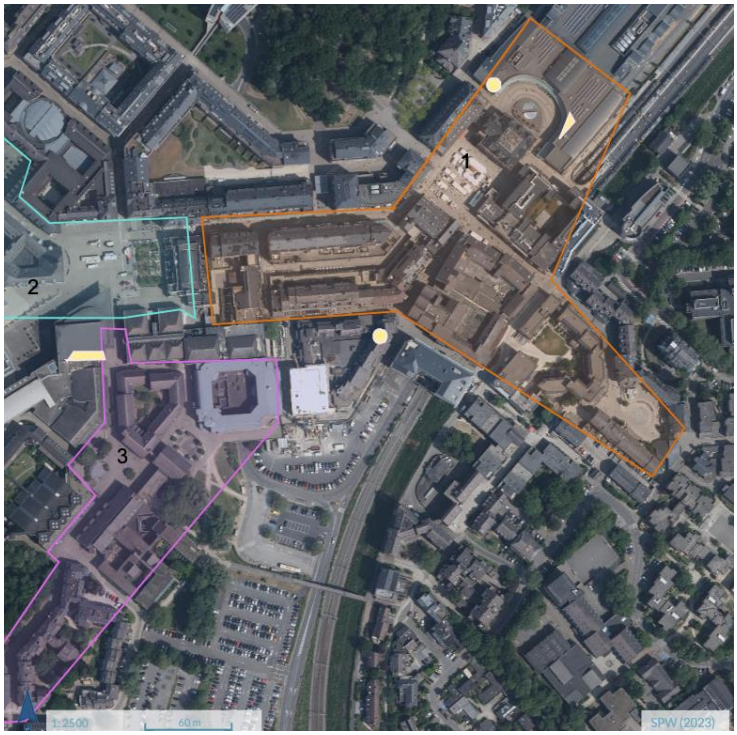


Figure 25 : Les quatre sites de collecte de boue noire en jaune, le rond et le triangle supérieurs sur les ailes gauche et droite de l'Esplanade dans le secteur 1 Centre-ville, le rond au centre sur le toit du Sablon entre le secteur 1 Centre-ville et secteur 3 Place Montesquieu, le trapèze en au milieu à gauche sur le toit du Cinéscope à la frontière du secteur 3 Place Montesquieu.

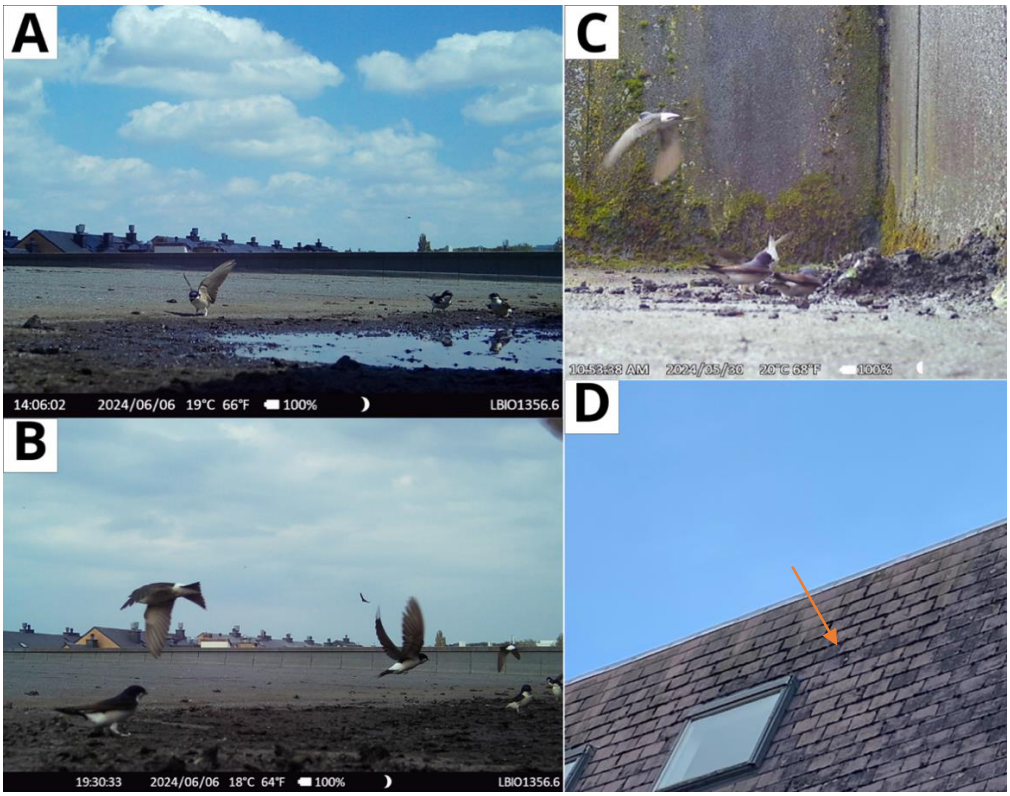


Figure 26 : Hirondelles collectant de la boue noire – A et B. Cinéscope, 6 juin 14h06 et 19h30 - C. Esplanade aile gauche, 30 mai 10h53 – D. Sablon, la flèche orange pointe une hirondelle, 4 juin 12h36.

Les bacs sur l'Esplanade

À la suite des aménagements de la place Blaise Pascal, le bac noir de cet emplacement a été utilisé pour le test sur le site de collecte de l'Esplanade et un bac fait maison a été installé à côté. Aucune hirondelle ne s'est rendue aux bacs.

Après avoir déposé les bacs, toutes les hirondelles se sont dirigées uniquement sur l'aile droite du toit. Des pies bavardes, des pigeons ramiers et une bergeronnette des ruisseaux juvénile (*Motacilla cinerea*) sont les seules espèces observées autour des bacs. Le 10 juin 2024 à 11h34 une équipe de nettoyage du toit de l'esplanade est venue retirer toute la boue noire sur l'aile gauche du toit afin de mettre une couche de peinture blanche, cette opération s'est arrêtée le lendemain 11 juin à 12h20, le bac blanc a été déplacé ce jour-là et le bac noir est resté en place. Plus aucune observation n'a été faite après cet évènement, Figure 27.

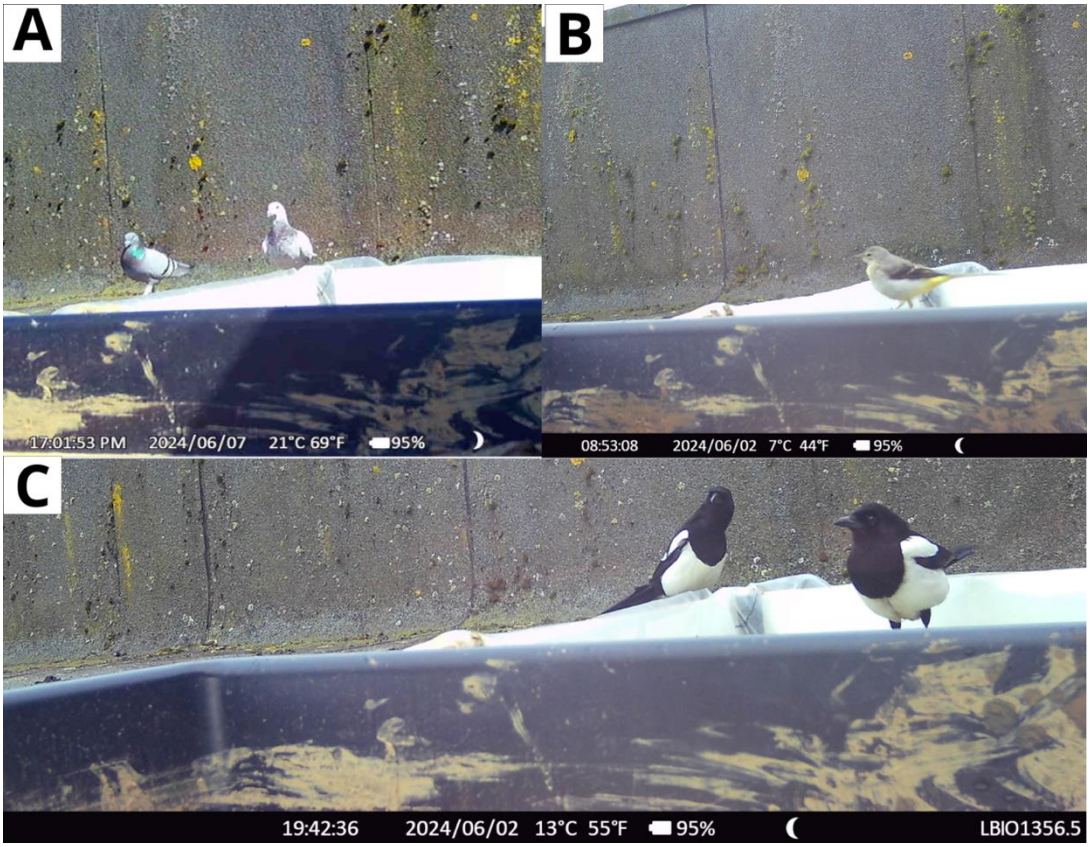


Figure 27 : Espèces observées sur le toit de l'aile gauche de l'Esplanade – A. Pigeons ramiers, 7 juin 17h – B. Bergeronnette des ruisseaux juvénile 2 juin 8h53 – C. Pies bavardes, 2 juin 19h42.

3.1.4. Les tests avec bâche

Les bâches ont été placé le 25 juin sur le toit du Cinéscope et de l'Aula Magna, où des hirondelles ont été aperçues à partir du sol le 8 juin mais dont la collecte de boue fournie par les bâches n'a pu être confirmée. Elles ont été retirées respectivement le 4 et 11 juillet. Seuls des corneilles noires, une pie bavarde juvénile, des bergeronnettes des ruisseaux et un rouge-queue juvénile ont été observés, Figure 28.

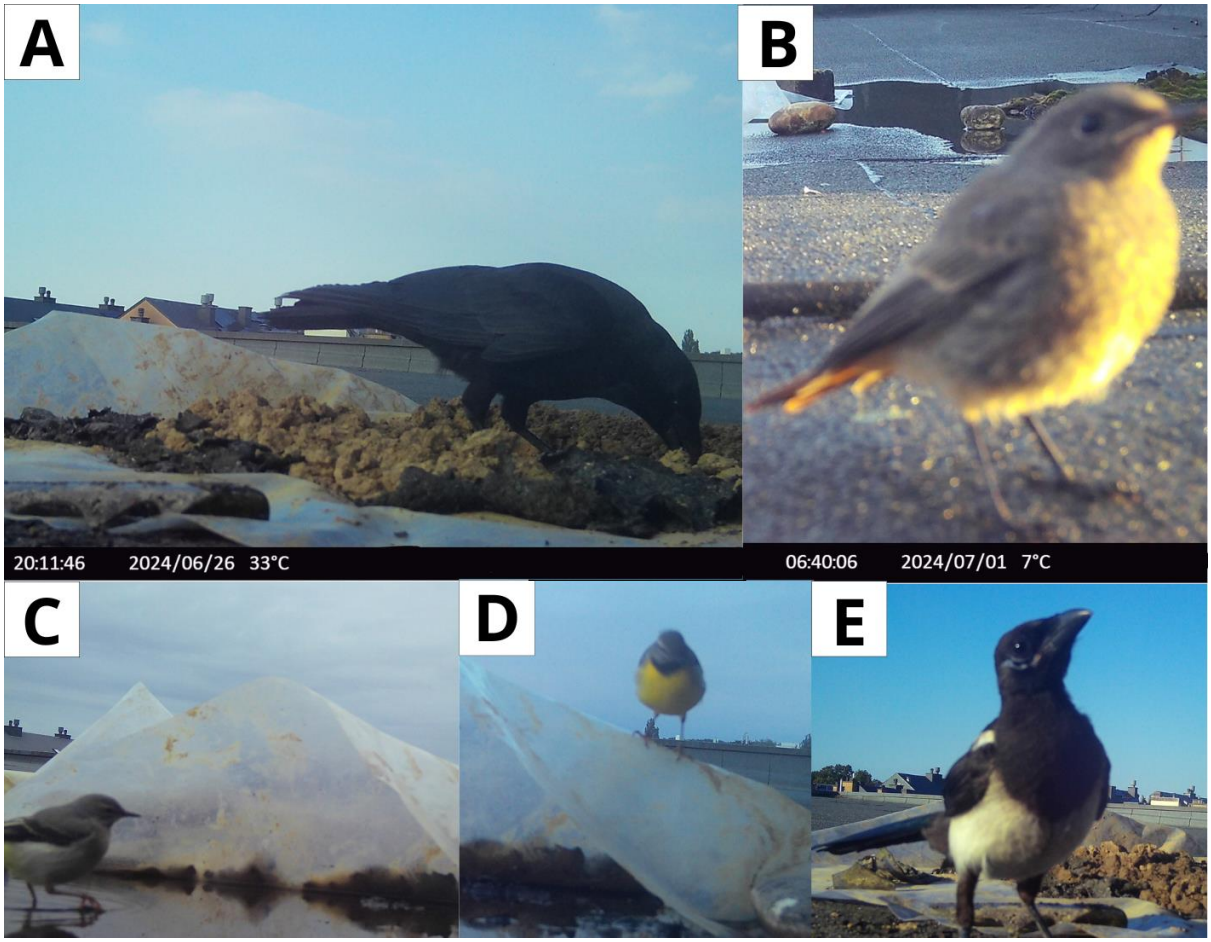


Figure 28 : Espèces observées lors du test de la bâche– A. Corneille noire, 26 juin 20h11 – B. Rouge-queue juvénile, 1er juillet 6h40 – C. Bergeronnette juvénile, 3 juillet 8h37 – D. Bergeronnette adulte, 1er juillet 21h48 – E. Pie bavarde juvénile, 25 juin 20h23.

3.2. Etat des nids naturels

3.2.1. Première catégorisation

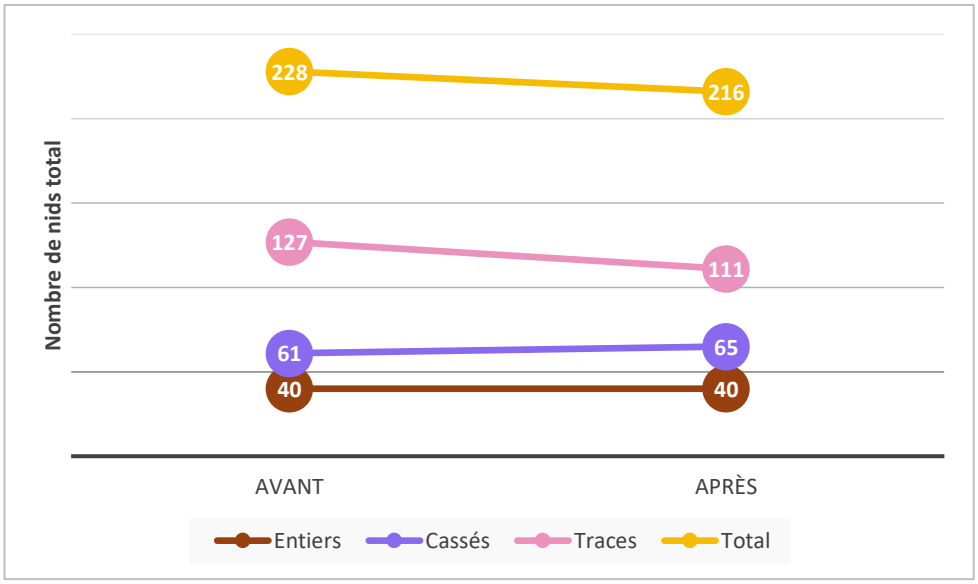


Figure 29 : Évolution du nombre de nids par catégories sur tout le terrain d'étude de LLN avant et après la saison de reproduction.

Les nids entiers en début de saison correspondent en quantité à la plus petite catégorie des nids recensés, 18%. Leur proportion augmente de 1% en fin de saison en raison des nids du Musée L et du bâtiment Kellner, situés dans le secteur Croix du Sud. Ces bâtiments ont fait l'objet de travaux, les traces de ces nids n'ont donc pas été inclus dans l'analyse, car leur inaccessibilité aurait empêché les hirondelles de les utiliser. En fin de saison il y a quatre nids cassé en plus en fin de saison et 16 traces en moins au total, 15 d'entre elles correspondent aux traces retirées du secteur 4 dû aux travaux, Figure 29.

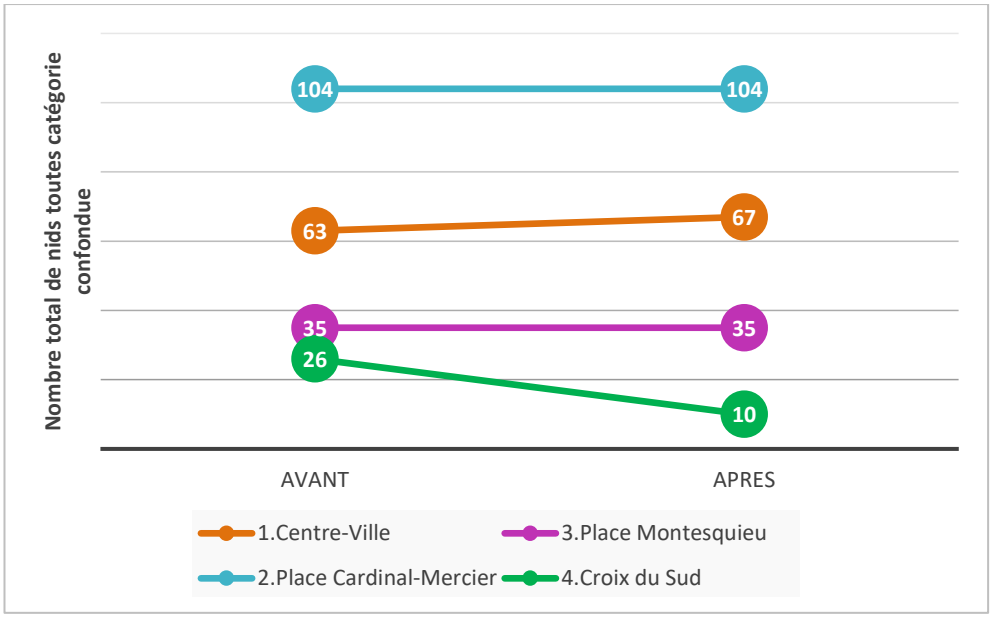


Figure 30 : Évolution toutes catégories confondues des états des nids par secteurs avant et après la saison de reproduction.

Le nombre total de nids des secteurs, 2 et 3 n'a pas changé, la différence réside dans les états des nids, Figure 30. Seul le Centre-ville a un total plus élevé, c'est dans celui-ci que se trouve les quatre nouveaux nids en fin de saison. Un nid entier, un nid cassé et deux traces tous situé dans la zone de l'Esplanade. Le secteur Croix du Sud n'a subi aucunes modifications dans l'état des nids, seuls les nids retirés des bâtiments en travaux sont responsables de la différence. C'est pourquoi en fin de saison le secteur est composé de 10 nids.

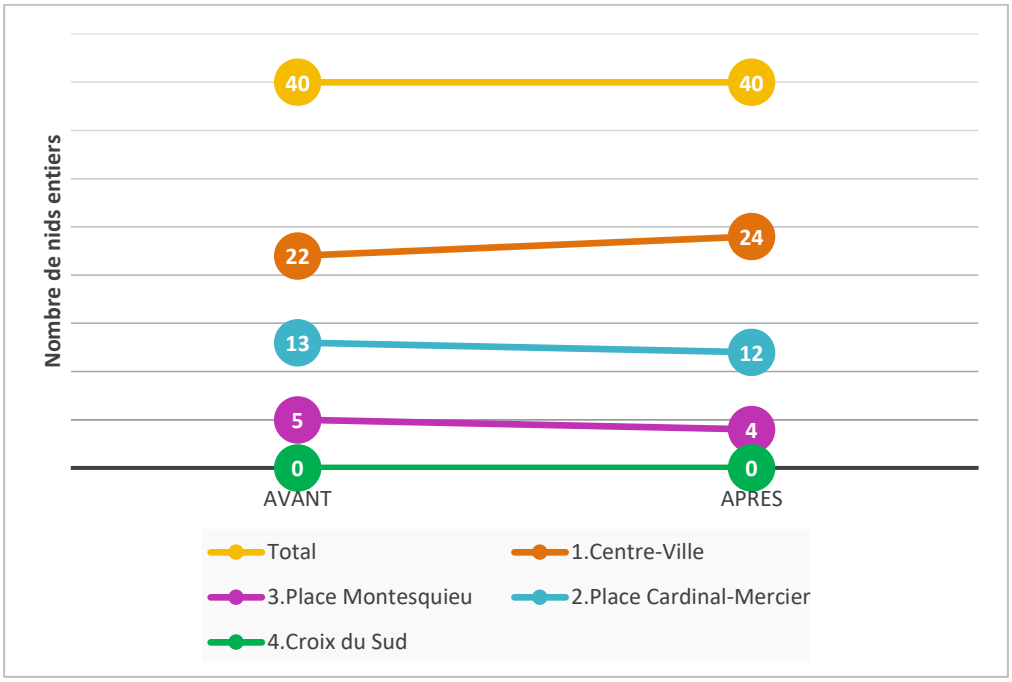


Figure 31 : Évolution des nids naturels entiers par secteur avant et après la saison de reproduction.

Résultats

Le secteur 4 n'a pas de nids entiers à proprement parler qui correspondent aux critères de catégorisation, Figure 31. Cependant sur le bâtiment Carnoy tour B face nord, des hirondelles ont été aperçues sous les rebords du toit mais la configuration du bâtiment n'a pas permis de confirmer si des nids se trouvent sous le toit. Dans les autres secteurs, cette catégorie représente entre 13% et 35% des nids.

Le seul secteur où l'état des nids s'est amélioré est le secteur Centre-ville d'une légère augmentation de deux nids entiers, dans les secteurs 2 et 3 le nombre de nids entiers a légèrement diminué, Figure 31.

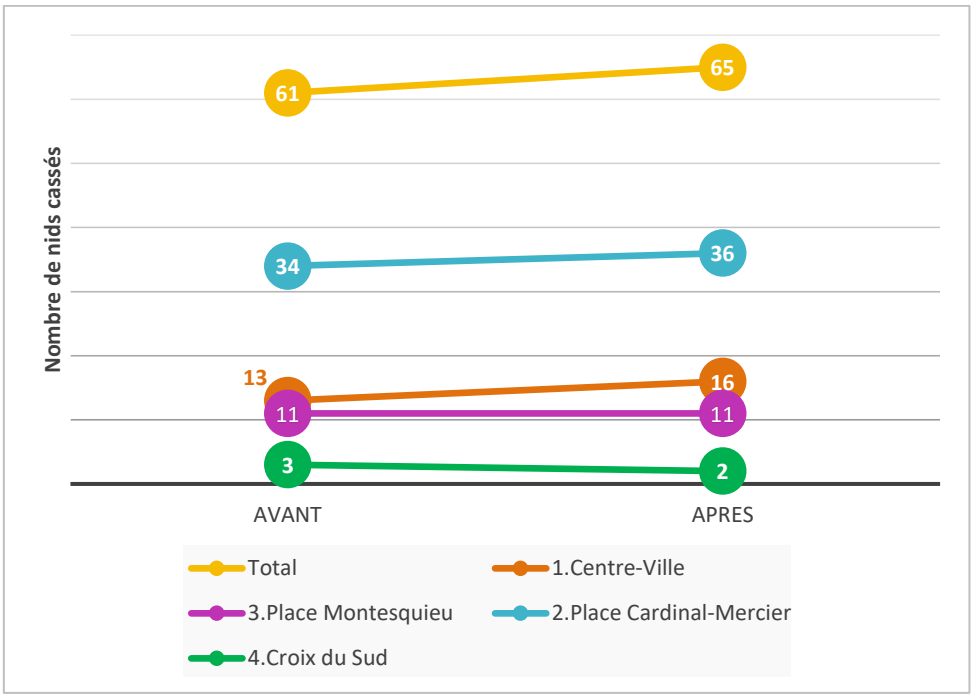


Figure 32 : Évolution des nids naturels cassés par secteur avant et après la saison de reproduction.

Les nids cassés dans les secteurs se suivent par ordre décroissants en commençant pas le secteur 2 suivi du 3 puis du 1 et pour finir le 4 les compositions sont comprises entre 11% et 33%, Figure 32. Leur proportion augmente dans les secteurs 1, 2 et 4 avec respectivement une augmentation de 3%, 2% et 8%. Ce dernier est plus important que les autres en raison du retrait des nids dans les zones de travaux. Il n'y pas de différence pour le secteur Place Montesquieu.

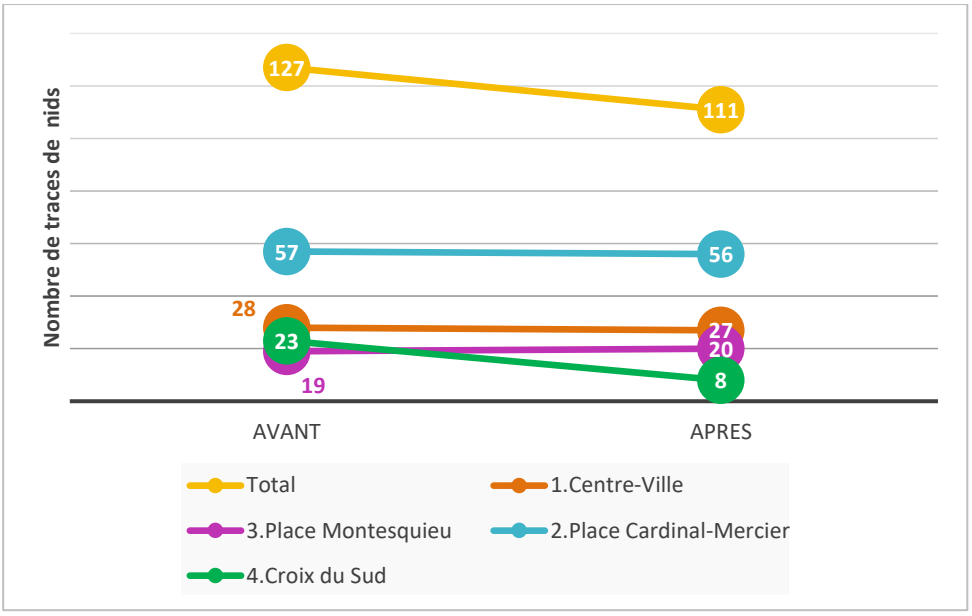


Figure 33 : Évolution des traces de nids naturels par secteur avant et après la saison de reproduction.

Finalement en début de saison la catégorie traces, représentent 88% du secteur 4. Les trois autres secteurs sont constitués d'environ la moitié de traces (44%-55%). Seul le secteur 3 a subi une augmentation de 3% en fin de saison. Les secteurs 1, 2 et 4 ont respectivement diminués de 1% à 8%, Figure 33.

3.2.2. Deuxième catégorisation : reclassification

Tableau 3 : Changement d'état des nids avant et après la saison de reproduction.

Les lignes correspondent à l'état initial des nids. Les colonnes à l'état final. En mauve le nombre de nids qui n'ont pas changé d'état. En jaune le nombre de nids dont l'état initial s'est détérioré en fin de saison. En vert le nombre de nids dont l'état initial s'est amélioré en fin de saison. En rose le nombre de nouveaux nids par catégorie.

Etat initial/ Etat final	Entier	Peu cassé - P	Moyennement cassé - M	Largement cassé - L	Fortement cassé - F	Trace
Entier	28	8	1	0	1	2
Peu cassé - P	4	7	1	0	1	0
Moyennement cassé - M	2	2	8	2	2	0
Largement cassé - L	2	1	1	7	5	0
Fortement cassé - F	0	0	0	0	14	1
Trace	3	1	0	0	2	106
Nouveau	1	1	0	0	0	2
Total fin de saison	**40**	**20**	**11**	**9**	**25**	**111**

Sur les 216 nids naturels en fin de saison, 79% des nids n'ont pas changé d'état, *Tableau 3*. Au sein des nids cassés, la catégorie F regroupe 38% des nids cassés, 31% des nids sont de catégorie P tandis que les catégories M et L représentent une plus petite proportion de 17% et 14%.

Sur les 42 nids transformés, 18 ont bénéficié d'une amélioration de leur état. Plus spécifiquement, 11 sont devenu des nids entiers, quatre nids ont acquis le statut P, un nid L a été réparé en M et deux traces sont devenus des nids F. De ces 18 nids, sept de ces améliorations ont eu lieu à l'Esplanade. Toutes les améliorations de changement d'état de nids ont utilisé de la boue noire.

24 se sont détériorés au cours de la saison, soit 57% des nids qui ont subi une transformation. Neuf se sont transformés en F et huit en peu cassés. Deux nids M se sont dégradés légèrement en nids de catégorie L. Un nid P s'est détérioré en nid M et un nid est passé d'un état entier à un état M. Deux nids entiers et un nid F ont été détruit et se sont transformés en traces.

Le détail des changements d'états de chaque nid se trouve en Annexe G

3.3. Caractérisation de la boue noire

3.3.1. Analyse de la matière organique

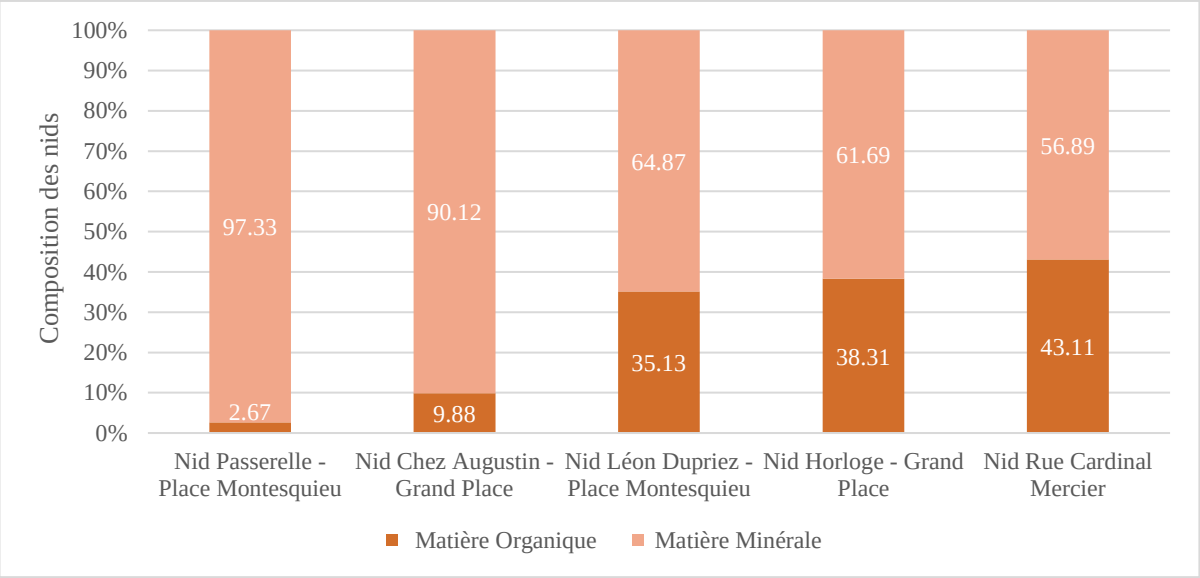


Figure 34 : Composition en matière organique et minérale des cinq échantillons de nids naturels.

On observe que les nids composés de boue noire, les trois nids les plus à droite de la Figure 34 contiennent plus de matière organique que les nids « normaux » avec de la boue brune, les deux premiers nids en partant de la gauche. Les quantités de matière organique sont proches, ne dépassant pas la moitié de la composition avec une moyenne de 38.85% ± 4.02%, alors que les nids aves de la « bonne » boue brune ont une moyenne de 6.27% ± 5.1%.

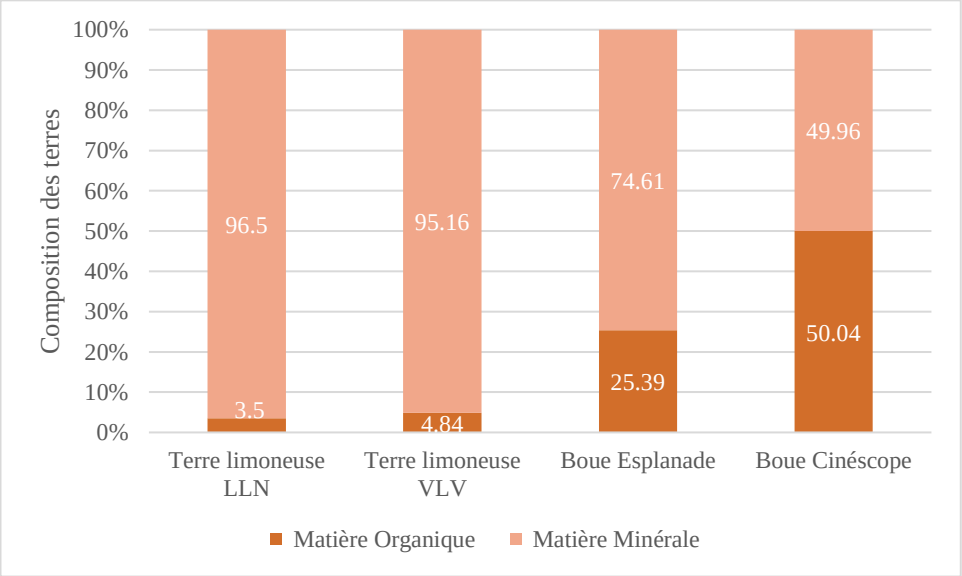


Figure 35 : Composition en matière organique et minérale des quatre échantillons de terre.

Résultats

En ce qui concerne les terres utilisées, pour les bacs et les boues que les hirondelles utilisent pour les nids, une différence en termes de matière organique est notable, Figure 35. En effet, les boues noires de l'Esplanade et du Cinéscope ont une proportion plus importes de matière organique. Les deux terres à texture limoneuse de LLN et VLV ont en moyenne 4.17% ± 0.95% de matière organique. Les échantillons de boue utilisée sur les toits quant à elles ont en moyenne 37.72% ± 17.43% de matière organique.

3.3.2. Analyses granulométriques : Tailles des grains et texture des terres

Taille des grains

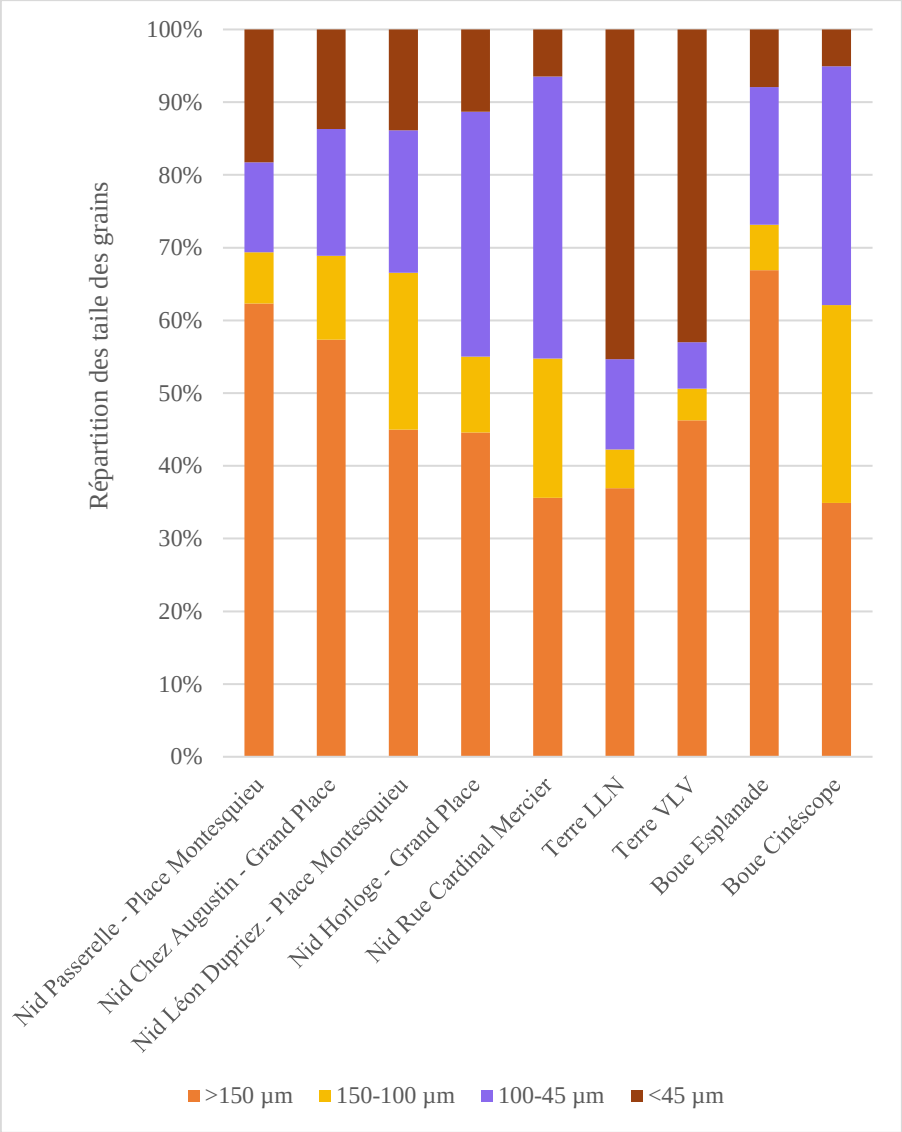


Figure 36 : Composition des échantillons classés selon la taille des grains.

On observe que les deux nids « normaux », Passerelle et Chez Augustin, ont en moyenne plus de grains de taille supérieur à 150 µm (59.84% ± 3.5%) que les trois autres nids avec de la boue noire (41.74% ± 5.31%), Figure 36. Cette taille de grains s'approche de la classification des sables grossiers (200 à 2000 µm) et en partie sables fins (50 à 200 µm).

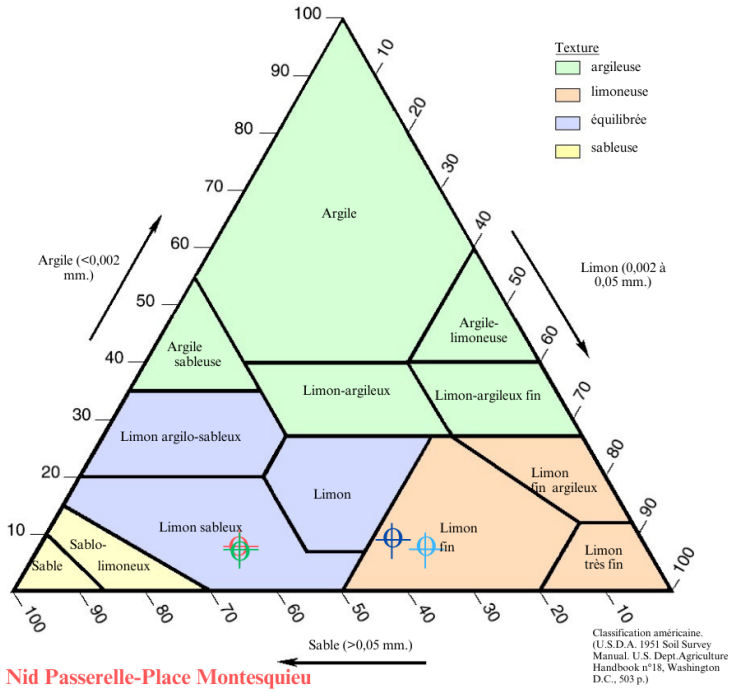
Concernant les terres celle de LLN et VLV ont en moyenne moins de grains de taille supérieurs à 150 µm (41.59% ± 6.58%) que les boues de l'Esplanade et du Cinéscope (50.92% ± 22.63%).

Résultats

Les mêmes tendances s'observent pour les grains de taille inférieure à 45 µm. Cette de grains correspond aux argiles, limons fins (2 à 20 µm) et en partie limons grossiers (20 à 50 µm). Les deux nids « normaux » ont en moyenne plus de grains de taille inférieure à 45 µm (15.98% ± 3.25%) que les trois nids de boue noire (10.56% ± 3.75%).

Pour les terres de LLN et VLV la tendance s'inverse, avec une moyenne de 44.17% ± 1.65% des grains inférieurs à 45 µm contre 4.32% ± 2.02% pour les boues de l'Esplanade et du Cinéscope.

Textures



Nid Passerelle-Place Montesquieu

Argile % < 0,002 mm	Limon fin et grossier % 0,002 - 0,05 mm	Sable fin et grossier % 0,05 - 2 mm
6,67	31,33	62

Esplanade

Argile % < 0,002 mm	Limon fin et grossier % 0,002 - 0,05 mm	Sable fin et grossier % 0,05 - 2 mm
6,76	31,5	62,19

Nid Horloge-Grand Place

Argile % < 0,002 mm	Limon fin et grossier % 0,002 - 0,05 mm	Sable fin et grossier % 0,05 - 2 mm
6,67	59,23	34,09

Nid Rue Cardinal Mercier

Argile % < 0,002 mm	Limon fin et grossier % 0,002 - 0,05 mm	Sable fin et grossier % 0,05 - 2 mm
7,17	54,15	38,68

Figure 37 : Triangle textural des quatre échantillons de l'analyse granulométrique par dispersion au SHMP.

Résultats

Deux textures ont été obtenues grâce à l'analyse des échantillons. Les échantillons de l'Esplanade et le nid Passerelle sont de type limoneux-sableux. Les échantillons des deux nids construit avec de la boue noire, le nid de la rue Cardinal Mercier et le nid sur l'emplacement de l'Horloge Grand Place sont quant à eux de type limon fin, Figure 37.

Fractions sable

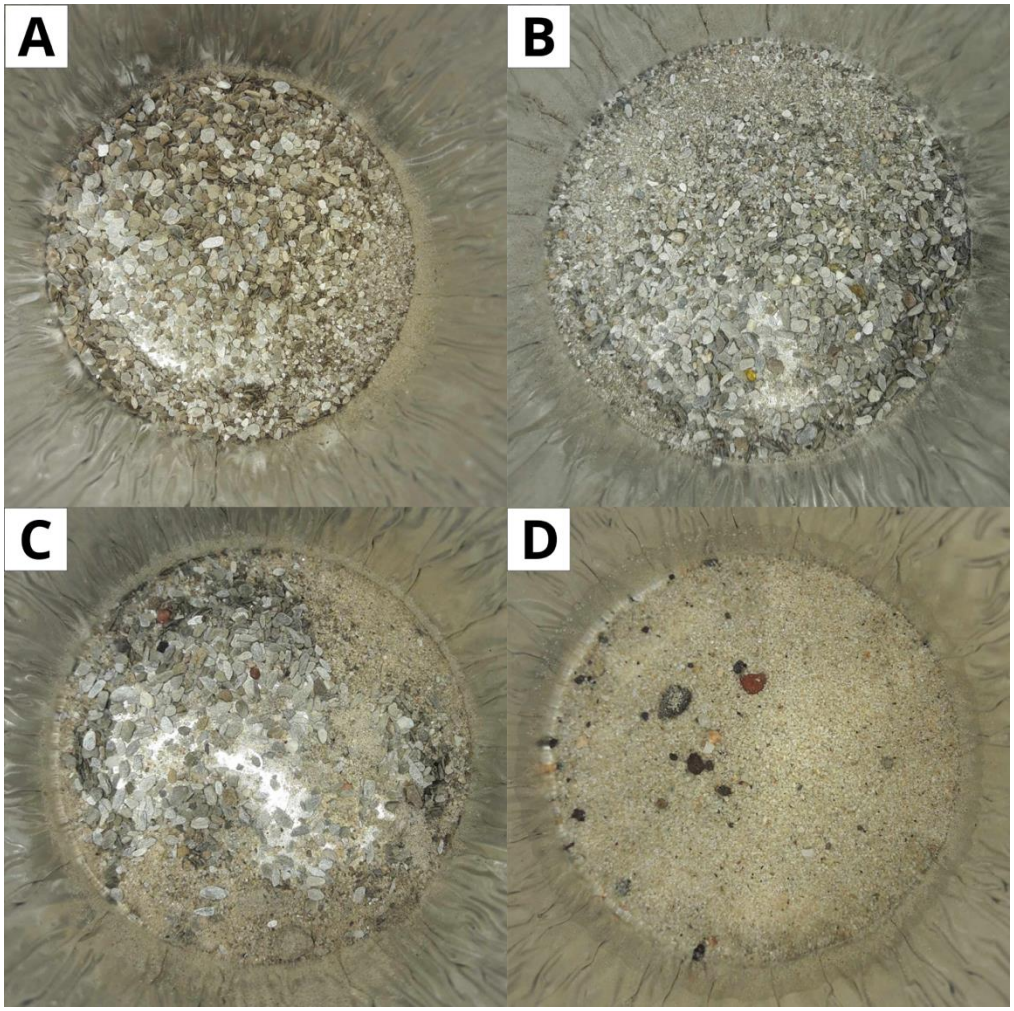


Figure 38 : Fractions sable des échantillons – A. Boue de l'Esplanade – B. Nid Horloge Grand-Place – C. Nid Rue Cardinal Mercier – D. Nid Passerelle Montesquieu.

En ce qui concerne l'observation qualitative des fractions de sable des quatre échantillons, seul l'échantillon du nid Passerelle-Place Montesquieu, Figure 38.D est composé d'un type de grains de sable différent. Les fraction sable de l'Esplanade et le nid Horloge-Grand Place sont composées de paillettes de gravier typique des toits en roofing Figure 38.A et B. Le nid situé Rue Cardinal Mercier est composé de paillettes de gravier de roofing et de sable, Figure 38.D.

3.4. Enquête publique

83 personnes ont participé à l'enquête. Quatre questions portaient sur la connaissance des hirondelles et leur présence à LLN, pour trois d'entre elle la majorité des participant.es ont répondu positivement à la connaissance demandée. Seule la question sur les habitudes migratoire a reçu plus de réponses négatives que positives. En ce qui concerne des idées de sensibilisation, 28 personnes ont partagé leurs idées.

Voici une synthèse des propositions faites par les participant.es :

- **Panneaux explicatifs** : Installer des panneaux didactiques, attractifs et pédagogiques près des sites de nidification pour informer sur l'écologie des hirondelles.
- **Activités de découverte** : Organiser des balades guidées pour les habitants, étudiants, et scolaires, avec la participation de guides ou ornithologues.
- **Outils de communication** : Distribuer brochures, dépliants explicatifs, et articles dans les médias locaux (Association des Habitants (AH) info, réseaux sociaux) pour sensibiliser la communauté.
- **Installations et solutions pratiques** : Ajouter des planchettes sous les nids pour limiter les excréments, augmenter le nombre de nids artificiels, et envisager des caméras pour observer les oiseaux en direct.
- **Événements et animations** : Créer des conférences, des mini-documentaires, ou des dessins pédagogiques au sol pour sensibiliser un large public.
- **Collaborations locales** : Impliquer des associations et kots à projets (Kot Jeunes&Nature, AHLLN.be).
- **Environnement urbain** : Étudier l'impact de l'éclairage public et des ressources alimentaires sur les colonies à LLN, et agir pour les améliorer.
- **Évènements ludiques** : Proposer des parcours ludiques ou éducatifs pour enfants et familles, mettant en valeur la faune locale et les hirondelles.

Seule une personne a rencontré des problèmes liés aux fientes d'hirondelles. Une autre personne a déjà observé des collisions d'individus sur les vitres.

On remarque que le nombre d'observation de nids naturels varie en fonction des quartiers. Ainsi 52% des 83 personnes ayant répondu indiquent avoir vu des nids naturels dans le Centre-ville, 47% à l'Hocaille, 37% au Biéreau, 26% aux Bruyères et 13% à Lauzelle. Les

hirondelles observées dans le quartier de la Baraque/Courbevoie étaient des hirondelles de l'Esplanade.

Les personnes des quartiers ayant observé le plus de collecte de boue sont du Centre (24%), suivi de Lauzelle (13%), des Bruyères (11%) et enfin du Biéreau (5%)

Les résultats graphiques sont exposés en Annexe H

4. Discussion

La discussion s'articule en trois parties. La première traite de l'utilisation des bacs, la seconde de l'état des nids naturels au cours de la saison et la dernière des découvertes faites sur la compréhension de la boue noire.

4.1. Utilisation des bacs à boue lors de la saison 2024 à LLN

Cette étude vise à comprendre les facteurs influençant l'utilisation des bacs à boue par les hirondelles de fenêtres. L'objectif principal était d'améliorer la solidité des nids en fournissant des matériaux de qualité aux colonies. Cependant, diverses difficultés ont été rencontrées au cours de l'étude, dont les principales observations et analyses sont résumées ci-dessous.

4.1.1. Observations générales

Il a été fréquemment observé que, dans différentes colonies en milieu urbain, un manque de boue brune de qualité a conduit certaines hirondelles à utiliser une boue noire, plus friable (Rappe, 1978; Weiserbs et al., 2004; Carels, 2015; Nuyt, 2022). Les bacs à boue étaient censés remédier à ce problème, mais aucun des bacs n'a été utilisé par les hirondelles, comme confirmé par les caméras traps et les observations directes.

En revanche, d'autres espèces d'oiseaux ont utilisé les bacs. Tel que des corneilles noires et des pies bavardes, famille des Corvidae, connue pour leur curiosité et leur intelligence favorisant l'exploration de leur environnement (Causey & Kharitonov, 1990; Emery, 2006; Auersperg, 2015; Ströckens et al., 2022). Les images des caméras trap ont capturé des clichés de ces oiseaux et d'autres espèces récoltant de la boue, s'abreuvant, ou se nourrissant.

En termes météorologique, il est à noter qu'aucune sécheresse significative, c'est-à-dire plus de 15 jours sans aucunes gouttes de pluie n'a été enregistrée durant la période critique de construction des nids, ce qui aurait pu influencer l'utilisation des bacs (Le centre d'information sur l'eau, 2024). Le bilan météo de 2024 se trouve en Annexe I. Cependant, un autre défi résidait dans la gestion des excès d'eau des bacs : les premiers bacs se sont retrouvés inondés, et il a fallu perforer les trous de drainage quelques jours après leur installation pour résoudre ce problème, par la suite les installations des autres bacs ont toutes en amont été perforé comme expliqué dans la section 2.1.2.

Discussion

Le fait que les hirondelles n'aient pas utilisé les bacs peut s'expliquer par manque d'information sur les sites précis de collecte de boue utilisés par les hirondelles à LLN. Cette absence d'informations ne permettait donc pas de mettre des bacs sur des sites de collecte afin de servir de témoins. Cette limitation méthodologique n'a pas permis d'établir un dispositif expérimental rigoureux à cause de la découverte tardive des sites de collecte où les hirondelles s'approvisionnent en boue. Ce n'est que pendant la période de reproduction que le suivi des déplacements des hirondelles dans leurs activités de construction, que les sites de collecte ont été identifiés.

4.1.2. Problèmes liés à des bacs spécifiques

De plus, certains bacs ont rencontré divers obstacles opérationnels et lié à leur voisinage:

- Le bac situé sur la **Place Blaise Pascal** a dû être déplacé en raison de l'installation de mobilier dans le patio ;
- Sur la **Grand-Place**, malgré un panneau indicatif, le bac initial a été volé, et son bac de remplacement a été piétiné, des briques y ayant même été retrouvées pendant l'événement "Louvain-la-Plage" de forte affluence ;
- Les travaux d'aménagement du toit de l'**Esplanade** ont peut-être dérangé les hirondelles sur ce site de collecte, bien que ces travaux aient débuté tardivement, le 11 juin ;
- Les observations sur le toit du **Cinéscope** montrent toutefois que des réparations de nids ont eu lieu jusqu'au 17 juin ;
- Dans le bac du **patio du Doyen**, des mégots de cigarettes ont été retrouvés, ce qui reflète un manque de compréhension vis-à-vis de l'installations des bacs à des fins de conservation.
- Des problèmes liés à la prédation et aux activités humaines ont également été observés. Par exemple, un chat a été vu à plusieurs reprises près du bac des **Halles**, et des membres du personnel de l'UCLouvain sont venu fréquemment visiter le patio afin de planifier de futurs travaux (notamment les 7, 12, 17 et 24 juin).

D'autre part, bien que deux bacs aient été placés sur l'Esplanade à la suite de la découverte de ce lieu de collecte, les hirondelles ont immédiatement préféré l'aile droite pour collecter de la boue noire, peut-être en raison de perturbations ou d'un manque de familiarité avec les nouvelles installations. À la découverte du lieu de collecte sur le toit des logements

au-dessus du Sablon, une tentative sur le local à poubelles s'est révélée tardive dans la saison car il n'a pas été possible d'y installer de bac en raison de contraintes logistiques dû à l'inclinaison du toit.

4.1.3. Alternative des bâches

Les bâches ont été envisagées comme alternative pour pallier les limites des bacs. Cependant, leur usage présente des inconvénients. Lorsqu'il pleut, la boue sur la bâche peut se répandre, tandis qu'en cas de chaleur, l'eau s'évapore plus rapidement, rendant la boue inutilisable. De plus les images des caméras trap ont révélé que les bords des bâches s'étaient envolés avec le vent, compromettant toute tentative de discrétion, Figure 39.

Figure 39 : Test de la bâche sur le Cinéscope, on observe à gauche qu'elle est soulevée par le vent, des bouts de verres trouvés sur le toit ont été ajoutés pout retenir la bâche, sans succès, 26 juin 14h40.

De plus, les bâches nécessitent une gestion attentive des conditions météorologiques et ne peuvent rester en place longtemps. Bien qu'elles aient été installées rapidement, cela s'est encore produit trop tard dans la saison pour être utile aux hirondelles. Un cadre fin aurait pu être ajouté pour améliorer la rétention d'eau sur les bâches, mais le temps entre le repérage des sites et leur mise en place, la crainte de trop perturber les hirondelles et sachant qu'elles ne resteront en places que quelques semaines à mener à ne pas prendre ce choix.

4.1.4. Effet de groupe

Le fait que les emplacements choisis n'aient pas attiré les hirondelles et n'aient pas correspondu pas à leurs habitudes est probablement lié à leur fidélité aux sites de collecte spécifiques. En effet cette fidélité résulte en partie des transferts d'information entre les individus d'une colonie, mécanisme favorisé par leur mode de vie colonial. Cette dynamique repose également sur des facteurs sociaux : la présence et l'activité des congénères offrent des indices sur la qualité des ressources disponibles, contribuant à un effet d'attraction sociale. Dans ce contexte, l'identité culturelle de chaque population d'hirondelles – comprenant leurs habitudes et préférences collectives – peut primer sur la qualité intrinsèque des nouvelles sources de boue. Les hirondelles s'influencent mutuellement pour localiser des ressources essentielles, comme la boue, ce qui complique les tentatives de les faire adopter de nouveaux sites (Rouaiguia, 2015; Favard, 2023).

Le choix des bacs était basé sur des considérations humaines, ce qui ne tient pas toujours compte des comportements opportunistes des hirondelles, qui exploitent des ressources selon leur disponibilité environnementale. Le choix des bacs d'un mètre carré semble donc être inadéquat pour les hirondelles de cette colonie, bien que le modèle soit inspiré d'un modèle ayant eu du succès et conseillé par un l'expert en hirondelles Charles Carels. Les tailles devraient être adaptées en fonction de la surface initiale que prend la « mauvaise » boue.

Tenir compte de l'importance des mécanismes de fidélité et de mimétisme s'avère donc crucial pour influencer efficacement les comportements liés à la collecte de boue. Cette situation met en lumière l'importance de mieux comprendre les habitudes écologiques des hirondelles avant de concevoir une stratégie expérimentale adaptée.

4.2. Évaluation de l'état des nids naturels en fin de saison 2024

L'objectif de cette recherche est d'établir le bilan de l'évolution de l'état des nids lors de la saison de reproduction 2024 sur le site de Louvain-la-Neuve. Cette section de la discussion se concentre dans un premier temps sur la saison 2024 ainsi que sur les hypothèses expliquant les observations, ensuite une comparaison avec des données des années précédentes est réalisée.

4.2.1. Saison 2024

Tout d'abord, l'état des nids s'est davantage détérioré cette année qu'il ne s'est amélioré, ce qui compromet la disponibilité de nids naturels en bon état pour la prochaine saison. En

particulier dans la catégorie de nids cassé, la classe fortement cassés regroupe 25 des 65 nids cassé en 2024, ces nids nécessitent beaucoup d'efforts de réparation et cela pourrait entraîner un retard dans la reproduction ou une réduction de l'utilisation des nids naturels (Nuyt, 2022).

Les nids situés sur l'Esplanade semblent être les mieux préservés, probablement grâce au socle métallique de l'arcade de la façade qui confère une meilleure stabilité et durabilité, Figure 40.B. C'est également dans cette zone que se trouvent les quatre nouveaux nids observés cette année.

Figure 40 : A. Réparations de 2024, partie plus foncée sur la photo, reposant sur une base de "bonne" boue – B. Nids sur la façade de l'Esplanade reposant sur l'arcade métallique du toit (photo Z. Jilali).

Certaines réparations effectuées sur d'autres nids qui utilisent de la boue noire, s'appuient sur un socle préexistant de boue brune de bonne qualité, Figure 40.A. Ils ne s'effondrent pas car la boue brune procure le même effet que la structure métallique de l'Esplanade. En revanche, les cinq échecs de tentative de nouveaux nids observés montrent que des nids entièrement construits à partir de boue noire, sans socle de bonne boue brune, ne sont pas solide plus d'une saison. Il est probable que d'autres échecs non recensés aient également eu lieu.

4.2.2. Comparaison avec les années précédentes à LLN

L'évolution de l'état des nids par rapport aux années précédentes suit la direction de cette année 2024, ils se détériorent, Figure 41.

En 2009, 47% des nids était entier contre 19% en 2024. Entre 2009 et 2022, 108 nids entiers ont disparus et leur nombre ne cesse de diminuer depuis.

Discussion

Les années 2022 et 2023 ne semblent pas avoir considéré toutes les traces, ce qui biaise la comparaison avec celles-ci pour mesurer l'évolution de la proportion des nids entiers au cours du temps. Cependant, il est clair que le nombre de traces à augmenter, en 2009 elles représentaient 43% des nids et aujourd'hui 51%. L'explication réside probablement dans le manque de boue naturellement disponible qui a mené à l'utilisation de la boue noire observée depuis 2015 à Bruxelles et 2021 à LLN. L'utilisation de ce matériau, au lieu de la « bonne » boue brune habituelle, détériore l'état des nids, qui ne s'améliore pas à cause des réparations répétées chaque année. Cela mène inévitablement à une diminution de la qualité des nids sur le site de LLN.

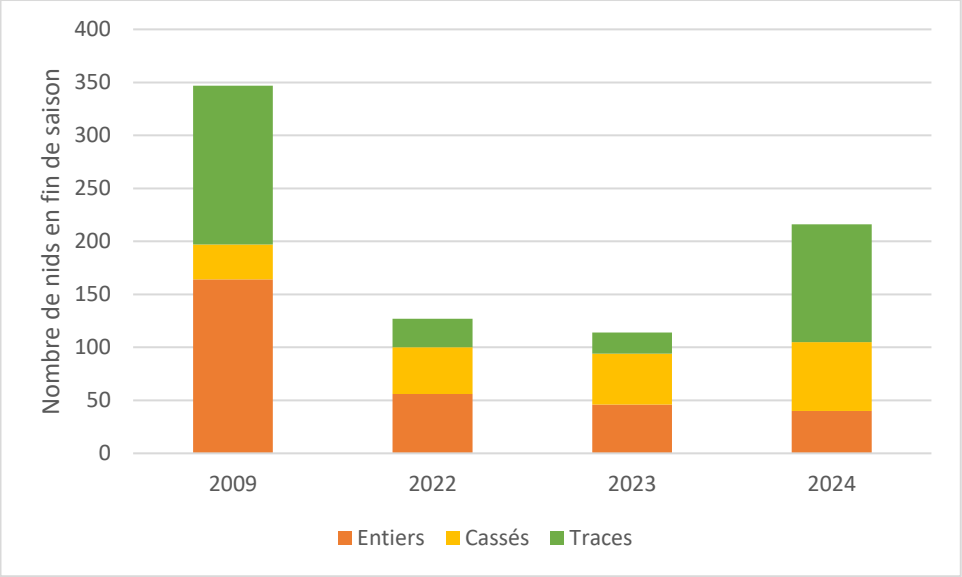


Figure 41 : Évolution du nombre de nids en fonction de l'état pour les années 2009, 2022 et 2023 à partir de S. Blangy, M. Nuyt, R. Lesorbe (Blangy, 2009; Nuyt, 2022; Lesorbe, 2023).

Pourtant, bien que la disponibilité en nids diminue, les hirondelles continue d'utiliser les nids naturels et créent même depuis 2023 de nouvelles sous-colonies, comme c'est le cas pour l'Esplanade (Lesorbe, 2023). Les données de cette année 2024 récoltées par le travail de Zohra indiquent que le nombre de nichées n'a jamais été aussi élevé depuis 2009. On observe aussi une augmentation de l'utilisation des nids artificiels d'une moyenne de 10 nids par an depuis 5 ans.

Cependant, même si l'écart entre l'utilisation des nids artificiels et naturels augmente, les hirondelles n'abandonnent pas pour autant petit à petit l'utilisation des nids naturels. Bien que le recensement de l'année 2023 n'a pas pris en compte les 12 nids de la zone de l'Esplanade, en intégrant ces données, 27 nids naturels auraient été utilisés, contre 42 nids artificiels. Cette

tendance suit la diminution observée depuis 2020 de l'utilisation des nids naturels, mais cette année 40 nids naturels sont utilisés, Figure 42.

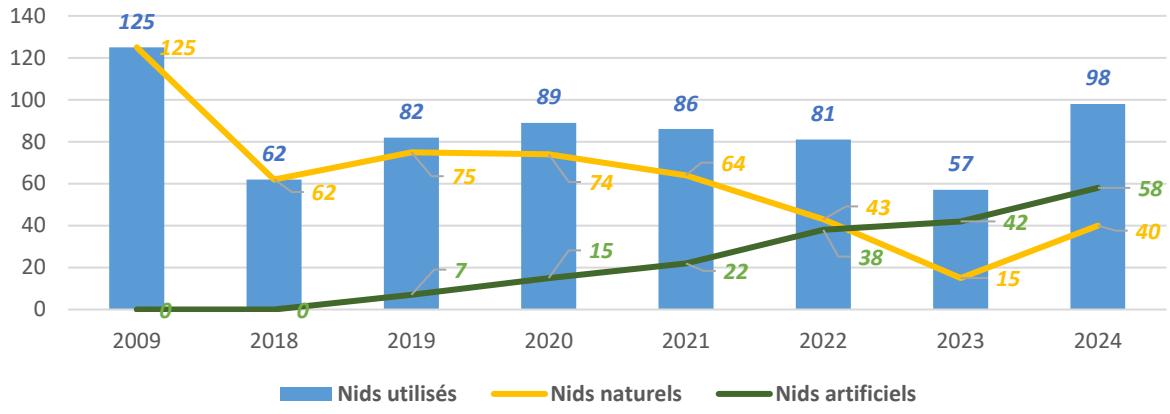


Figure 42 : Évolution l'utilisation des nids naturels et artificiels depuis 2009 puis de 2018 à 2024 (Blangy, 2009; Bylicki, 2021; Nuyt, 2022; Lesorbe, 2023).

Ce comportement d'utilisation des nids naturels semble contre intuitif d'un point de vue humain, au vu du nombre de nids artificiels disponible qui dépassent largement le nombre de nids utilisé sur l'année. L'explication de ce phénomène réside à nouveau dans la fidélité et le mimétisme avec les individus plus âgés de cette espèce (Burger, 1988; Nuyt, 2022; Favard, 2023). Cette fidélité aux nids naturels, même lorsqu'ils nécessitent des réparations avec de la boue noire, s'explique par des mécanismes sociaux et écologiques complexes (Danchin & Wagner, 1997). Les hirondelles tendent à réutiliser les nids ayant connu un succès reproducteur, tandis que la formation de nouvelles sous-colonies démontre une dynamique d'agrégation sociale et reproductive.

Dans le cadre de la théorie de la sélection sexuelle, la recherche de partenaires favorise l'agrégation. Ce phénomène est comparable à celui de la formation des leks. Les femelles cherchent à maximiser leurs opportunités reproductives dans des sites propices, ce qui rapproche les sites de nidification (Danchin & Wagner, 1997; Rouaiguia, 2015).

Par ailleurs, la sélection de l'habitat repose largement sur l'attraction sociale : la présence et le succès reproducteur des congénères influencent fortement les choix de sites, renforçant l'utilisation des nids existants et la création de nouveaux nids naturels. Ce phénomène illustre l'importance des forces d'agrégation liées à la reproduction et à l'habitat dans les comportements coloniaux des hirondelles (Danchin et al., 1998; Rolland et al., 1998).

Ainsi, bien que les nids artificiels soient nombreux, leur adoption nécessite de surmonter cette fidélité et ces interactions sociales, soulignant la nécessité de préserver l'intégrité des nids naturels pour maintenir les dynamiques de la colonie.

4.3. Caractérisation de la boue noire

L'objectif de cette expérience a été d'améliorer notre connaissance sur la boue noire observée en milieu urbain dans les nids naturels et de trouver leur source. Ce travail a été scindé en deux analyses qui sont développées ci-dessous.

4.3.1. Composition en matière organique et sites de collecte de la boue noire

L'analyse de la matière organique des cinq échantillons des nids a permis de confirmer que les nids avec de la boue noire contiennent plus de matière organique que les nids avec de la boue brune typique des nids naturels, considéré comme nids de « bonne qualité ». C'est le même constat pour les terres de VLV et LLN par rapport aux boues du Cinéscope et de l'Esplanade. La plus forte proportion de matière organique du Cinéscope peut expliquer pourquoi les nids proches de celui-ci se détériorent davantage et subissent plus d'échecs comparés à ceux de l'Esplanade, où aucune perte n'a été enregistrée.

L'urbanisation de la ville, où les sources de boue qui naguère se trouvaient encore dans un rayon proche se raréfient, Figure 43. Cela contraint les hirondelles à parcourir de plus longues distances ou à se rabattre sur des ressources de qualité inférieure mais accessibles. C'est probablement pour cette raison que les hirondelles ont commencé à exploiter des ressources telles que le boue noire, comme ça été le cas dans différentes grandes villes (Rappe, 1978; Weiserbs et al., 2004; Carels, 2015).

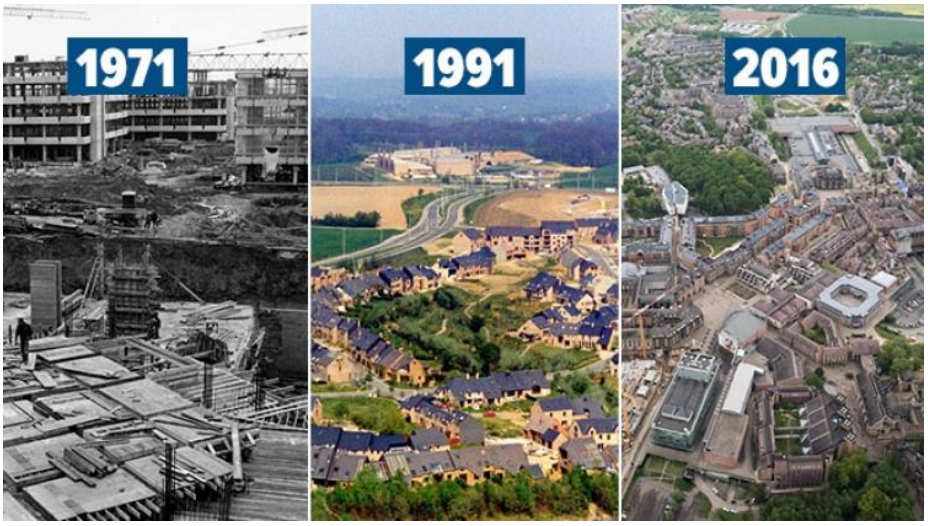


Figure 43 : Vues aériennes de l'urbanisation de LLN en 1971, 1991 et 2016 (RTL INFO, 2021).

Discussion

Cette « mauvaise » boue utilisée par les hirondelles provient de résidus de roofing dégradé retrouvé dans les échantillons de l'Esplanade et du Cinéscope. Les hirondelles ont peut-être été initialement attirées par les toits en roofing, dont la brillance due à la présence de quartz dans la première couche pourrait jouer un rôle. En effet, le roofing est recouvert d'une couche dite d'étanchéité comprenant des paillettes d'ardoise, composée de quartz, minéral qui attire les hirondelles, une qualité qu'elles sont capables de repérer comme démontré en 2018 dans l'étude de Papoulis *et al*. (Papoulis et al., 2018; IKO Commercial, 2024).

De plus, les toits en roofing sont très légèrement inclinés et la couche d'étanchéité n'est pas figée dans la couche de bitume. D'une part, cette configuration retient et favorise en partie les accumulations de poussières sur les toits. L'accumulation s'explique d'autre part par l'absence de nettoyage régulier et le faible passage humain. De plus, l'eau des flaques d'eau est retenue dans la matière organique sur les bords des toits et fournit l'humidité nécessaire pour transformer les substrats accumulés en une ressource exploitable. Ces conditions rendent accessible cette ressource, malgré sa qualité inadéquate pour la construction des nids. Par ailleurs, ces zones difficilement accessibles pour l'homme le sont aussi pour les prédateurs tels que les chats et offrent donc un accès tranquille et sécurisé.

Plus précisément concernant les sites de collecte, il n'y a eu aucun passage sur le toit du Cinéscope mis à part le passage pour cette étude. Sur ce même toit de l'herbe a poussé sur la boue noire que les hirondelles ont utilisée, ce qui confirme bien que des éléments transportés par le vent ou les oiseaux atterrissent en suffisance et ont le temps de s'accumuler, Figure 44.

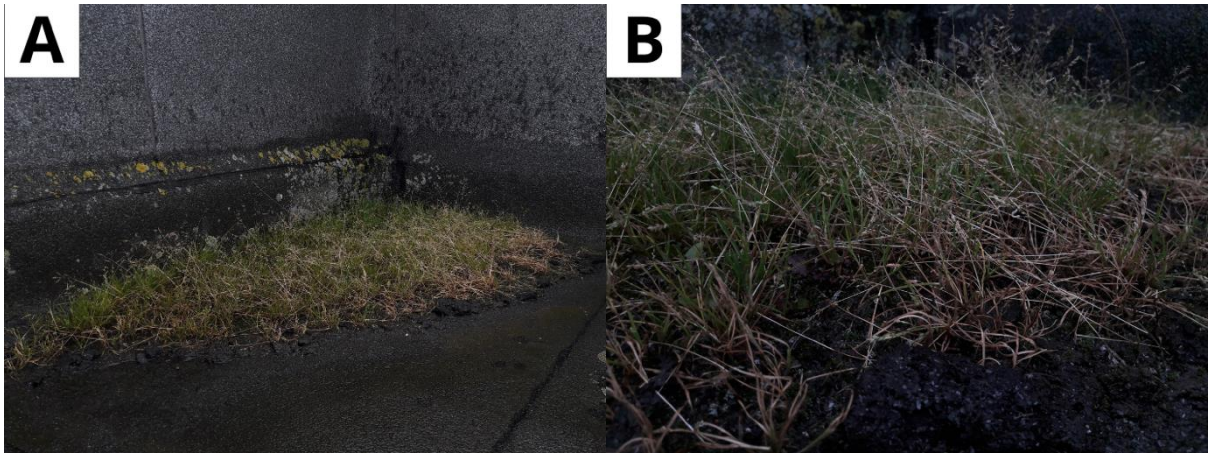


Figure 44 : A. Herbes ayant poussé sur le toit du Cinéscope – B. Zoom sur l'herbe, juste en-dessous on observe la « mauvaise » boue et les paillettes d'ardoise.

Discussion

Le toit de l'Esplanade n'a pas été visité depuis plusieurs années jusqu'aux travaux d'isolation sur le toit qui ont débuté le 10 juin, ce qui a permis à la sous-colonie installée sur la façade d'avoir des matériaux en suffisance pour la construction des nids dans leur installation récente sur la façade.

En ce qui concerne les toits inclinés au-dessus du Sablon, leurs tuiles sont en ardoise. L'explication de leur utilisation ne réside pas cette fois-ci dans l'ardoise qui compose le toit mais dans les mousses qui poussent aux interstices entre les tuiles d'ardoise. Ces mousses créent de minuscules zones où les poussières transportées par le vent peuvent se loger. Les mousses ont aussi la capacité de retenir l'humidité et procurent donc, en plus de l'accumulation de poussière, un substrat ayant une texture similaire à la boue.

En 2020, des hirondelles ont été aperçues en train de récolter de la boue noire au sol en plein Centre-ville place Raymond Lemaire, Figure 45. Cette zone cette année était encore composée de boue noire. Cependant en 2020 quand les hirondelles étaient présentes, le site de LLN était plongé en pleine période de confinement due au COVID-19. Les hirondelles dans un contexte urbain avec peu de passage ne sélectionnent donc pas seulement les toits plats mais aussi les surfaces au sol comme elles le font habituellement pour trouver de la boue (Bylicki, 2021).

Figure 45 : Hirondelles récupérant les matériaux de construction Place Raymond Lemaire (Bylicki, 2021).

Parmi les articles qui traitent de la composition minérale et structurelle des nids aucun ne parle de matière organique. Afin d'approfondir nos connaissances et de pouvoir les comparer les résultats avec la littérature scientifique, le choix de faire des analyses granulométriques a été fait.

4.3.2. Analyses granulométriques : textures et taille des grains

Ces analyses ont permis de distinguer une différence entre les nids construits à partir de « mauvaise » boue noire et de « bonne » boue brune.

On observe que plus un nid est composé de matière organique, plus les grains qui le composent sont de taille intermédiaire entre 150 et plus petit que 45µm. Si on se réfère au nid de la Passerelle dans le secteur Montesquieu qui est celui avec la plus grande proportion de matière minérale, on constate qu'avoir beaucoup de grains de taille supérieure à 150 µm semble être la clé d'un nid avec une structure solide. Le même constat peut être fait concernant les grains de taille inférieure à 45 µm : plus il y en a, plus solide sera la structure du nid.

Quand on se penche sur les terres de VLV, de LLN, de l'Esplanade et du Cinéscope la distinction entre les deux groupes est notable. En effet les terres de VLV et LLN sont équilibrés en moyenne à 5.8% près entre la quantité de grains de plus de 150 µm et ceux de 45 µm. Les deux autres échantillons sont très pauvres en grains de moins de 45 µm ce qui signifie que peu de limon et d'argile arrivent à s'accumuler dans ces « boue » qui ne sont donc pas de bonnes sources de matériaux de construction pour les hirondelles.

Cependant, l'Esplanade se démarque des trois autres échantillons de terre avec une forte proportion de grains supérieur à 150 µm qui se rapproche de la proportion retrouvée dans le nid de la Passerelle. La seule différence avec le nid de la Passerelle réside dans la quantité de matière organique, l'Esplanade contient 9.5 fois plus de matière organique. Comme l'explique l'étude de Papoulis *et al,* la solidité et rigidité des nids provient de l'indice de plasticité élevé des argiles qui servent de « ciment » aux nids (Papoulis et al., 2018).

Pourtant visuellement, la boue de l'Esplanade n'a pas du tout la même apparence que celle du nid de la Passerelle, Figure 46.3 et 6. Ce nid à la Passerelle se démarque bien des autres par son apparence fort similaire aux terres de VLV et LLN, ce qui renforce la distinction entre « bonnes » et « mauvaises » boues. Par ailleurs, le nid Chez Augustin a une proportion de matière organique proche de celle du nid de la Passerelle. L'observation visuelle constitue un bon indicateur de la qualité du nid, mais des analyses approfondies de la composition des échantillons sont donc indispensables pour une évaluation précise.

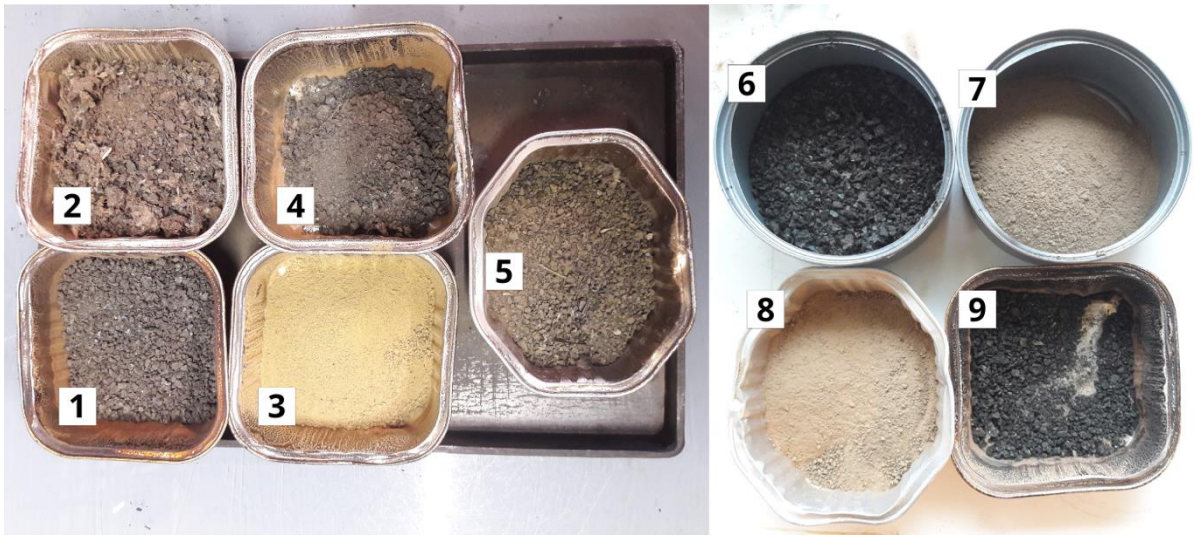


Figure 46 : Échantillons avant le passage au four 1. Nid Léon Dupriez - Place Montesquieu 2. Nid Rue Cardinal Mercier 3. Nid Passerelle - Place Montesquieu 4. Nid Horloge - Grand Place 5. Nid Chez Augustin - Grand Place 6. Boue Esplanade 7. Terre limoneuse LLN 8. Terre limoneuse VLV 9. Boue Cinéscope.

Les boues riches en matière organique présentent l'inconvénient qu'au sein de leur matrice, les composants minéraux adéquats à la structure des nids sont dispersés parmi des éléments organiques. En raison de ce mélange à de la matière organique, ces « mauvaises » boues ne permettent pas de maintenir les caractéristiques structurelles des nids sur le long terme ni d'assurer une résistance suffisante pour les individus qui les occupent (Jung et al., 2021). Les boues de bonne qualité, en revanche, fournissent directement les matériaux indispensables à une construction réussie. Cette observation démontre que le choix des hirondelles en faveur de ces matériaux n'est pas aléatoire, même en l'absence de « bonne » boue, elles détectent les minéraux adéquats.

4.3.3. Analyse des textures par dispersion à l'SHMP

L'analyse de la taille des grains ne permet pas de distinguer les limons des argiles. L'article de Papoulis *et al,* explique que le type de boue principalement retrouvé dans les nids d'hirondelles de fenêtres sont de texture limoneuse-sableuse (Papoulis et al., 2018). Cette raison explique la pertinence de l'étude qui a été conduite dans la seconde analyse par dispersion à l'SHMP.

L'analyse de la texture des nids a été réalisée en se basant sur les deux échantillons extrêmes en termes de matière organique, considérée comme un indicateur clé pour qualifier un nid de « mauvaise » qualité. Le « bon » nid de la Passerelle a servi de témoin, l'objectif étant de comprendre la composition des nids construits avec de la « mauvaise » boue. Le lien

a ensuite été fait avec les sites de collecte : l'Esplanade a été choisi en raison d'un échantillon suffisamment volumineux pour l'analyse bien que le Cinéscope présentait une teneur en matière organique plus élevée.

Malgré le fait que l'échantillon de l'Esplanade ait une forte teneur en matière organique, sa granulométrie de texture de limoneuse sableuse est plus proche de celle du nid de bonne qualité de la Passerelle. En revanche, le nid Rue Cardinal Mercier montre une forte similitude avec la composition du nid Horloge, tous deux de texture de limon fin.

Visuellement, des grains typiques des toits en roofing, présents uniquement dans l'échantillon de l'Esplanade et du nid de l'Horloge, confirment cette association. Tester davantage d'échantillons aurait permis d'approfondir l'analyse et d'obtenir plus de réplicats, mais les contraintes de temps et de matériel (disponibilité tardive du matériel de granulométrie et les manipulations chronophages) ont limité les possibilités.

L'analyse des textures a révélé plusieurs informations : les grains des nids construits avec de la mauvaise boue sont majoritairement composés de particules de roofing. En ce qui concerne la fraction sable, des différences qualitatives ont été notées : le nid Rue Cardinal Mercier présente un sable similaire au nid de la Passerelle, tandis que le nid de l'Horloge partage des caractéristiques avec la fraction sable de l'Esplanade. Cela indique que les deux premiers nids de mauvaise qualité ont une origine commune (un toit en roofing), avec des variations dans le nid Rue Cardinal Mercier dues probablement à des pellets de boue de « bonne » qualité. En revanche, le nid de la Passerelle semble provenir d'une source distincte, proche des terres locales. Cependant, bien qu'une distinction entre les nids de « mauvaise » et « bonne » qualité soit établie, ces derniers présentent une texture limon-fin, relativement proche de la texture limoneuse-sableuse.

En termes de proportions idéales, le nid de la Passerelle suggère une répartition optimale avec environ deux fois plus de sable que de limon et un faible pourcentage d'argile (environ 7%). Les mauvais nids, en revanche, contiennent une proportion excessive de limons, ce qui compromet leur qualité.

La boue de l''Esplanade, bien qu'elle ait une texture et une taille de grains similaires à celles du nid de la Passerelle, ne constitue pas un bon matériau pour la construction. La principale raison est sa teneur élevée en matière organique, comme mentionné précédemment dans l'analyse des grains. Cette forte proportion de matière organique empêche la boue de

devenir cohésive en séchant, car elle n'offre pas les mêmes propriétés de solidité que les minéraux. En conséquence, les structures construites avec cette boue ont tendance à s'effondrer.

Cela souligne l'importance de fournir une boue de bonne qualité pour garantir la durabilité des nids.

4.4. Pistes d'améliorations et perspectives

4.4.1. Les bacs à boue et états des nids

Les suggestions suivantes visent à améliorer la qualité structurelle des nids des hirondelles à LLN et à développer une méthodologie transférable à d'autres villes confrontées à des défis similaires.

Spécifiquement à LLN en 2019, la vidange du lac a offert une grande quantité de boue utile aux hirondelles pour leurs nids. Aménager une petite plage permanente dans le lac pourrait fournir cette ressource en continu, tout en limitant la végétation et la contamination par les animaux. Cette idée, proposée par Mathilde Bylicki en 2021, Jean-Paul Ledant et Roger Bacq en 2024, pourrait être une solution simple et efficace étant donné que le lac est un lieu important de chasse et visité quotidiennement par la colonie de cette ville (Bylicki, 2021; Vaneyck, 2021; Ledant et Bacq communications personnelles 2024).

Dans une perspective plus globale pour garantir un approvisionnement optimal en boue de qualité aux colonies d'hirondelles et maximiser les chances de succès d'utilisation des bacs, il est préférable d'adopter une approche systématique en suivant les étapes suivantes :

1. Localiser les sites de collecte de boue de « mauvaise » qualité utilisés par les hirondelles ;
2. Installer une large bâche recouverte partiellement de boue, avec un rebord lesté pour éviter qu'elle ne s'envole. Quelques kilos de boue suffisent ;
3. Rediffuser des chants pour attirer les premières hirondelles ; cette idée avait déjà été émise mais aux vues du nombre de bacs et de leur emplacement cette méthode était techniquement très compliquée, dans ce cas-ci moins d'emplacements ;
4. Mobiliser des bénévoles pour surveiller régulièrement l'humidité de la boue, en veillant à éviter le dessèchement ou la dispersion en dehors de la bâche en cas de fortes pluies ;

5 Suivre l'utilisation des sites par les hirondelles grâce à l'aide des bénévoles, et adapter les aménagements si nécessaire en cas de modification des comportements de collecte ;
6 Vérifier en parallèle l'état des nids et la boue utilisée afin de se surveiller que l'évolution celui-ci s'améliore ou du moins ne se dégrade pas.
Plus de conseils détaillés reçu en aout 2024 de la part de T. Debonnet dont les bacs à boue ont été utilisés se trouvent en Annexe J.

L'implication des citoyen.nes dans ce processus est particulièrement bénéfique. Elle permet une surveillance accrue des nids, un suivi plus précis de leur évolution et la récolte régulière d'échantillons. De plus, responsabiliser les citoyen.nes en les associant à ces tâches les rend plus sensibles aux enjeux de conservation et les engage activement dans la protection de la biodiversité locale, Figure 47.

Cette approche s'inscrit dans une réflexion plus large sur notre relation aux espèces qui nous entourent. Elle invite à repenser nos interactions en termes de coexistence et d'interdisciplinarité, en articulant les sciences avec l'implication des sociétés. Les citoyen.nes, par leur participation, contribuent à collecter des données. Cela permet aux scientifiques de consacrer davantage de temps à des analyses plus poussées et à l'élaboration de solutions innovantes. En travaillant ensemble, il devient possible d'obtenir une vision globale et d'enrichir nos connaissances.

Figure 47 : Séance de baguage et sensibilisation auprès des habitants de LLN (Photo de J.Torres).

4.4.2. Caractérisation de la boue noire

Bien qu'un approfondissement des connaissances ne soit pas indispensable pour établir un protocole de conservation des hirondelles, il serait utile d'explorer davantage la texture et la granulométrie des matériaux. À ce jour, une seule l'étude a été menée sur la minéralogie et la texture des nids d'hirondelles de fenêtre (Papoulis et al., 2018). Les résultats actuels de ce mémoire, basés sur un nombre d'échantillon limité, nécessitent une réplication pour confirmer leur validité. Une telle étude renforcerait la fiabilité des protocoles et notre compréhension des besoins des hirondelles en matière de nidification.

5. Conclusion

Ce mémoire pilote teste dans un premier temps un protocole d'expérimentation sur les facteurs influençant l'acceptation des bacs à boue par les hirondelles de fenêtre. Bien qu'aucune hirondelle n'ait utilisé les bacs, d'autres espèces d'oiseaux y ont été observés.

Au cours de la saison de reproduction 2024, l'état de 57% des nids ayant subi un changement s'est dégradé, tandis qu'une augmentation de 48% de l'utilisation des nids naturels par rapport à 2023 a été constatée. Bien que les nids artificiels représentent une solution potentielle, leur taux d'utilisation reste limité. Cela souligne la nécessité d'améliorer l'intégrité structurelle des nids naturels.

Dans un second temps la caractérisation de la boue noire révèle quatre choses. Tout d'abord, les sites de collecte de boue noire se situent sur les toits en roofing et les interstices des tuiles en ardoise et c'est l'unique boue utilisée pour la réparation des nids durant l'année 2024.

Ensuite, cette « mauvaise » boue est le résultat d'accumulation de poussières minérales et organiques avec une proportion de matière organique en moyenne neuf fois et demie plus importante que les boues des terres retrouvées dans la région. C'est un constat similaire est dressé entre les nids naturels construits à partir de « bonne » boue et ceux avec de la « mauvaise » boue contenant six fois plus de matière organique.

L'analyse granulométrique révèle que plus un nid est construit avec une boue contenant de la matière organique, plus l'échantillon contiendra des grains de taille entre 150 et 45µm.

Finalement, les nids construits avec de la « mauvaise » boue sont de texture limon fin contenant plus de limon que le nid de « bonne » qualité à texture limoneuse-sableuse.

La boue de l'Esplanade a la particularité d'avoir non seulement une granulométrie similaire au nid de « bonne » qualité et la même texture mais son contenu en matière organique n'apporte pas une boue suffisamment résistante et cohésive aux nids naturels. Cette partie de l'étude a permis d'approfondir et d'ouvrir une voie à la compréhension de l'utilisation des milieux urbains par l'espèces *Delichon urbicum*.

Cette découverte améliore non seulement notre compréhension des défis de conservation auxquels les hirondelles sont confrontées en nous offrant des outils concrets pour réagir plus efficacement, mais il ouvre également la voie à des études plus ciblées sur la structure des nids et une analyse approfondie des comportements des hirondelles en milieu urbain. Nos

interactions avec le monde changent, il nous incombe de trouver de nouvelles façons de coexister. Ces recherches pourraient contribuer à l'élaboration de nouveaux paradigmes dans notre compréhension des espèces qui peuplent notre planète, enrichissant ainsi notre approche à leur conservation.

Comme l'écrit Bruno Latour dans la postface de l'Atlas de l'Anthropocène en 2021 « *L'Anthropocène, c'est réaliser l'abîme qui sépare le monde dans lequel on vit plus ou moins confortablement et celui dont on dépend et avec lequel, il va falloir, d'une façon ou d'une autre, se réconcilier […] Reste à savoir, à découvrir, à explorer, non seulement où et quand nous sommes dorénavant situés, mais qui nous sommes, quel genre d'humain, quel genre de citoyen. […] Reste à trouver notre place et à décider de ceux avec qui nous souhaitons vivre.*

6. Références

Allera, G., Heim, R. J., Förster, A., & Heim, W. (2023). *Landscape structure and site factors influence whether the northern house martin* Delichon urbicum *occupies artificial nests*.

Association Française de Normalisation. (2003). *Qualité du sol—Détermination de la distribution granulométrique des particules du sol—Méthode à la pipette*.

Auersperg, A. M. I. (2015). Exploration Technique and Technical Innovations in Corvids and Parrots. In *Animal Creativity and Innovation* (p. 45-72). Elsevier.

Aussem, P. (2019). *Faits et chiffres FR — Ottignies Louvain-la-Neuve (consulté le 18/11/2024)*. https://www.olln.be/fr/office-du-tourisme-inforville/preparez-vous/office-du-tourisme-inforville/brochures-et-plans/faits-et-chiffres/faits-et-chiffres-lln-2019-fr.pdf

Bellisario, B., Cardinale, M., Maggini, I., Fusani, L., & Carere, C. (2023). Co-migration fidelity at a stopover site increases over time in African–European migratory landbirds. *Royal Society Open Science*, *10*(8), 221043.

Biedermann, P. H. W., & Kärcher, M. H. (2009). Wetterabhängigkeit der Aktivität und Flughöhe von Rauchschwalben *Hirundo rustica* Linnaeus 1758 und Mehlschwalben *Delichon urbicum* (Linnaeus 1758). *Egretta*, *50*.

BirdLife International. (2022). *State of the World's Birds 2022 : Insights and solutions for the biodiversity crisis*. https://www.birdlife.org/papers-reports/state-of-the-worlds-birds-2022/

BirdLife International. (2024). *Species factsheet : Northern House Martin* Delichon urbicum.

Blangy, S. (2009). *Etude de paramètres influençant la sélection d'un nid par l'hirondelle de fenêtre (*Delichon urbica*) dans la ville de Louvain-la-Neuve, Brabant Wallon, Belgique*.

Blondel, J., & Desmet, J. F. (2018). *Des Oiseaux et des Hommes. Fonctions écologiques et services écosystémiques* (Edition Quae).

Both, C., Bouwhuis, S., Lessells, C. M., & Visser, M. E. (2006). Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. *Nature*, *441*(7089), 81-83.

Références

Boukhemza-Zemmouri, N., Farhi, Y., Mohamed Sahnoun, A., & Boukhemza, M. (2013). Diet composition and prey choice by the House Martin *Delichon urbica* (Aves : Hirundinidae) during the breeding period in Kabylia, Algeria. *Italian Journal of Zoology*, *80*(1), 117-124.

Brochet, A.-L., Van Den Bossche, W., Jones, V. R., Arnardottir, H., Damoc, D., Demko, M., Driessens, G., Flensted, K., Gerber, M., Ghasabyan, M., Gradinarov, D., Hansen, J., Horváth, M., Karlonas, M., Krogulec, J., Kuzmenko, T., Lachman, L., Lehtiniemi, T., Lorgé, P., … Butchart, S. H. M. (2019). Illegal killing and taking of birds in Europe outside the Mediterranean : Assessing the scope and scale of a complex issue. *Bird Conservation International*, *29*(1), 10-40.

Bryant, D. M. (1979). Reproductive Costs in the House Martin (*Delichon urbica*). *Journal of Animal Ecology*, *48*(2), 655-675.

Bryant, D. M., & Westerterp, K. R. (1983). Time and Energy Limits to Brood Size in House Martins (*Delichon urbica*). *Journal of Animal Ecology*, *52*(3), 905-925.

Burger, J. (1988). Social Attraction in Nesting Least Terns : Effects of Numbers, Spacing, and Pair Bonds. *The Condor*, *90*(3), 575.

Burnel, A. (2019). *Les oiseaux de chez nous* (Edition Racine).

Burns, F., Eaton, M. A., Burfield, I. J., Klvaňová, A., Šilarová, E., Staneva, A., & Gregory, R. D. (2021). Abundance decline in the avifauna of the European Union reveals cross-continental similarities in biodiversity change. *Ecology and Evolution*, *11*(23), 16647-16660.

Bylicki, M. (2021). *Etude de la nidification et de la reproduction des colonies d'hirondelles de fenêtre* Delichon urbicum, *à Louvain-la-Neuve, Belgique*.

Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., Narwani, A., Mace, G. M., Tilman, D., Wardle, D. A., Kinzig, A. P., Daily, G. C., Loreau, M., Grace, J. B., Larigauderie, A., Srivastava, D. S., & Naeem, S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, *486*(7401), 59-67.

Carels, C. (2010). Et si on invitait les hirondelles à la maison ? *Natagora*, *36*, 20-24.

Références

Carels, C. (2015). Conseils pratiques et mesures concrètes pour la protection de l'Hirondelle de fenêtre *Delichon urbicum* en milieux urbain et suburbain. L'exemple de bruxelles et de sa périphérie. *Aves*, *52*.

Causey, D., & Kharitonov, S. (1990). *The evolution of coloniality*. *Current Ornithology*, *7*, 285-330.

Colwell, R. K., Brehm, G., Cardelús, C. L., Gilman, A. C., & Longino, J. T. (2008). Global Warming, Elevational Range Shifts, and Lowland Biotic Attrition in the Wet Tropics. *Science*, *322*(5899), 258-261.

Danchin, E., Boulinier, T., & Massot, M. (1998). Conspecific reproductive success and breeding habitat selection : Implications for the study of coloniality. *Ecology*, *79*(7), 2415-2428.

Danchin, E., & Wagner, R. H. (1997). The evolution of coloniality : The emergence of new perspectives. *Trends in Ecology & Evolution*, *12*(9), 342-347.

Dhanjal-Adams, K. L., Bauer, S., Emmenegger, T., Hahn, S., Lisovski, S., & Liechti, F. (2018). Spatiotemporal Group Dynamics in a Long-Distance Migratory Bird. *Current Biology*, *28*(17), 2824-2830.e3.

Duquet, M. (2017). *Des Plumes et des Ailes. Pourquoi et comment volent les oiseaux*. Delachaux et Niestlé.

Emery, N. J. (2006). Cognitive ornithology : The evolution of avian intelligence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *361*(1465), 23-43.

Favard, L. (2023). *La colonie d'hirondelles de fenêtre à Watermael-Boitsfort (Bruxelles, Belgique) : Caractéristiques et utilisation des nids artificiels en relation avec le succès reproducteur*.

Folke, C., Jansson, Å., Rockström, J., Olsson, P., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Crépin, A.-S., Daily, G., Danell, K., Ebbesson, J., Elmqvist, T., Galaz, V., Moberg, F., Nilsson, M., Österblom, H., Ostrom, E., Persson, Å., Peterson, G., Polasky, S., … Westley, F. (2011). Reconnecting to the Biosphere. *AMBIO*, *40*(7), 719.

Freeman, B. G., Scholer, M. N., Ruiz-Gutierrez, V., & Fitzpatrick, J. W. (2018). Climate change causes upslope shifts and mountaintop extirpations in a tropical bird community. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *115*(47), 11982-11987.

Gariboldi, A., & Ambrogio, A. (2018). *Le comportement des oiseaux d'Europe* (La Salamandre).

Références

Gemenne, F., Rankovic, A., & Atelier de cartographie de Sciences Po. (2021). *Atlas de l'Anthropocène—2e édition actualisée et augmentée* (Presses De Sciences Po).

Géroudet, P., & Cuisin, M. (1998). *Les Passereaux d'Europe Tome 1 : Des Coucous aux Merles* (Delachaux et Niestlé).

Gest, D. (2024). *Hirondelles et Biodiversité : Fabrication d'un bac à boue*.

Gordo, O., Brotons, L., Ferrer, X., & Comas, P. (2005). Do changes in climate patterns in wintering areas affect the timing of the spring arrival of trans-Saharan migrant birds? *Global Change Biology*, *11*(1), 12-21.

Gregory, R. D., & Strien, A. V. (2010). Wild Bird Indicators : Using Composite Population Trends of Birds as Measures of Environmental Health. *Ornithological Science*, *9*(1), 3-22.

Grunova, Z., & Holesova, M. (2019). Architecture of Concrete Prefabricated Apartment Houses in Slovakia in Relation to the Nesting Habits of *Delichon Urbicum*. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *661*(1), 012153.

GTH Aves-Natagora. (2009). *De la boue pour sauver les hirondelles du Palais*.

GTH Aves-Natagora. (2015). *Nids artificiels pour hirondelles de fenêtre Conseils et mode d'emploi*.

Hance, T. (2024). *Lutte biologique, LBOE2166, UCLouvain*. Uclouvain, Earth and Life Institute.

Harfoot, M. B. J., Johnston, A., Balmford, A., Burgess, N. D., Butchart, S. H. M., Dias, M. P., Hazin, C., Hilton-Taylor, C., Hoffmann, M., Isaac, N. J. B., Iversen, L. L., Outhwaite, C. L., Visconti, P., & Geldmann, J. (2021). Using the IUCN Red List to map threats to terrestrial vertebrates at global scale. *Nature Ecology & Evolution*, *5*(11), 1510-1519.

Helm, B., Schwabl, I., & Gwinner, E. (2009). Circannual basis of geographically distinct bird schedules. *Journal of Experimental Biology*, *212*(9), 1259-1269.

Hobson, K. A., Van Wilgenburg, S. L., Piersma, T., & Wassenaar, L. I. (2012). Solving a Migration Riddle Using Isoscapes : House Martins from a Dutch Village Winter over West Africa. *PLoS ONE*, *7*(9), e45005.

Références

IKO Commercial. (2024). *Pourquoi met-on du gravier sur les toits plats ? (consulté le 30/12/2024)*. https://www.iko.com/comm/fr/pourquoi-met-on-du-gravier-sur-les-toits-plats/

IPBES. (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services* (Version summary for policy makers).

IUCN Red List. (2020). IUCN Red List of Threatened Species : *Delichon urbicum* (consulté le 4/03/2024). *IUCN Red List of Threatened Species*. https://www.iucnredlist.org/fr

Jokimäki, J., Suhonen, J., & Kaisanlahti-Jokimäki, M.-L. (2018). Urban core areas are important for species conservation : A European-level analysis of breeding bird species. *Landscape and Urban Planning*, *178*, 73-81.

Jonzén, N., Hedenström, A., & Lundberg, P. (2006). Climate change and the optimal arrival of migratory birds. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *274*(1607), 269-274.

Jung, Y., Jung, S., Lee, S., Kim, W., & Kim, H.-Y. (2021). Avian mud nest architecture by self-secreted saliva. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *118*(3).

Keller, V., Herrando, S., Voříšek, P., Kipson, M., Franch, M., Milanesi, P., Martí, D., Anton, M., Kivanova, A., Kalyakin, M. V., Günter Bauer, H., & Foppen, R. P. B. (2020). *European Breeding Bird Atlas 2 : Distribution, Abundance and Change* (European Bird Census Council and Lynx Edicion, Barcelona).

Kettel, E. F., Woodward, I. D., Balmer, D. E., & Noble, D. G. (2021). Using citizen science to assess drivers of Common House Martin *Delichon urbicum* breeding performance. *Ibis*, *163*(2), 366-379.

Koleček, J., Adamík, P., & Reif, J. (2020). Shifts in migration phenology under climate change : Temperature vs. abundance effects in birds. *Climatic Change*, *159*(2), 177-194.

Lack, D. (1968). *Ecological adaptations for breeding in birds.* (Methuen).

Lawrence, K. B., Barlow, C. R., Bensusan, K., Perez, C., & Willis, S. G. (2022). Phenological trends in the pre- and post-breeding migration of long-distance migratory birds. *Global Change Biology*, *28*(2), 375-389.

Le centre d'information sur l'eau. (2024). *Qu'est-ce que la sécheresse ? (consulté le 23/12/2024)*. https://www.cieau.com/connaitre-leau/secheresse-comment-agir/

Leaver, J., Mulvaney, J., Ehlers Smith, D. A., Ehlers Smith, Y. C., & Cherry, M. I. (2019). Response of bird functional diversity to forest product harvesting in the Eastern Cape, South Africa. *Forest Ecology and Management*, *445*, 82-95.

Lesaffre, G. (2018). *Le traité Rustica des Oiseaux du jardin*. Rustica éditions.

Lesorbe, R. (2023). *Etude des paramètres influençant le choix du nid et leurs types d'occupation par l'hirondelle de fenêtre (*Delichon urbicum*) à Louvain-la-Neuve*.

Liordos, V., Jokimäki, J., Kaisanlahti-Jokimäki, M.-L., Valsamidis, E., & Kontsiotis, V. J. (2021). Niche Analysis and Conservation of Bird Species Using Urban Core Areas. *Sustainability*, *13*(11), 6327.

Lovette, I. J., & Fitzpatrick, J. W. (2017). *Handbook of Bird Biology* (The Cornell Lab of Ornithology and Wiley).

Maillard, A. (2021). *Un oiseau voyageur : L'hirondelle de fenêtre – Ligue Royale Belge pour la Protection des Oiseaux*. https://protectiondesoiseaux.be/2021/04/07/un-oiseau-voyageur-lhirondelle-de-fenetre/

Merzouki, Y., Daoudi-Hacini, S., Souttou, K., Sekour, M., & Doumandji, S. (2013). *Étude de la nidification de* Delichon urbica *Linné 1758 (Aves, Hirundinidae) dans un milieu sub urbain dans l'Algérois*.

Møller, A. P., De Lope, F., Moreno, J., González, G., & Pérez, J. J. (1994). Ectoparasites and host energetics : House martin bugs and house martin nestlings. *Oecologia*, *98*(3-4), 263-268.

Møller, A. P., Flensted-Jensen, E., Klarborg, K., Mardal, W., & Nielsen, J. T. (2010). Climate change affects the duration of the reproductive season in birds. *Journal of Animal Ecology*, *79*(4), 777-784.

Morin, J. (2009). *Guide des oiseaux des villes et des jardins* (Edition Belin).

Murgui, E. (2002). Breeding Habitat Selection in the House Martin *Delichon urbica* in the City Of Valencia (Spain). *Acta Ornithologica*, *37*(2), 75-83.

Natagora. (2022). *Le groupe de travail hirondelles*.

Nuyt, M. (2022). *Suivi de la colonie d'Hirondelles de fenêtre (*Delichon urbicum*) à Louvain-la-Neuve, Belgique : Tendances de population et utilisation des nids artificiels comme refuge nocturne*.

Olioso, G. (2020). *Les hirondelles* (Delachaux et Niestlé).

Pailhès, M. (2024). *Les oiseaux à Bruxelles en 2023*. http://blog.aves.be/

Papoulis, D., Tzortzakaki, O., Avramidis, P., Mentis, P., Lampropoulou, P., & Iliopoulos, G. (2018). Mineralogical and textural characteristics of nest building geomaterials used by three sympatric mud-nesting hirundine species. *Scientific Reports*, *8*(1), 11050.

Pavisse, R., Vangeluwe, D., & Clergeau, P. (2019). Domestic Cat Predation on Garden Birds : An Analysis from European Ringing Programmes. *Ardea*, *107*(1), 103.

PECBMS. (2022). *Species trends :* Delichon urbicum *(Northern House Martin)*.

Perrins, C. M., & Birkhead, T. R. (1983). *Avian Ecology*. Blackie.

Piersma, T. (2013). Timing, Nest Site Selection and Multiple Breeding in House Martins : Age-Related Variation and the Preference for Self-Built Mud Nests. *Ardea*, *101*(1), 23-32.

Piersma, T., & Van Der Velde, M. (2009). Breeding season-specific sex diagnostics in the monomorphic House Martin *Delichon urbicum*. *Bird Study*, *56*(1), 127-131.

Poulin, B. (2012). Indirect effects of bioinsecticides on the nontarget fauna : The Camargue experiment calls for future research. *Acta Oecologica*, *44*, 28-32.

Rappe, A. (1978). *Enquête sur la nidification de l'Hirondelle de fenêtre (Delichon urbica) en Belgique* (Vol. 68). Gerfaut.

Reid, W. V., Mooney, H. A., Cropper, A., Capistrano, D., Carpenter, S. R., & Chopra, K. (2005). *Millennium ecosystem assessment, M. E. A. Ecosystems and human well-being: Vol. Vol.5*. Washington, DC: Island press.

Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S. E., Donges, J. F., Drüke, M., Fetzer, I., Bala, G., Von Bloh, W., Feulner, G., Fiedler, S., Gerten, D., Gleeson, T., Hofmann, M., Huiskamp, W., Kummu, M., Mohan, C., Nogués-Bravo, D., … Rockström, J. (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*, *9*(37).

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., De Wit, C. A., Hughes, T., Van Der Leeuw, S., Rodhe, H.,

Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., … Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, *461*(7263), 472-475.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Stuart III Chapin, F., Lambin, E., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., de Wit, C. A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., … Foley, J. (2009). Planetary Boundaries : Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecology and Society, 14(2): 32*.

Rolland, C., Danchin, E., & de Fraipont, M. (1998). The Evolution of Coloniality in Birds in Relation to Food, Habitat, Predation, and Life-History Traits : A Comparative Analysis. *The American Naturalist*, *151*(6), 514-529.

Rouaiguia, M. (2015). *Contribution à l'étude écologique de l'Hirondelle de fenêtre* Delichon urbica *dans le Nord-Est de l'Algérie*.

RTL INFO. (2021). *Louvain-la-Neuve fête ses 50 ans : Voici comment la ville a évolué depuis le 2 février 1971 (photos)*. https://www.rtl.be/actu/louvain-la-neuve-fete-ses-50-ans-voici-comment-la-ville-evolue-depuis-le-2/2021-02-02/article/369114

Schollaert, V. (2024). *L'intelligence des oiseaux. Entre stratégie collectives et génie individuel* (Rustica édition).

Shirihai, H., & Svensson, L. (2018). *Handbook of Western Paleartic Birds, Volume 1 Passerines : Larcks to Warblers* (Helm).

Skendžić, S., Zovko, M., Živković, I. P., Lešić, V., & Lemić, D. (2021). The Impact of Climate Change on Agricultural Insect Pests. *Insects*, *12*(5), 440.

Stanton, R. L., Morrissey, C. A., & Clark, R. G. (2018). Analysis of trends and agricultural drivers of farmland bird declines in North America : A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *254*, 244-254.

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., De Vries, W., De Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries : Guiding human development on a changing planet. *Science*, *347*(6223), 1259855.

Stockholm Resilience Centre. (2024). *Official website of Stockholm Resilience Centre consulted the 24 july 2024*. https://www.stockholmresilience.org/

Ströckens, F., Neves, K., Kirchem, S., Schwab, C., Herculano-Houzel, S., & Güntürkün, O. (2022). High associative neuron numbers could drive cognitive performance in corvid species. *Journal of Comparative Neurology*, *530*(10), 1588-1605.

Szép, T., Liechti, F., Nagy, K., Nagy, Z., & Hahn, S. (2017). Discovering the migration and non-breeding areas of sand martins and house martins breeding in the Pannonian basin (central-eastern Europe). *Journal of Avian Biology*, *48*(1), 114-122.

Tella, J. L. (2002). The evolutionary transition to coloniality promotes higher blood parasitism in birds. *Journal of Evolutionary Biology*, *15*(1), 32-41.

Traba, J., & Morales, M. B. (2019). The decline of farmland birds in Spain is strongly associated to the loss of fallowland. *Scientific Reports*, *9*(1), 9473.

Trouwborst, A., McCormack, P. C., & Martínez Camacho, E. (2020). Domestic cats and their impacts on biodiversity : A blind spot in the application of nature conservation law. *People and Nature*, *2*(1), 235-250.

UCLouvain. (2019). *Les hirondelles font le printemps à l'UCLouvain : Communiqué de presse*. https://uclouvain.be/fr/decouvrir/actualites/les-hirondelles-font-le-printemps-a-l-uclouvain.html

UNFCCC. (2016). *Rapport de la Conférence des Parties sur sa vingt et unième session, tenue à Paris du 30 novembre au 13 décembre 2015*. https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/fre/10a01f.pdf

Vaneyck, C. (2021). *Évaluation de la biodiversité aviaire à Louvain-la-Neuve (UCLouvain) sur base d'oiseaux indicateurs, méthodologie de suivi et recommandations*.

Weiserbs, A., Ninanne, M., & Jacob, J.-P. (2004). *Evolution de la population d'Hirondelles de fenêtre (Delichon urbicum) à Bruxelles*.

Whittingham, L. A., & Lifjeld, J. T. (1995). High paternal investment in unrelated young : Extra-pair paternity and male parental care in house martins. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, *37*(2), 103-108.

Références

Winkler, D. W., & Sheldon, F. H. (1993). *Evolution of nest construction in swallows (Hirundinidae) : A molecular phylogenetic perspective. Proc. Natl. Acad. Sci. USA Vol.90 Evolution*, 5705-5707.

WWF. (2022). *Living planet report 2022*.

Zyśk-Gorczyńska, E., Skórka, P., & Żmihorski, M. (2020). Graffiti saves birds : A year-round pattern of bird collisions with glass bus shelters. *Landscape and Urban Planning*, *193*, 103680.

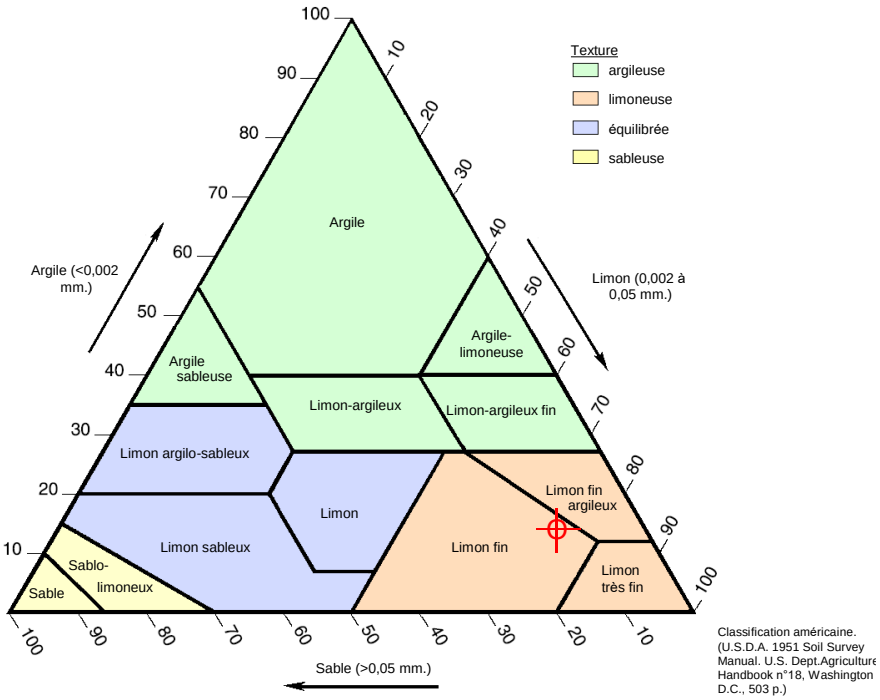
7. Annexes

Annexe A Triangle textural de la terre de VLV.

5. Triangle textural.

La texture (ou composition granulométrique) exprime les proportions relatives des particules minérales de la terre tamisée à 2 mm et classée par catégorie de grosseurs conventionnelles.

Les résultats sont reportés sur le triangle ci-contre afin de déterminer la zone d'appartenance de la terre soumise l'analyse.



Argile % < 0,002 mm	Limon fin et grossier % 0,002 - 0,05 mm	Sable fin et grossier % 0,05 - 2 mm
13,8	73,6	12,6

Analyses réalisées sous accréditation BELAC.

Annexe B: Fiche explicative posée sur les bacs à boue.

Annexe C : Détail des emplacements, contacts, secteurs et date de pose des bacs et bâches réparti dans LLN.

Emplacement bacs/bâches	Contact	Secteur	Date de pose
Aile toit gauche Esplanade	Jean-François Lebrun/ Technical Officer klepierre	1	31 mai 2024
Patio des Halles	Arnauld Morize/Responsable Gpex	1	30 avril 2024
Patio Institut de Statistique	Nancy Guillaume/Responsible LIDAM	1	2 mai 2024
Coursive Rue des Wallons	Véronique Motte/ UCLogement	1	30 mai 2024
Coursive Rue des Wallons	Véronique Motte/ UCLogement	1	30 mai 2024
Local poubelle au dessus du Sablon	Raphaël Wydoogh/Responsable CEGT	1	13 juin 2024
Patio Blaise Pascal	Delphine Meurs/Direction BFLT	2	29 avril 2024
Ascenseur Grand Place	Claude Wauthier/Manager Effia	2	30 avril 2024
Place Raymond Lemaire	Arnauld Morize/Responsable Gpex	2	2 mai 2024
Toit Aula Magna	Rinus Vanelslander/Directeur Aula Magna	2	25 juin 2024
Toit Cinéscope	Pierre Gilles/Directeur Cinéscope	2	25 juin 2024
Jardin Thomas More	Florent Rizzo	3	29 avril 2024
Jardin du Collège Dupriez	Axel Gosseries/Professeur	3	30 avril 2024
Patio du Doyen	Ornella Hennin/LSM	3	30 avril 2024
Toit Insectarium	Gabrielle Wathelet/Conseillère en prévention-UCLouvain	4	1er mai 2024
Toit abris à vélo Croix du Sud	Arnauld Morize/Responsable Gpex	4	1er mai 2024
À droite du Musé L	Marie Bertier/Responsable logistique	4	30 avril 2024
Place Sainte-Barbe	Arnauld Morize/Responsable Gpex	4	30 avril 2024

Annexe D Questions de l'enquête publique.

Mémoire sur les Hirondelles de Fenêtre de Louvain-la-neuve, suivi et exploration d'une méthode de conservation

English below

Dans le cadre de nos mémoires en master de Biologie à l'UCLouvain, Zohra et moi-même Sirga, étudions la colonie d'hirondelles de fenêtre de Louvain-la-neuve pour la saison 2024 à des fins de conservation. Zohra se concentre sur l'aspect monitoring et suivi de la colonie pendant que j'étudie l'efficacité d'une méthode de conservation. A travers ce formulaire nous aimerions recenser votre connaissance sur les hirondelles de fenêtre de LLN et intégré ces informations dans nos mémoires à des fins scientifiques. Vos données personnelles ne seront pas diffusées et resterons confidentielles.

As part of our master's theses in Biology at UCLouvain, Zohra and I, Sirga, are studying the House Martin colony in Louvain-la-Neuve during the 2024 season for conservation purposes. Zohra is focusing on monitoring and tracking the colony, while I am studying the effectiveness of a conservation method. Through this form, we would like to gather your knowledge about the House Martins in LLN and incorporate this information into our theses for scientific purposes. Your personal data will not be shared and will remain confidential.

* Indique une question obligatoire

1. Dans quel quartier vivez-vous ? Si vous n'êtes pas résidents ou kotteur dans quel quartier travaillez-vous ou étudiez-vous ? *

   In which neighborhood do you live in? If you are not a resident or student in shared housing, in which neighborhood do you work or study?

   Plusieurs réponses possibles.

   - [ ] Lauzelle
   - [ ] Baraque/Courbevoie
   - [ ] Centre
   - [ ] Biéraux
   - [ ] Hocaille
   - [ ] Bruyère

2. Qui êtes vous ? *

   Who are you?

   Une seule réponse possible.

   - ( ) Etudiant/Student
   - ( ) Résident/Resident
   - ( ) Membre UCLouvain/UCLouvain member

3. Êtes-vous conscient de la présence des hirondelles de fenêtres dans votre ville ?

   Are you aware of the presence of House Martins in your city?

   Plusieurs réponses possibles.

   - [ ] Oui/Yes
   - [ ] Non/No

4. Connaissez-vous les habitudes migratoires des hirondelles de fenêtres qui nichent dans votre région ?

   Do you know the migratory habits of the House Martins that nest in your area?

   Plusieurs réponses possibles.

   - [ ] Oui/Yes
   - [ ] Non/No

5. Savez-vous à quoi ressemble un nid d'hirondelle de fenêtre ?

   Do you know what a House Martin nest looks like?

   Plusieurs réponses possibles.

   - [ ] Oui/Yes
   - [ ] Non/No

6. Avez-vous observé des nids d'hirondelles de fenêtres sur les bâtiments de LLN ?

   Have you observed House Martin nests on buildings in LLN?

   Plusieurs réponses possibles.

   - [ ] Oui/Yes
   - [ ] Non/No

7. Avez-vous des idées sur la manière dont nous pourrions sensibiliser davantage les habitants de LLN à l'importance des hirondelles de fenêtres ?

   Do you have any ideas on how we could raise awareness among LLN residents about the importance of House Martins?

   Plusieurs réponses possibles.

   - [ ] Oui/Yes
   - [ ] Non/No

8. Si vous avez répondu oui à la dernière question pour des idées de sensibilisations n'hésitez pas à les décrire

   If you answered yes to the previous question about awareness ideas, please feel free to describe them

9. Avez-vous rencontré des problèmes ou des obstacles liés à la cohabitation avec les hirondelles de fenêtres dans votre quartier ?

   Have you encountered any problems or obstacles related to coexisting with House Martins in your neighborhood?

   Plusieurs réponses possibles.

   - [ ] Oui/Yes
   - [ ] Non/No

10. Quel genre de problèmes ? Quel serait un bon compromis pour le résoudre ?

    What kind of problems? What would be a good compromise to resolve them?

11. Seriez-vous disposé.e à participer à des initiatives locales visant à préserver les sites de nidification des hirondelles de fenêtres à LLN ?

    Would you be willing to participate in local initiatives aimed at preserving House Martin nesting sites in LLN?

    Plusieurs réponses possibles.

    - [ ] Oui/Yes
    - [ ] Non/No

Pour en savoir plus, *To learn more* :
L'hirondelle de fenêtre fait partie de l'ordre des passériformes. C'est un petit oiseau de 15 cm d'envergure facilement reconnaissable à son plumage noir et blanc. Elle a une petite queue fourchue ce qui la rend assez similaire au martinet commun avec lequel il ne faut pas la confondre ! La population d'hirondelles de fenêtre est en déclin suite à un manque de boue de qualité mais également à tout un tas d'autres facteurs tel que le manque de nourriture. Un nid naturel d'hirondelles ressemble à une structure en forme de coupole avec un petite entrée circulaire faite de boue souvent adossée contre un mur ou sous un surplomb de toit. Pour la conservation de cette espèce, des nids artificiels ont été placé depuis 2018. Aujourd'hui, on en compte un peu plus de 220 mais d'autres nids seront encore installés prochainement ! Le but étant d'inviter les hirondelles de fenêtre à s'installer à d'autres endroits afin d'étendre leur colonie mais également de leur offrir un nid de qualité pour la reproduction. Nos hirondelles de fenêtre arrivent chez nous vers le mois d'avril et repartent en direction de l'Afrique vers la fin du mois de septembre alors ouvrez l'œil !

The House Martin belongs to the passerine order. It is a small bird with a wingspan of 15 cm, easily recognizable by its black and white plumage. It has a small forked tail, making it quite similar to the Common Swift, with which it should not be confused! The House Martin population is in decline due to a lack of quality mud, along with various other factors such as a shortage of food. A natural House Martin nest resembles a dome-shaped structure with a small circular entrance made of mud, often attached to a wall or under a roof overhang. For the conservation of this species, artificial nests have been installed since 2018. Today, there are just over 220, and more nests will be installed soon! The goal is to encourage House Martins to settle in other locations to expand their colony and provide them with quality nests for reproduction. Our House Martins arrive here around April and head back to Africa towards the end of September, so keep an eye out!

Voici une hirondelle de fenêtre collectant de la boue pour la construction de son nid, vous pouvez facilement les voir lorsqu'elles nourrissent leurs petits au nid, ou bien volant au dessus du lac de LLN pour chasser

Here is a House Martin collecting mud for building its nest. You can easily see them when they are feeding their chicks in the nest or flying over the LLN lake to hunt

A gauche 4 nids artificiels, le nid tout à droite est un nid naturel construit à partir de terre

On the left, 4 artificial nests; the nest on the far right is a natural nest built from mud

Questions spécifiques aux bacs à boue, *Specific questions about mud buckets* :

12. Avez-vous déjà observé des hirondelles de fenêtres dans leurs nids naturels dans votre quartier ?

    Have you ever observed House Martins in their natural nests in your neighborhood?

    Plusieurs réponses possibles.

    - [ ] Oui/Yes
    - [ ] Non/No

13. Avez-vous déjà observé des hirondelles de fenêtres collectant de la boue pour la construction de leurs nids dans votre quartier ?

    Have you ever seen House Martins collecting mud for building their nests in your neighborhood?

    Plusieurs réponses possibles.

    - [ ] Oui/Yes
    - [ ] Non/No

14. Êtes-vous familier avec l'existence de bacs à boue spécialement conçus pour la conservation des hirondelles de fenêtres à LLN ?

    Are you familiar with the existence of mud buckets specially designed for House Martin conservation in LLN?

    Plusieurs réponses possibles.

    - [ ] Oui/Yes
    - [ ] Non/No

15. Seriez-vous prêt à investir un peu de votre temps à installer ou entretenir des bacs à boue pour soutenir les hirondelles de fenêtres ?

    Would you be willing to invest some of your time to install or maintain mud buckets to support House Martins?

    Plusieurs réponses possibles.

    - [ ] Oui/Yes
    - [ ] Non/No

16. Trouvez-vous subjectivement que les bacs à boue perturbent le paysage urbain ?

Do you subjectively find that mud buckets disrupt the urban landscape?

Plusieurs réponses possibles.

- [ ] Oui/Yes
- [ ] Non/No

17. Si vous avez répondu oui à la question précédente pouvez-vous nous expliquer ?

If you answered yes to the previous question, can you explain?

18. Des questions, suggestions ?
Any questions, suggestions?

Pour en savoir plus :
Les bacs à boue pour les hirondelles de fenêtre sont bien plus que de simples commodités. Comme expliqué ils offrent un accès essentiel à une ressource de construction vitale, réduisant ainsi les efforts que ces oiseaux doivent déployer pour collecter des matériaux de qualité. Au lieu de parcourir de longues distances pour collecter de la boue de qualité ou bien de qualité inférieure (résidus organiques non solide pour les nids) sur les toits de LLN, ces oiseaux peuvent désormais investir leur énergie dans la reproduction, élément crucial pour des populations en déclin. En permettant aux hirondelles de consacrer plus d'énergie à la reproduction plutôt qu'à la recherche de boue, ces bacs contribuent directement à la préservation de ces espèces menacées.

Mud buckets for House Martins are much more than simple amenities. As explained, they provide essential access to a vital construction resource, thus reducing the effort these birds need to expend to collect quality materials. Instead of traveling long distances to collect quality mud or inferior quality (non-solid organic residues for nests) on LLN roofs, these birds can now invest their energy in reproduction, a crucial element for declining populations. By allowing House Martins to spend more energy on reproduction rather than searching for mud, these buckets directly contribute to the preservation of these endangered species.

Ce contenu n'est ni rédigé, ni cautionné par Google.

Google Forms

Annexe E : Détail des nids naturels sur la zone d'étude de LLN.

Secteur	Num_Secteur	Zone	Num_Zone	Emplacement	Description	Numéro	Position	Etat_initial	Etat_final
Centre-ville	1	Esplanade	1	1	Côté Burger King, entre le toit et la façade	111	T sup G	E	C1/10
Centre-ville	1	Esplanade	1	1	Côté Burger King, entre le toit et la façade	112	GG	C 3/4	C1/4
Centre-ville	1	Esplanade	1	1	Côté Burger King, entre le toit et la façade	113	GD	T	E
Centre-ville	1	Esplanade	1	1	Côté Burger King, entre le toit et la façade	114	GDD	T	E
Centre-ville	1	Esplanade	1	1	Côté Burger King, entre le toit et la façade	115	CGG	C 1/3	E
Centre-ville	1	Esplanade	1	1	Côté Burger King, entre le toit et la façade	116	CCC	C 1/5	E
Centre-ville	1	Esplanade	1	1	Côté Burger King, entre le toit et la façade	117	CGD	E	C1/10
Centre-ville	1	Esplanade	1	1	Côté Burger King, entre le toit et la façade	118	C	C 3/4	E
Centre-ville	1	Esplanade	1	1	Côté Burger King, entre le toit et la façade	118a	CG	New	T
Centre-ville	1	Esplanade	1	1	Côté Burger King, entre le toit et la façade	118b	CD	New	T
Centre-ville	1	Esplanade	1	1	Côté Burger King, entre le toit et la façade	119	CDG	T	E
Centre-ville	1	Esplanade	1	1	Côté Burger King, entre le toit et la façade	119a	CDD	C 1/3	C2/3
Centre-ville	1	Esplanade	1	1	Côté Burger King, entre le toit et la façade	119b	D	C 1/5	C1/10
Centre-ville	1	Esplanade	1	1	Côté Burger King, entre le toit et la façade	119c	T sup D	C 1/3	C5/6
Centre-ville	1	Esplanade	1	1	Côté Burger King, entre le toit et la façade	119d	T D	New	E
Centre-ville	1	Esplanade	1	2	De l'autre côté de la façade à droite	121	D	New	C1/10
Centre-ville	1	Grand Rue - Place de l'université	2	1	Sous le balcon droit, à l'angle de la Place de l'université	211	C	T	T
Centre-ville	1	Grand Rue - Place de l'université	2	1	Sous le balcon droit, à l'angle de la Place de l'université	212	DG	T	T
Centre-ville	1	Grand Rue - Place de l'université	2	1	Sous le balcon droit, à l'angle de la Place de l'université	213	DC	T	T
Centre-ville	1	Grand Rue - Place de l'université	2	1	Sous le balcon droit, à l'angle de la Place de l'université	214	DD	T	T
Centre-ville	1	Grand Rue - Place de l'université	2	2	Sous le balcon gauche, à l'angle de la Grand Rue	221	D	T	T
Centre-ville	1	Gallerie St Hubert - Rue des wallons	3	1	Au-dessus de l'entrée de la galerie, sous la corniche, près d'un tuyau	311	TG	E	E
Centre-ville	1	Gallerie St Hubert - Rue des wallons	3	1	Au-dessus de l'entrée de la galerie, sous la corniche, près d'un tuyau	312	TD	E	E
Centre-ville	1	Gallerie St Hubert - Rue des wallons	3	2	Au-dessus de ING, sous la corniche, près d'un tuyau	321	TG	T	T
Centre-ville	1	Gallerie St Hubert - Rue des wallons	3	2	Au-dessus de ING, sous la corniche, près d'un tuyau	322	TG	T	T
Centre-ville	1	Gallerie St Hubert - Rue des wallons	3	2	Au-dessus de ING, sous la corniche, près d'un tuyau	323	TD	E	C5/6
Centre-ville	1	Place des wallons	4	1	Sous l'encorbellement de l'étage	411	/	E	E
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Voie du Roman Pays	5	1	Au bâtiment à l'angle de la Rue des wallons, sous la corniche, près d'un tuyau	511	TG	E	E
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Voie du Roman Pays	5	1	Au bâtiment à l'angle de la Rue des wallons, sous la corniche, près d'un tuyau	512	TD	T	T

Secteur	Num_Secteur	Zone	Num_Zone	Emplacement	Description	Numéro	Position	Etat_initial	Etat_final
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Traverse d'Esope	6	1	A l'angle de la Grand Rue, sous la corniche	611	GG	T	T
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Traverse d'Esope	6	1	A l'angle de la Grand Rue, sous la corniche	612	GC	E	E
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Traverse d'Esope	6	1	A l'angle de la Grand Rue, sous la corniche	613	GD	C 1/5	C1/3
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Traverse d'Esope	6	1	A l'angle de la Grand Rue, sous la corniche	614	DG	C 1/4	E
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Traverse d'Esope	6	1	A l'angle de la Grand Rue, sous la corniche	615	DC	T	T
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Traverse d'Esope	6	1	A l'angle de la Grand Rue, sous la corniche	616	DD	T	T
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Traverse d'Esope	6	2	Au-dessus, de l'entrée de l'ILV, sous la corniche	621	D	T	T
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Traverse d'Esope	6	3	Au-dessus de la pharmacie, sous la corniche	631	GG	T	T
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Traverse d'Esope	6	3	Au-dessus de la pharmacie, sous la corniche	632	GD	T	T
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Traverse d'Esope	6	3	Au-dessus de la pharmacie, sous la corniche	633	D	E	E
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Traverse d'Esope	6	4	Au-dessus de Partenamut, sous la corniche	641	GG	C5/6	C5/6
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Traverse d'Esope	6	4	Au-dessus de Partenamut, sous la corniche	642	GD	E	E
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Traverse d'Esope	6	4	Au-dessus de Partenamut, sous la corniche	643	C	E	E
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Traverse d'Esope	6	4	Au-dessus de Partenamut, sous la corniche	644	DG	C 3/4	C5/6
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Traverse d'Esope	6	4	Au-dessus de Partenamut, sous la corniche	645	DD	T	T
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Traverse d'Esope	6	5	Au-dessus de l'entrée de la galerie, sous la corniche, près d'un tuyau	651	TG	E	C1/10
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Grand Rue	7	1	Sous la corniche, près d'un tuyau et le long de la façade	711	TG	T	T
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Grand Rue	7	1	Sous la corniche, près d'un tuyau et le long de la façade	712	TD	E	E
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Grand Rue	7	1	Sous la corniche, près d'un tuyau et le long de la façade	713	D	T	T
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Grand Rue	7	2	Au-dessus du Carrefour, sous l'encorbellement de l'étage	721	/	E	C1/10
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Grand Rue	7	3	Au-dessus de la boulangerie du centre, sous la corniche	731	DG	E	E
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Grand Rue	7	3	Au-dessus de la boulangerie du centre, sous la corniche	732	DD	C5/6	C5/6
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Grand Rue	7	4	Au-dessus du Coup de foudre, sous la corniche	741	G	T	T
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Grand Rue	7	4	Au-dessus du Coup de foudre, sous la corniche	742	C	T	T
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Grand Rue	7	4	Au-dessus du Coup de foudre, sous la corniche	743	DG	T	T
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Grand Rue	7	4	Au-dessus du Coup de foudre, sous la corniche	744	DD	T	T
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Grand Rue	7	5	A l'angle de la Traverse d'Esope, sous la corniche	751	GG	T	T
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Grand Rue	7	5	A l'angle de la Traverse d'Esope, sous la corniche	752	GD	E	E
Centre-ville	1	Galerie St Hubert - Grand Rue	7	5	A l'angle de la Traverse d'Esope, sous la corniche	753	D	E	T
Centre-ville	1	Grand Rue - Galoute	8	1	Sous l'encorbellement de l'étage	811	GG	T	T
Centre-ville	1	Grand Rue - Galoute	8	1	Sous l'encorbellement de l'étage	812	GD	E	E
Centre-ville	1	Rue rabelais - Galoute	9	1	Sous l'encorbellement de l'étage	911	DG	E	E
Centre-ville	1	Rue rabelais - Galoute	9	1	Sous l'encorbellement de l'étage	912	DC	E	E
Centre-ville	1	Rue rabelais - Galoute	9	1	Sous l'encorbellement de l'étage	913	DD	E	E
Centre-ville	1	Passage de l'Ergot	10	1	Près du Quick, sous l'encorbellement de l'étage	1011	/	E	E
Centre-ville	1	Passage de l'Ergot	10	2	Dans le bas de la rue, sous l'encorbellement de l'étage	1022	/	T	C1/4
Centre-ville	1	Rue Charlemagne	11	1	Sous un renfoncement de la façade latérale, en face du Spar	1111	G	C 5/6	C5/6
Centre-ville	1	Rue Charlemagne	11	1	Sous un renfoncement de la façade latérale, en face du Spar	1112	D	T	T

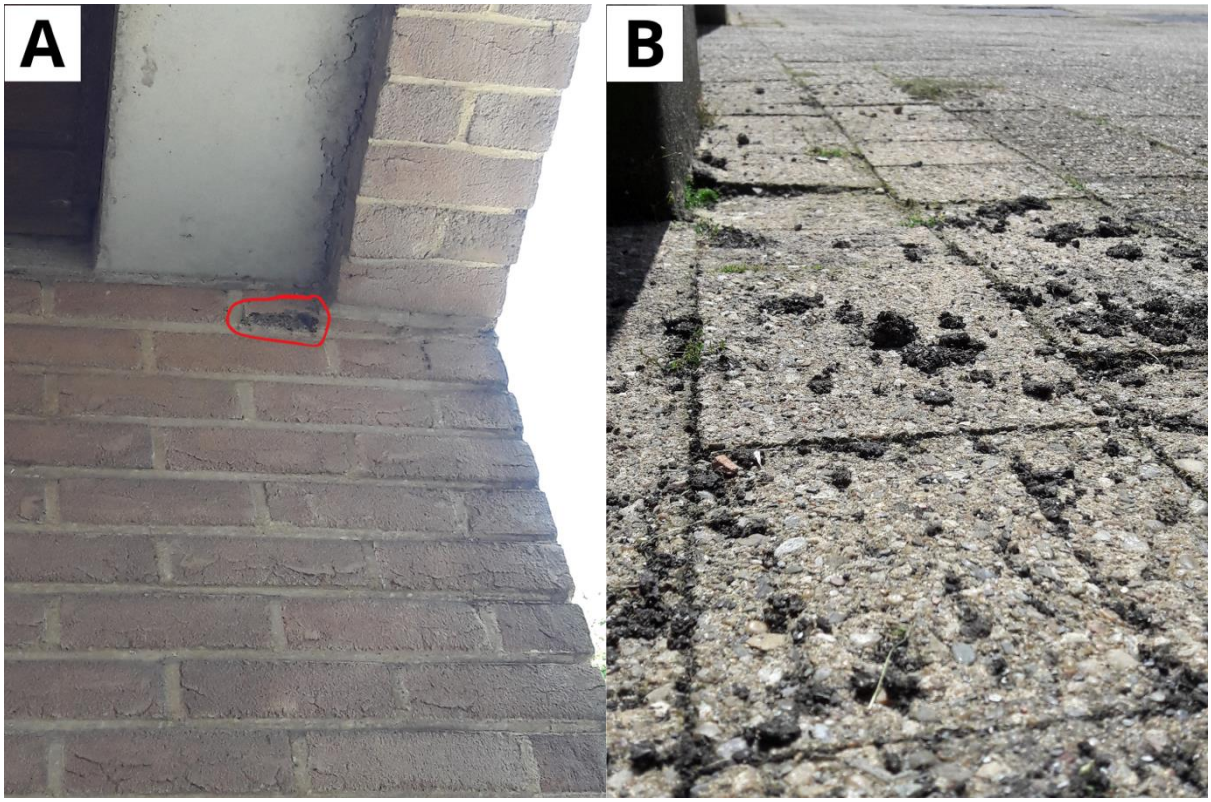
Secteur	Num_Secteur	Zone	Num_Zone	Emplacement	Description	Numéro	Position	Etat_initial	Etat_final
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Galler	13	1	Dans le coin gauche de la façade au-dessus du n°43	1311	/	T	C5/6
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Galler	13	2	Au-dessus de chez Augustin, dans l'angle de la console en escalier et sous l'encorbellement de la fenêtre	1312	G	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Galler	13	2	Au-dessus de chez Augustin, dans l'angle de la console en escalier et sous l'encorbellement de la fenêtre	1313	D	E	T
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Galler	13	3	Au-dessus de chez Augustin, dans l'angle de la console en escalier et sous l'encorbellement de la fenêtre	1314	G	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Galler	13	3	Au-dessus de chez Augustin, dans l'angle de la console en escalier et sous l'encorbellement de la fenêtre	1315	D	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Galler	13	4	Au-dessus de Galler, dans l'angle de la console en escalier et sous l'encorbellement de la fenêtre	1316	G	C 1/7	C5/6
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Galler	13	4	Au-dessus de Galler, dans l'angle de la console en escalier et sous l'encorbellement de la fenêtre	1317	D	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Agora	14	1	Au dessus de la maison du développement durable, sur le coin à droite, sous la toiture	1411	G	T	C5/6
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Agora	14	1	Au dessus de la maison du développement durable, sur le coin à droite, sous la toiture	1412	D	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Agora	14	2	Au dessus de Oxfam, sur le coin à droite, sous la toiture	1421	GG	E	E
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Agora	14	2	Au dessus de Oxfam, sur le coin à droite, sous la toiture	1422	GD	E	C1/10
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Horloge	15	1	Sous le porte a faux de gauche	1511	G	C 1/2	C1/2
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Horloge	15	1	Sous le porte a faux de gauche	1512	D	E	E
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Horloge	15	2	Sous le porte a faux central	1521	DG	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Horloge	15	2	Sous le porte a faux central	1522	DD	C 3/4	C5/6
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Horloge	15	3	Sous le porte a faux de droite	1531	GG	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Horloge	15	3	Sous le porte a faux de droite	1532	GD	C 3/4	C5/6
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Horloge	15	3	Sous le porte a faux de droite	1533	DG	C 1/2	C1/2
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Horloge	15	3	Sous le porte a faux de droite	1534	DC	E	E
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Horloge	15	3	Sous le porte a faux de droite	1535	DD	C 1/5	E
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Horloge	15	4	Haut dessus de l'horloge à droite	1541	G	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Horloge	15	4	Haut dessus de l'horloge à droite	1542	C	C 3/4	E
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Horloge	15	4	Haut dessus de l'horloge à droite	1543	D	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Bibliothèque des arts et des lettres	16	1	Sous le porte a faux de gauche	1611	/	E	E
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Bibliothèque des arts et des lettres	16	2	Sous le porte a faux central	1621	GG	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Bibliothèque des arts et des lettres	16	2	Sous le porte a faux central	1622	GD	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Bibliothèque des arts et des lettres	16	3	Sous le porte a faux de droite	1631	GG	C 1/3	E
Place Cardinal Mercier	2	Grand Place - Bibliothèque des arts et des lettres	16	3	Sous le porte a faux de droite	1632	GD	C 1/3	C1/10
Place Cardinal Mercier	2	Rue de l'Hocaille - En face de l'hötel	17	1	De chaque côté des fenêtres	1711	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Rue de l'Hocaille - En face de l'hötel	17	1	De chaque côté des fenêtres	1712	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Rue de l'Hocaille - En face de l'hötel	17	1	De chaque côté des fenêtres	1713	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Rue de l'Hocaille - En face de l'hötel	17	1	De chaque côté des fenêtres	1714	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Rue de l'Hocaille - En face de l'hötel	17	1	De chaque côté des fenêtres	1715	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Rue de l'Hocaille - En face de l'hötel	17	1	De chaque côté des fenêtres	1716	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Rue de l'Hocaille - En face de l'hötel	17	1	De chaque côté des fenêtres	1717	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Rue de l'Hocaille - En face de l'hötel	17	1	De chaque côté des fenêtres	1718	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Rue de l'Hocaille - En face de l'hötel	17	1	De chaque côté des fenêtres	1719	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Rue de l'Hocaille - En face de l'hötel	17	1	De chaque côté des fenêtres	1719a	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Rue de l'Hocaille - En face de l'hötel	17	1	De chaque côté des fenêtres	1719b	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Rue de l'Hocaille - En face de l'hötel	17	2	Sous le porte à faux de gauche	1721	GGG	C 1/5	C1/5
Place Cardinal Mercier	2	Rue de l'Hocaille - En face de l'hötel	17	2	Sous le porte a faux de gauche	1722	GC	E	E
Place Cardinal Mercier	2	Rue de l'Hocaille - En face de l'hötel	17	2	Sous le porte a faux de gauche	1723	GD	C 3/4	C3/4
Place Cardinal Mercier	2	Rue de l'Hocaille - En face de l'hötel	17	2	Sous le porte a faux de gauche	1724	GDD	C 1/2	C1/2
Place Cardinal Mercier	2	Rue de l'Hocaille - En face de l'hötel	17	3	Sous le porte a faux de droite	1731	G	C 1/4	C1/4
Place Cardinal Mercier	2	Rampe du Val	18	1	Parvis Saint-François, côté clocher, dans les renfoncements de la façade	1811	G	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Rampe du Val	18	1	Parvis Saint-François, côté clocher, dans les renfoncements de la façade	1812	C	C 1/3	C1/3
Place Cardinal Mercier	2	Rampe du Val	18	1	Parvis Saint-François, côté clocher, dans les renfoncements de la façade	1813	D	C 1/2	C1/2
Place Cardinal Mercier	2	Rampe du Val	18	2	Sous un encorbellement de l'étage du bâtiment n°12	1821	G	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Rampe du Val	18	2	Sous un encorbellement de l'étage du bâtiment n°12	1822	DG	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Rampe du Val	18	2	Sous un encorbellement de l'étage du bâtiment n°12	1823	DD	C 5/6	C5/6
Place Cardinal Mercier	2	Rampe du Val	18	2	Sous un encorbellement de l'étage du bâtiment n°12	1824	DDD	T	T

Secteur	Num_Secteur	Zone	Num_Zone	Emplacement	Description	Numéro	Position	Etat_initial	Etat_final
Place Cardinal Mercier	2	Avenue J. L. Hennebel	19	1	Au bout de la rue, près de la Rampe du Val, sous l'encorbellement de l'étage	1911	G	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Avenue J. L. Hennebel	19	1	Au bout de la rue, près de la Rampe du Val, sous l'encorbellement de l'étage	1912	C	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Avenue J. L. Hennebel	19	1	Au bout de la rue, près de la Rampe du Val, sous l'encorbellement de l'étage	1913	D	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Place Baise Pascal	20	1	De chaque côté des fenêtres côté Place Cardinal Mercier	2011	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Place Blaise Pascal	20	1	De chaque côté des fenêtres côté Place Cardinal Mercier	2012	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Place Blaise Pascal	20	1	De chaque côté des fenêtres côté Place Cardinal Mercier	2013	/	E	E
Place Cardinal Mercier	2	Place Blaise Pascal	20	1	De chaque côté des fenêtres côté Place Cardinal Mercier	2014	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Place Baise Pascal	20	1	De chaque côté des fenêtres côté Place Cardinal Mercier	2015	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Place Blaise Pascal	20	2	De chaque côté des fenêtres côté Rue de l'Hocaille	2021	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Place Blaise Pascal	20	2	De chaque côté des fenêtres côté Rue de l'Hocaille	2022	/	E	C1/10
Place Cardinal Mercier	2	Place Blaise Pascal	20	2	De chaque côté des fenêtres côté Rue de l'Hocaille	2023	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Place Blaise Pascal	20	2	De chaque côté des fenêtres côté Rue de l'Hocaille	2024	/	E	E
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	1	De chaque côté des fenêtres	2111	G	C 1/2	C1/2
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	1	De chaque côté des fenêtres	2112	GG	C 1/2	C1/4
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	1	De chaque côté des fenêtres	2113	GD	C 1/10	E
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	1	De chaque côté des fenêtres	2114	DG	C 1/5	C1/10
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	1	De chaque côté des fenêtres	2115	DD	E	E
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	1	De chaque côté des fenêtres	2116	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	1	De chaque côté des fenêtres	2117	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	1	De chaque côté des fenêtres	2118	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	1	De chaque côté des fenêtres	2119	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	1	De chaque côté des fenêtres	2119a	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	1	De chaque côté des fenêtres	2119b	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	1	De chaque côté des fenêtres	2119c	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	1	De chaque côté des fenêtres	2119d	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	1	De chaque côté des fenêtres	2119e	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	3	De chaque côté des fenêtres	2131	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	3	De chaque côté des fenêtres	2132	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	3	De chaque côté des fenêtres	2133	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	3	De chaque côté des fenêtres	2134	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	3	De chaque côté des fenêtres	2135	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	3	De chaque côté des fenêtres	2136	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	3	De chaque côté des fenêtres	2137	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	3	De chaque côté des fenêtres	2138	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	3	De chaque côté des fenêtres	2139	/	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	5	Au bout du E3, au coin	2151	G	E	C1/10
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	5	Au bout du E3, au coin	2152	CG	C 5/6	C5/6
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	5	Au bout du E3, au coin	2153	CD	C 5/6	C5/6
Place Cardinal Mercier	2	Place Cardinal Mercier	21	5	Au bout du E3, au coin	2154	D	C 5/6	C5/6
Place Cardinal Mercier	2	Rue Cardinal Mercier	22	1	Sous le porte a faux de gauche	2211	GG	C 3/4	C5/6
Place Cardinal Mercier	2	Rue Cardinal Mercier	22	1	Sous le porte a faux de gauche	2212	GC	C 1/6	C1/6
Place Cardinal Mercier	2	Rue Cardinal Mercier	22	1	Sous le porte a faux de gauche	2213	GD	T	T
Place Cardinal Mercier	2	Rue Cardinal Mercier	22	1	Sous le porte a faux de gauche	2214	DG	E	C1/2
Place Cardinal Mercier	2	Rue Cardinal Mercier	22	1	Sous le porte a faux de gauche	2215	DD	C 3/4	C1/2
Place Cardinal Mercier	2	Rue Cardinal Mercier	22	2	Sous le porte a faux central	2221	GG	C 2/3	C2/3
Place Cardinal Mercier	2	Rue Cardinal Mercier	22	2	Sous le porte a faux central	2222	GC	C 3/4	C5/6
Place Cardinal Mercier	2	Rue Cardinal Mercier	22	2	Sous le porte a faux central	2223	GD	C 3/4	C3/4
Place Cardinal Mercier	2	Rue Cardinal Mercier	22	3	Sous le porte a faux de droite	2231	GGG	C5/6	C5/6
Place Cardinal Mercier	2	Rue Cardinal Mercier	22	3	Sous le porte a faux de droite	2232	GG	C 1/2	C1/2
Place Cardinal Mercier	2	Rue Cardinal Mercier	22	3	Sous le porte a faux de droite	2233	GC	C 2/3	C2/3
Place Cardinal Mercier	2	Rue Cardinal Mercier	22	3	Sous le porte a faux de droite	2234	GD	C 2/3	C2/3
Place Cardinal Mercier	2	Rue Cardinal Mercier	22	3	Sous le porte a faux de droite	2235	GDD	C 1/2	C3/4
Place Cardinal Mercier	2	Rue Cardinal Mercier	22	4	Sous le porte a faux de gauche	2241	/	T	T

Secteur	Num_Secteur	Zone	Num_Zone	Emplacement	Description	Numéro	Position	Etat_initial	Etat_final
Place Montesquieu	3	Rue Monstesquieu	23	1	Sous un renfoncemenet de la façade en face du cinéma	2311	D	T	T
Place Montesquieu	3	Rue Monstesquieu	23	2	Sous un renfoncemenet de la façade en face du cinéma	2321	G	T	T
Place Montesquieu	3	Ruelle de la Lanterne Magique - Agora	24	2	Sous un renfoncement de la façade, en montant l'escalier côté cinéma	2421	DG	T	T
Place Montesquieu	3	Ruelle de la Lanterne Magique - Agora	24	2	Sous un renfoncement de la façade, en montant l'escalier côté cinéma	2422	DD	C 5/6	C5/6
Place Montesquieu	3	Ruelle de la Lanterne Magique - Agora	24	3	Au croisement avec la rue de la Lanterne Magique, sous un renfoncement de la façade	2431	GG	C 3/4	C3/4
Place Montesquieu	3	Ruelle de la Lanterne Magique - Agora	24	3	Au croisement avec la rue de la Lanterne Magique, sous un renfoncement de la façade	2432	GD	T	T
Place Montesquieu	3	Ruelle de la Lanterne Magique - Agora	24	3	Au croisement avec la rue de la Lanterne Magique, sous un renfoncement de la façade	2433	DG	C 5/6	C5/6
Place Montesquieu	3	Ruelle de la Lanterne Magique - Agora	24	3	Au croisement avec la rue de la Lanterne Magique, sous un renfoncement de la façade	2434	DC	T	T
Place Montesquieu	3	Ruelle de la Lanterne Magique - Agora	24	3	Au croisement avec la rue de la Lanterne Magique, sous un renfoncement de la façade	2435	DD	T	T
Place Montesquieu	3	Rue de la Lanterne Magique - Place Montesquieu	25	1	Sous la passerelle à gauche, côté Décanat	2511	G	C 5/6	C5/6
Place Montesquieu	3	Rue de la Lanterne Magique - Place Montesquieu	25	1	Sous la passerelle à gauche, côté Décanat	2512	DG	T	T
Place Montesquieu	3	Rue de la Lanterne Magique - Place Montesquieu	25	1	Sous la passerelle à gauche, côté Décanat	2513	DD	T	T
Place Montesquieu	3	Rue de la Lanterne Magique - Place Montesquieu	25	2	Sous la passerelle à droite, côté Léon Dupriez	2521	GG	C 1/2	C5/6
Place Montesquieu	3	Rue de la Lanterne Magique - Place Montesquieu	25	2	Sous la passerelle à droite, côté Léon Dupriez	2522	GD	C 5/6	C5/6
Place Montesquieu	3	Collège Léon Dupriez	26	1	A l'angle d'un poteau en partant de gauche	2611	G	T	T
Place Montesquieu	3	Collège Léon Dupriez	26	1	A l'angle d'un poteau en partant de gauche	2612	D	T	T
Place Montesquieu	3	Collège Léon Dupriez	26	2	A l'angle d'une fenêtre du 1er étage	2621	G	C5/6	C5/6
Place Montesquieu	3	Collège Léon Dupriez	26	2	A l'angle d'une fenêtre du 1er étage	2622	C	C5/6	T
Place Montesquieu	3	Collège Léon Dupriez	26	2	A l'angle d'une fenêtre du 1er étage	2623	CD	T	T
Place Montesquieu	3	Collège Léon Dupriez	26	2	A l'angle d'une fenêtre du 1er étage	2624	D	T	T
Place Montesquieu	3	Auditoire Montesquieu	27	1	Sous le préau, côté Place Montesquieu	2711	/	T	T
Place Montesquieu	3	Auditoire Montesquieu	27	1	Sous le préau, côté Place Montesquieu	2712	/	C 3/4	C3/4
Place Montesquieu	3	Auditoire Montesquieu	27	2	Sous le préau, côté Rue Montesquieu	2721	/	E	E
Place Montesquieu	3	Collège Thomas More	28	1	Sous un préau côté Rue des Bruyères	2811	CG	T	T
Place Montesquieu	3	Collège Thomas More	28	1	Sous un préau côté Rue des Bruyères	2812	CD	T	T
Place Montesquieu	3	Collège Thomas More	28	2	Sous un préau au centre gauche	2821	GG	T	T
Place Montesquieu	3	Collège Thomas More	28	2	Sous un préau au centre gauche	2722	GD	T	T
Place Montesquieu	3	Collège Thomas More	28	5	Au coin, à droite, au premier étage	2851	GG	C 5/6	C5/6
Place Montesquieu	3	Collège Thomas More	28	5	Au coin, à droite, au premier étage	2852	GD	E	C1/10
Place Montesquieu	3	Collège Thomas More	28	5	Au coin, à droite, au premier étage	2853	D	T	T
Place Montesquieu	3	Décanat ESPO	33	2	Sous le préau, en face de la Place des Doyens	3321	/	T	T
Place Montesquieu	3	Début de la Rue Rabelais	34	1	Sous le préau, en face de la Place des Doyens	3411	G	E	E
Place Montesquieu	3	Début de la Rue Rabelais	34	3	Sous le préau côté Place Rabelais	3431	G	E	E
Place Montesquieu	3	Début de la Rue Rabelais	34	3	Sous le préau côté Place Rabelais	3432	C	E	E
Place Montesquieu	3	Début de la Rue Rabelais	34	3	Sous le préau côté Place Rabelais	3433	P2	C 1/10	C1/4

Secteur	Num_Secteur	Zone	Num_Zone	Emplacement	Description	Numéro	Position	Etat_initial	Etat_final
Place Croix du Sud	4	Rue Archimède	35	1	Sur la façade du coin de la salle des fêtes Le Post', en face du Dude	3511	D	C 1/4	C 1/4
Place Croix du Sud	4	Place des sciences	36	1	Sur la façade du Musée L	3611	C	T	T
Place Croix du Sud	4	Rue du Compas - bâtiment pythagore	37	1	Sous le petit encorbellement, au centre	3711	G	T	T
Place Croix du Sud	4	Rue du Compas - bâtiment pythagore	37	1	Sous le petit encorbellement, au centre	3712	D	T	T
Place Croix du Sud	4	Rue du Compas - bâtiment pythagore	37	1	Dans le renfoncement, à droite, sous la toiture	3713	G	T	T
Place Croix du Sud	4	Carnoy b	38	1	Sous un balcon côté Rue de la Croix du Sud/Bâtiment Sud03	3811	1er	T	T
Place Croix du Sud	4	Carnoy b	38	1	Sous un balcon côté Rue de la Croix du Sud/Bâtiment Sud03	3812	1er	T	T
Place Croix du Sud	4	Carnoy b	38	1	Sous un balcon côté Rue de la Croix du Sud/Bâtiment Sud03	3813	3ème	T	T
Place Croix du Sud	4	Kellner	39	1	Sous un balcon côté Rue Adolphe Quételet/Serres	3911	3ème	C 5/6	C 5/6
Place Croix du Sud	4	Kellner	39	1	Sous un balcon côté Rue Adolphe Quételet/Serres	3912	3ème	T	T
Place Croix du Sud	4	Kellner	39	2	Sous un balcon côté Rue de la Croix du Sud/Serres	3921	3ème	T	T
Place Croix du Sud	4	Kellner	39	2	Sous un balcon côté Rue de la Croix du Sud/Serres	3922	3ème	T	T
Place Croix du Sud	4	Kellner	39	3	Sous un balcon côté Rue de la Croix du Sud/Carnoy c	3931	2ème	T	T
Place Croix du Sud	4	Kellner	39	3	Sous un balcon côté Rue de la Croix du Sud/Carnoy c	3932	3ème	T	T
Place Croix du Sud	4	Kellner	39	3	Sous un balcon côté Rue de la Croix du Sud/Carnoy c	3933	3ème	T	T
Place Croix du Sud	4	Kellner	39	4	Sous un balcon côté Rue Adolphe Quételet/Bâtiment de Serres	3941	1er	T	T
Place Croix du Sud	4	Kellner	39	4	Sous un balcon côté Rue Adolphe Quételet/Bâtiment de Serres	3942	2ème	T	T
Place Croix du Sud	4	Kellner	39	4	Sous un balcon côté Rue Adolphe Quételet/Bâtiment de Serres	3943	2ème	T	T
Place Croix du Sud	4	Kellner	39	4	Sous un balcon côté Rue Adolphe Quételet/Bâtiment de Serres	3944	2ème	T	T
Place Croix du Sud	4	Kellner	39	4	Sous un balcon côté Rue Adolphe Quételet/Bâtiment de Serres	3945	3ème	T	T
Place Croix du Sud	4	Kellner	39	4	Sous un balcon côté Rue Adolphe Quételet/Bâtiment de Serres	3946	3ème	T	T
Place Croix du Sud	4	Kellner	39	4	Sous un balcon côté Rue Adolphe Quételet/Bâtiment de Serres	3947	3ème	T	T
Place Croix du Sud	4	Kellner	39	4	Sous un balcon côté Rue Adolphe Quételet/Bâtiment de Serres	3948	3ème	T	T
Place Croix du Sud	4	Bâtiment Boltzmann	42	1	Sous un balcon du bâtiment Boltzmann, face au bâtiment Sud05	4211	2ème	T	T
Place Croix du Sud	4	Bâtiment Boltzmann	42	1	Sous un balcon du bâtiment Boltzmann, face au bâtiment Sud05	4212	2ème	T	T
Place Croix du Sud	4	Bâtiment Boltzmann	42	2	Adroite, face perpendiculaire du balcon	4221	3ème	C 1/2	C 1/2

Annexe F : A. Entouré en rouge ébauche de nid qui n'est pas considéré comme trace en fin de saison – B. Boue noire au sol sous les ébauches de nids, réparations et construction.



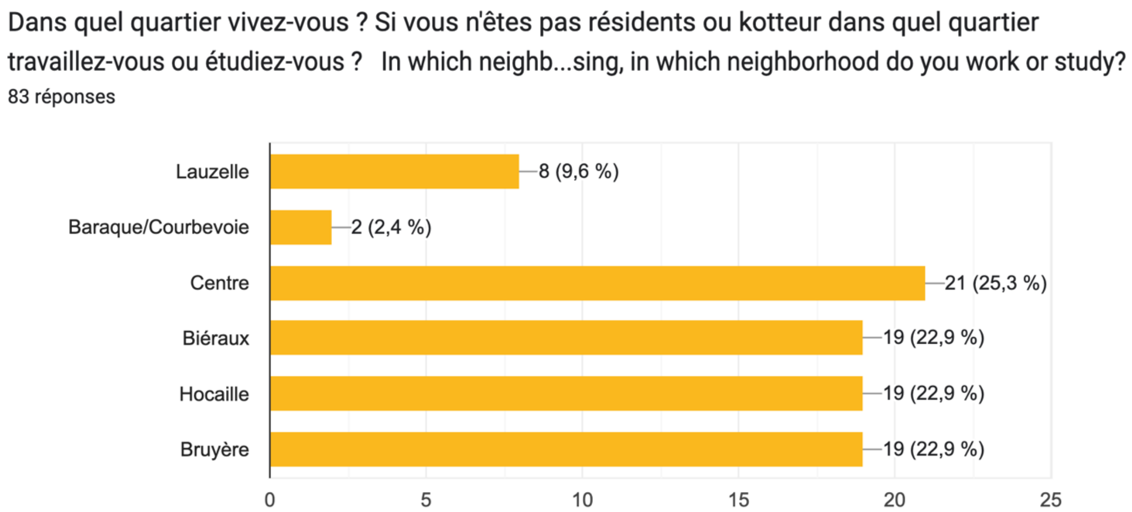
Annexe G Détail de la reclassification des changements d'états des nids naturels

Numéro	Etat_initial	Etat_final	Reclass_ini	Reclass_final	Final_Initial
111	E	C1/10	E	P	E P
112	C 3/4	C1/4	L	P	L P
113	T	E	T	E	T E
114	T	E	T	E	T E
115	C 1/3	E	M	E	M E
116	C 1/5	E	P	E	P E
117	E	C1/10	E	P	E P
118	C 3/4	E	L	E	L E
118a	NA	T	NA	T	NA T
118b	NA	T	NA	T	NA T
119	T	E	T	E	T E
119a	C 1/3	C2/3	M	L	M L
119b	C 1/5	C1/10	P	P	P P
119c	C 1/3	C5/6	M	F	M F
119d	NA	E	NA	E	NA E
121	NA	C1/10	NA	P	NA P
211	T	E	T	E	T E
212	T	T	T	T	T T
213	T	T	T	T	T T
214	T	T	T	T	T T
221	T	T	T	T	T T
311	E	E	E	E	E E
312	E	E	E	E	E E
321	T	T	T	T	T T
322	T	T	T	T	T T
323	E	C5/6	E	F	E F
411	E	E	E	E	E E
511	E	E	E	E	E E
512	T	T	T	T	T T
611	T	T	T	T	T T
612	E	E	E	E	E E
613	C 1/5	C1/3	P	M	P M
614	C 1/4	E	P	E	P E
615	T	T	T	T	T T
616	T	T	T	T	T T
621	T	T	T	T	T T
631	T	T	T	T	T T
632	T	T	T	T	T T
633	E	E	E	E	E E
641	C5/6	C5/6	F	F	F F
642	E	E	E	E	E E
643	E	E	E	E	E E
644	C 3/4	C5/6	L	F	L F
645	T	T	T	T	T T
651	E	C1/10	E	P	E P
711	T	T	T	T	T T
712	E	E	E	E	E E
713	T	T	T	T	T T
721	E	C1/10	E	P	E P
731	E	E	E	E	E E
732	C5/6	C5/6	F	F	F F
741	T	T	T	T	T T
742	T	T	T	T	T T
743	T	T	T	T	T T
744	T	T	T	T	T T
751	T	T	T	T	T T
752	E	E	E	E	E E
753	E	T	E	T	E T
811	T	T	T	T	T T
812	E	E	E	E	E E
911	E	E	E	E	E E
912	E	E	E	E	E E
913	E	E	E	E	E E
1011	E	E	E	E	E E
1022	T	C1/4	T	P	T P
1111	C 5/6	C5/6	F	F	F F
1112	T	T	T	T	T T

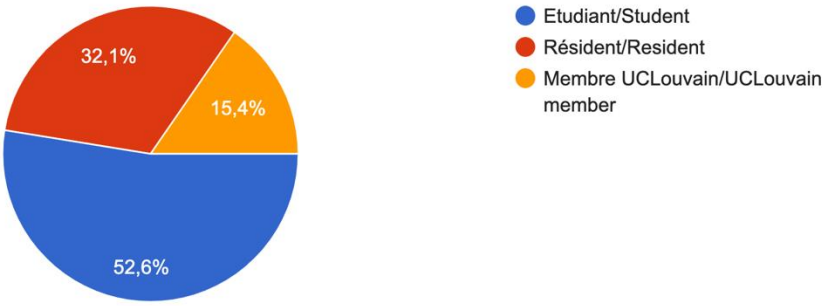
1311	T	C5/6	T	F	T F
1312	T	T	T	T	T T
1313	E	T	E	T	E T
1314	T	T	T	T	T T
1315	T	T	T	T	T T
1316	C 1/7	C5/6	P	F	P F
1317	T	T	T	T	T T
1411	T	C5/6	T	F	T F
1412	T	T	T	T	T T
1421	E	E	E	E	E E
1422	E	C1/10	E	P	E P
1511	C 1/2	C1/2	M	M	M M
1512	E	E	E	E	E E
1521	T	T	T	T	T T
1522	C 3/4	C5/6	L	F	L F
1531	T	T	T	T	T T
1532	C 3/4	C5/6	L	F	L F
1533	C 1/2	C1/2	M	M	M M
1534	E	E	E	E	E E
1535	C 1/5	E	P	E	P E
1541	T	T	T	T	T T
1542	C 3/4	E	L	E	L E
1543	T	T	T	T	T T
1611	E	E	E	E	E E
1621	T	T	T	T	T T
1622	T	T	T	T	T T
1631	C 1/3	E	M	E	M E
1632	C 1/3	C1/10	M	P	M P
1711	T	T	T	T	T T
1712	T	T	T	T	T T
1713	T	T	T	T	T T
1714	T	T	T	T	T T
1715	T	T	T	T	T T
1716	T	T	T	T	T T
1717	T	T	T	T	T T
1718	T	T	T	T	T T
1719	T	T	T	T	T T
1719a	T	T	T	T	T T
1719b	T	T	T	T	T T
1721	C 1/5	C1/5	P	P	P P
1722	E	E	E	E	E E
1723	C 3/4	C3/4	L	L	L L
1724	C 1/2	C1/2	M	M	M M
1731	C 1/4	C1/4	P	P	P P
1811	T	T	T	T	T T
1812	C 1/3	C1/3	M	M	M M
1813	C 1/2	C1/2	M	M	M M
1821	T	T	T	T	T T
1822	T	T	T	T	T T
1823	C 5/6	C5/6	F	F	F F
1824	T	T	T	T	T T
1911	T	T	T	T	T T
1912	T	T	T	T	T T
1913	T	T	T	T	T T
2011	T	T	T	T	T T
2012	T	T	T	T	T T
2013	E	E	E	E	E E
2014	T	T	T	T	T T
2015	T	T	T	T	T T
2021	T	T	T	T	T T
2022	E	C1/10	E	P	E P
2023	T	T	T	T	T T
2024	E	E	E	E	E E
2111	C 1/2	C1/2	M	M	M M
2112	C 1/2	C1/4	M	P	M P
2113	C 1/10	E	P	E	P E
2114	C 1/5	C1/10	P	P	P P
2115	E	E	E	E	E E
2116	T	T	T	T	T T
2117	T	T	T	T	T T
2118	T	T	T	T	T T
2119	T	T	T	T	T T
2119a	T	T	T	T	T T
2119b	T	T	T	T	T T
2119c	T	T	T	T	T T
2119d	T	T	T	T	T T
2119e	T	T	T	T	T T

2131	T	T	T	T	T T
2132	T	T	T	T	T T
2133	T	T	T	T	T T
2134	T	T	T	T	T T
2135	T	T	T	T	T T
2136	T	T	T	T	T T
2137	T	T	T	T	T T
2138	T	T	T	T	T T
2139	T	T	T	T	T T
2151	E	C1/10	E	P	E P
2152	C 5/6	C5/6	F	F	F F
2153	C 5/6	C5/6	F	F	F F
2154	C 5/6	C5/6	F	F	F F
2211	C 3/4	C5/6	L	F	L F
2212	C 1/6	C1/6	P	P	P P
2213	T	T	T	T	T T
2214	E	C1/2	E	M	E M
2215	C 3/4	C1/2	L	M	L M
2221	C 2/3	C2/3	L	L	L L
2222	C 3/4	C5/6	L	F	L F
2223	C 3/4	C3/4	L	L	L L
2231	C5/6	C5/6	F	F	F F
2232	C 1/2	C1/2	M	M	M M
2233	C 2/3	C2/3	L	L	L L
2234	C 2/3	C2/3	L	L	L L
2235	C 1/2	C3/4	M	L	M L
2241	T	T	T	T	T T
2311	T	T	T	T	T T
2321	T	T	T	T	T T
2421	T	T	T	T	T T
2422	C 5/6	C5/6	F	F	F F
2431	C 3/4	C3/4	L	L	L L
2432	T	T	T	T	T T
2433	C 5/6	C5/6	F	F	F F
2434	T	T	T	T	T T
2435	T	T	T	T	T T
2511	C 5/6	C5/6	F	F	F F
2512	T	T	T	T	T T
2513	T	T	T	T	T T
2521	C 1/2	C5/6	M	F	M F
2522	C 5/6	C5/6	F	F	F F
2611	T	T	T	T	T T
2612	T	T	T	T	T T
2621	C5/6	C5/6	F	F	F F
2622	C5/6	T	F	T	F T
2623	T	T	T	T	T T
2624	T	T	T	T	T T
2711	T	T	T	T	T T
2712	C 3/4	C3/4	L	L	L L
2721	E	E	E	E	E E
2811	T	T	T	T	T T
2812	T	T	T	T	T T
2821	T	T	T	T	T T
2722	T	T	T	T	T T
2851	C 5/6	C5/6	F	F	F F
2852	E	C1/10	E	P	E P
2853	T	T	T	T	T T
3321	T	T	T	T	T T
3411	E	E	E	E	E E
3431	E	E	E	E	E E
3432	E	E	E	E	E E
3433	C 1/10	C1/4	P	P	P P
3511	C 1/4	C 1/4	P	P	P P
3611	T	T			
3711	T	T	T	T	T T
3712	T	T	T	T	T T
3713	T	T	T	T	T T
3811	T	T	T	T	T T
3812	T	T	T	T	T T
3813	T	T	T	T	T T
3911	C 5/6	C 5/6			
3912	T	T			
3921	T	T			
3922	T	T			
3931	T	T			
3932	T	T			
3933	T	T			
3941	T	T			
3942	T	T			
3943	T	T			
3944	T	T			
3945	T	T			
3946	T	T			
3947	T	T			
3948	T	T			
4211	T	T	T	T	T T
4212	T	T	T	T	T T
4221	C 1/2	C 1/2	M	M	M M

Annexe H : Réponses à l'enquête publique.

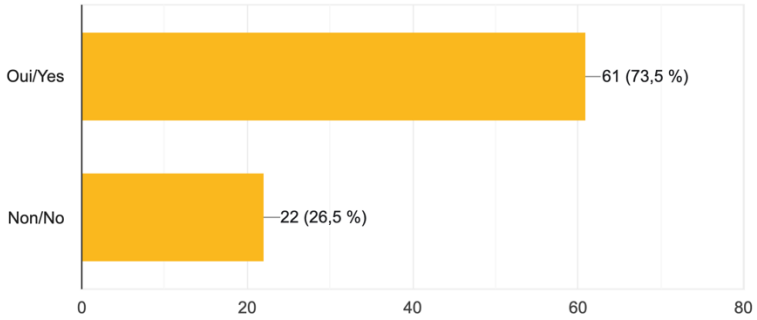


Qui êtes vous ? Who are you?
78 réponses

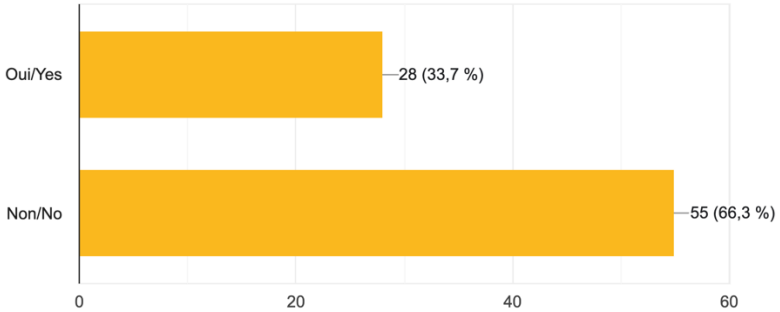


Note : Attention il manque 5 réponses, les 5 réponses manquantes sont des étudiants.

Êtes-vous conscient de la présence des hirondelles de fenêtres dans votre ville ? Are you aware of the presence of House Martins in your city?
83 réponses

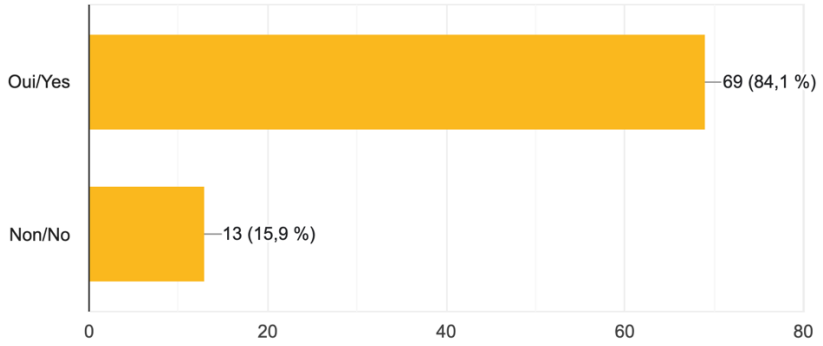


Connaissez-vous les habitudes migratoires des hirondelles de fenêtres qui nichent dans votre région ? Do you know the migratory habits of the House Martins that nest in your area?
83 réponses



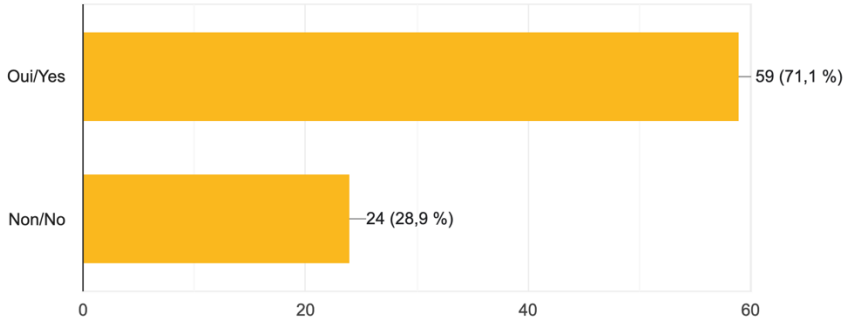
Savez-vous à quoi ressemble un nid d'hirondelle de fenêtre ? Do you know what a House Martin nest looks like?

82 réponses



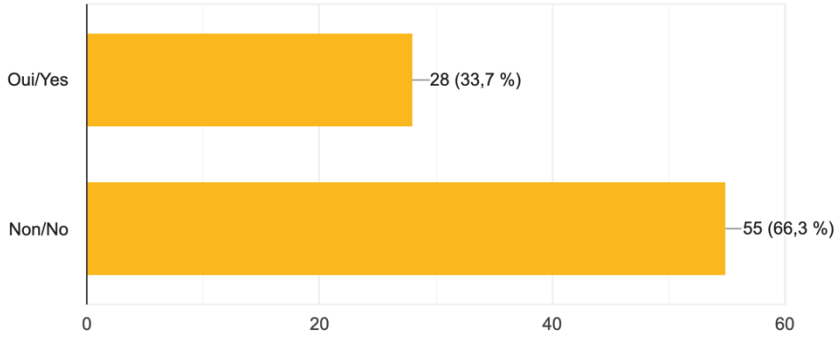
Avez-vous observé des nids d'hirondelles de fenêtres sur les bâtiments de LLN ? Have you observed House Martin nests on buildings in LLN?

83 réponses

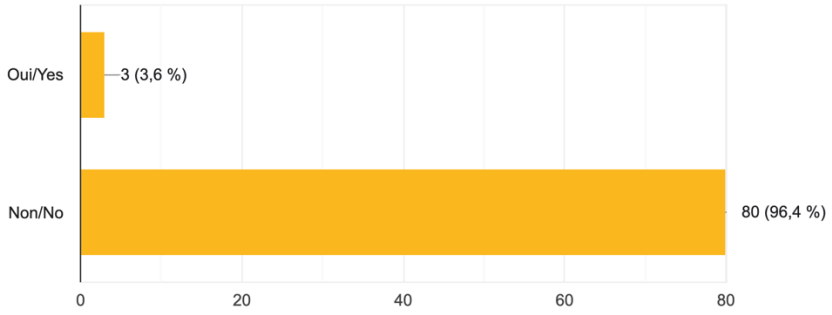


Avez-vous des idées sur la manière dont nous pourrions sensibiliser davantage les habitants de LLN à l'importance des hirondelles de fenêtres ? Do ... residents about the importance of House Martins?

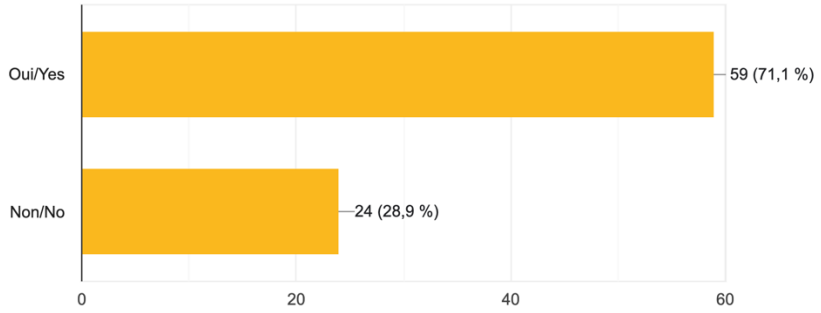
83 réponses



Avez-vous rencontré des problèmes ou des obstacles liés à la cohabitation avec les hirondelles de fenêtres dans votre quartier ? Have you encount...existing with House Martins in your neighborhood?
83 réponses



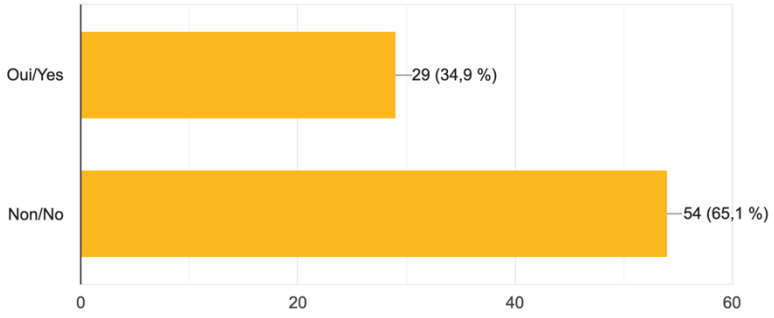
Seriez-vous disposé.e à participer à des initiatives locales visant à préserver les sites de nidification des hirondelles de fenêtres à LLN ? Would you b... at preserving House Martin nesting sites in LLN?
83 réponses



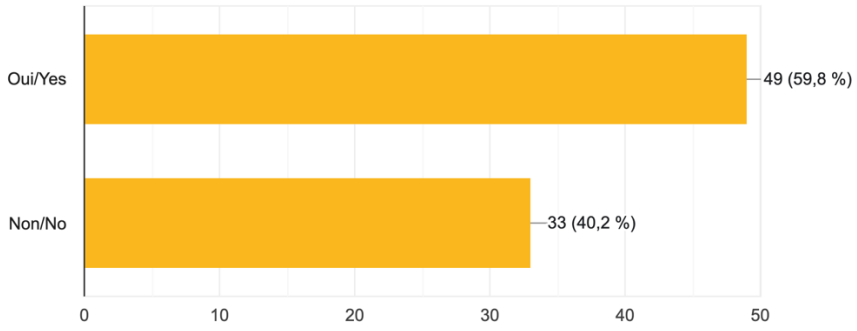
Quartier	Question 12	Question 13
Lauzelle	1	1
Baraque/Courbevoie	1	0
Centre	11	5
Biérau	7	1
Hocaille	9	0
Bruyère	5	2

Note : Nombre de personnes ayant répondu Oui aux réponses par quartier.

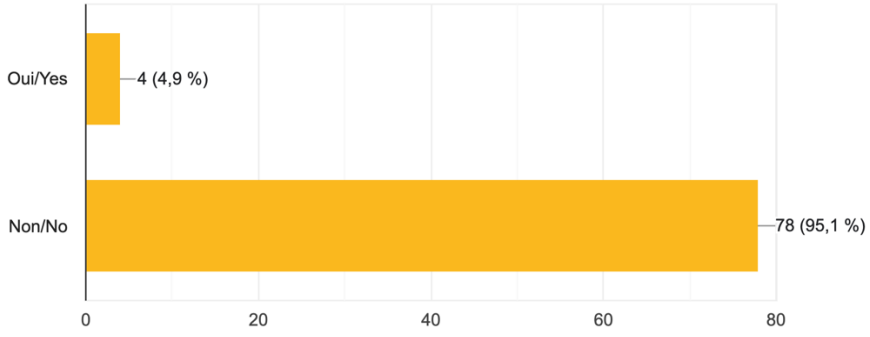
Êtes-vous familier avec l'existence de bacs à boue spécialement conçus pour la conservation des hirondelles de fenêtres à LLN ? Are you familiar...lly designed for House Martin conservation in LLN?
83 réponses



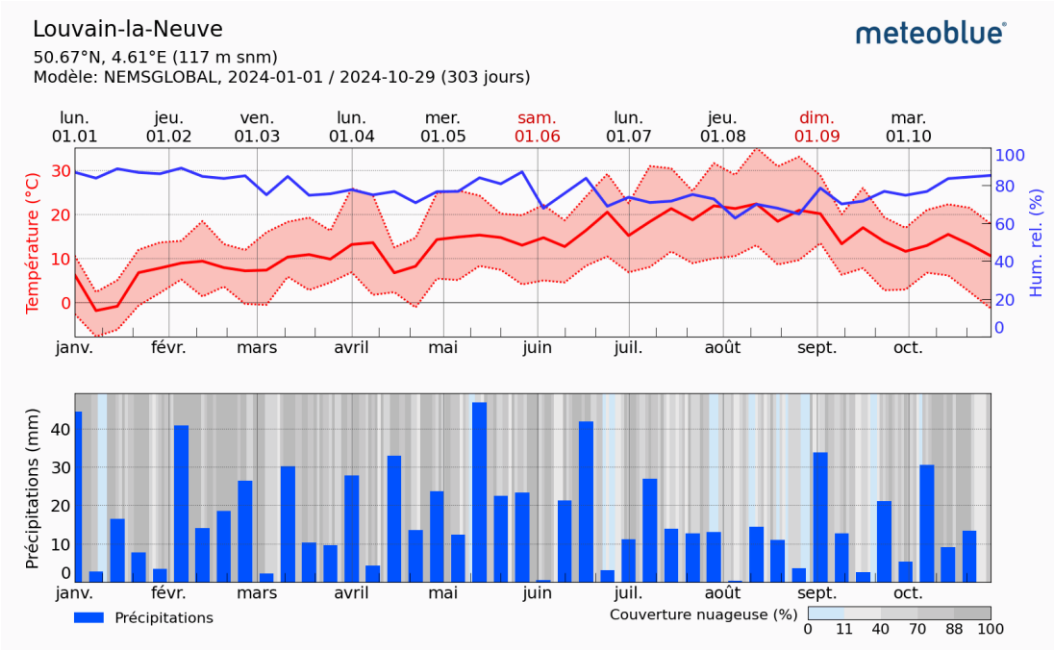
Seriez-vous prêt à investir un peu de votre temps à installer ou entretenir des bacs à boue pour soutenir les hirondelles de fenêtres ? Would yo...or maintain mud buckets to support House Martins?
82 réponses



Trouvez-vous subjectivement que les bacs à boue perturbent le paysage urbain ? Do you subjectively find that mud buckets disrupt the urban landscape?
82 réponses



Annexe I : Bilan météo de janvier à mi-octobre 2024 (meteoblue).



Annexe J Détail des conseils de T. Debonnet, communication personnelle 2024.

Lors de la dernière sécheresse du printemps (les années 2019-2020-2022), j'ai remarqué que les hirondelles de notre village ne trouvaient plus de boue naturelle pour construire leur nid. Cela m'a amené à expérimenter avec des petits bacs à boue dans les gouttières près de ma colonie. Il a fallu un certain temps avant que le premier arrive, mais finalement toutes les hirondelles y sont venues. J'ai utilisé de petits bacs, peu profonds dans lesquels j'ai mélangé de la terre argileuse avec des brins d'herbe et de la paille sèche autour. Je devais les garder humides plusieurs fois par jour. J'ai également fait la même chose sur le rebord de la fenêtre avec des récipients provenant de bacs à fleurs. Les hirondelles se dirigèrent alors vers le rebord de la fenêtre. Vous trouverez ci-dessous quelques vidéos des deux systèmes :

https://youtube.com/shorts/pvsEy97xRyQ?si=Vhvg1fmztKtSji-t

https://youtu.be/hfhR_yW_BPQ?si=IjkLmIEieeClMUiZ

Je pense que le succès dépend de la profondeur. Cela ne devrait pas être trop profond. Je ne pense pas non plus que la superficie devrait être trop grande.