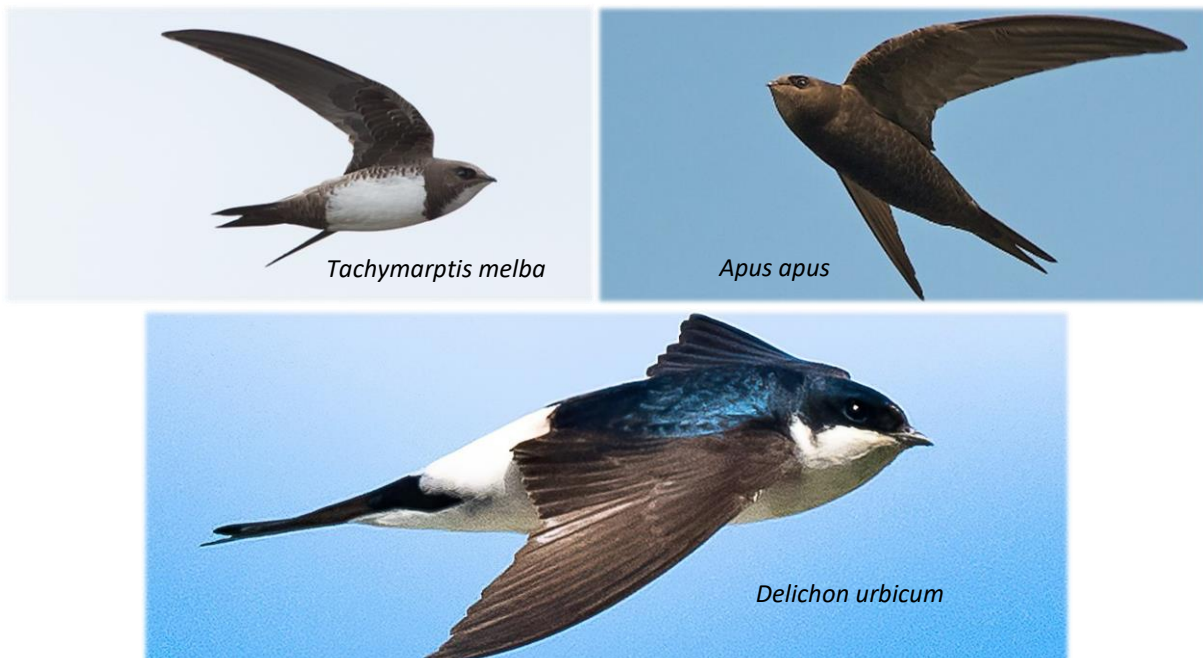




Mémoire UE « Stage »

Comprendre l'utilisation de l'espace urbain par les hirondelles et les martinets de la métropole de Lyon, en période de reproduction/nidification



Remerciements

Je tiens d'abord à remercier Nélia DUPIRE, chargée de mission Nature et Biodiversité à la Métropole de Lyon, qui m'a permis de réaliser ce stage dans les meilleures conditions, et a encadré et suivi mon travail durant toute la durée de ce dernier.

Mes remerciements vont ensuite à Cyrille FREY, chargé de mission chez la LPO Rhône, qui m'a apporté son expertise sur les espèces étudiées et leur écologie en milieu urbain, me permettant d'améliorer mes propres connaissances sur le sujet. Son aide m'a également été précieuse pour réaliser les suivis des colonies d'hirondelles, ainsi que pour la réalisation de ce mémoire.

Enfin, je remercie Thierry LENGAGNE, président territorial de la LPO Ain et chercheur au LEHNA/CNRS, d'avoir accepté d'endosser le rôle de tuteur pédagogique pour ce stage.

I – Introduction

Sur le territoire français, les hirondelles et martinets sont intégralement protégés par la loi. Cependant, ils subissent un déclin important : depuis 30 ans on estime avoir perdu 30% des hirondelles et jusqu'à 48% des martinets en Auvergne-Rhône-Alpes. Plus localement, et notamment dans la métropole de Lyon, ces tendances sont similaires : l'Hirondelle de fenêtre a presque déserté Lyon et l'Hirondelle rustique est au bord de l'extinction dans la métropole, de par ses exigences écologiques incompatibles avec l'urbanisation intense de la ville (terres agricoles et zones humides pour se nourrir, granges et étables pour nidifier). Ses besoins en termes d'habitat sont bien connus et ne nécessitent pas d'investigations supplémentaires pour la mise en place de mesures de protection. Les deux espèces de martinets se portent mieux sur le territoire mais le Martinet noir est en déclin au plan national, tandis que le Martinet à ventre blanc présente, dans le Rhône et la métropole de Lyon, un cas rare en France d'adaptation au milieu urbain. Ces deux espèces représentent donc un fort enjeu de conservation, ainsi que l'Hirondelle de fenêtre qui reste présente localement, en faible effectifs, et dont l'écologie est compatible avec la vie en ville, à condition d'avoir un accès direct à l'espace aérien et d'y trouver les ressources alimentaires et de construction du nid nécessaires (A. Turner, 1989 ; Avibase, 2003). De plus, les populations françaises s'imposent comme un enjeu de conservation important au niveau mondial pour l'espèce, représentant plus de 5% de la population Européenne, et en déclin de près de 20% sur le territoire français (IUCN Red List, 2020). Ce déclin des effectifs et aires de répartition est lié à plusieurs facteurs : la disparition de 80 % de l'entomofaune en 30 ans, nourriture exclusive des martinets et hirondelles, l'utilisation massive de pesticides qui, en plus de réduire le nombre d'insectes, peuvent empoisonner les oiseaux, la destruction des nids malgré le statut de protection des espèces, ainsi que la réfection des bâtiments et la modernisation des constructions, réduisant les possibilités de nidification de ces espèces (Grand Lyon, 2023).

Cette étude se concentre donc sur ces 3 espèces : le Martinet noir (*Apus apus*), le Martinet à ventre blanc (*Tachymarptis melba*) et l'Hirondelle de fenêtre (*Delichon urbicum*). L'objectif est d'améliorer la compréhension de l'utilisation de l'espace urbain et des préférences écologiques de ces espèces dans la métropole, afin de proposer des mesures de protection/conservation adaptées et efficaces pour les populations lyonnaises. Plusieurs variables d'habitat ont été considérées dans les analyses, en fonction des comportements connus des espèces : âge, hauteur et densité du bâti pour les martinets, ayant besoin d'anfractuosités



Figure 1 : Exemple d'habitat favorable à la présence et nidification de l'Hirondelle rustique



Figure 2 : Exemple de bâtiment ancien à Lyon (construction avant 1900) comportant des anfractuosités



Figure 3 : Martinet noir nichant dans une anfruosité

(beaucoup plus présentes sur des bâtiments anciens) et de bâtiments hauts pour nidifier, puis l'ajout du type de toit (plan ou non, une avancée étant nécessaire à la construction du nid), de la proximité à l'eau (accès aux proies et à la boue pour construire le nid) et des strates végétales présentes pour les hirondelles. On s'attend d'après la bibliographie à une utilisation préférentielle des bâtiments hauts et anciens par les martinets, en zones de densité importante de bâti, et de bâtiments présentant un toit classique avec avancée, proches de l'eau, avec des arbres et arbustes à proximité pour les hirondelles (*P. Géroudet, 1998 ; BirdLife, 2023*).

II – Matériels et Méthodes

Les données de comptage des effectifs des 3 espèces ont été effectuées notamment par des membres de la LPO Auvergne Rhône-Alpes, entre 2009 et 2022 sur les colonies de la métropole de Lyon, et de manière moins exhaustive (effort de prospection plus faible) dans le reste de la région autour. Ces données ont été récupérées sous forme de couche Shapefile et chargées sur le logiciel QGIS 3.16, puis exportées sur un tableau Excel pour les analyses statistiques à venir. Le même cheminement a été réalisé pour les couches de caractéristiques d'habitat : couches d'âge et hauteur du ou des bâtiments occupés par la colonie, densité de bâti sur la parcelle occupée (= nombre de bâtiments / surface de la parcelle) pour les deux espèces de martinets ; le type de toit (plan ou non plan), la proximité à l'eau ainsi que les strates végétales présentes à proximité ont été ajoutés pour les analyses portant sur les hirondelles. Le choix d'ajouter le type de toit s'est porté sur la nécessité d'un avant-toit ou autre protection supérieure (corniche, embrasure de fenêtre) pour la construction du nid, l'ajout de la proximité à l'eau représente un potentiel accès aux matériaux de construction du nid comme la boue, ainsi qu'à une plus grande présence d'insectes à chasser. Les strates végétales sont également prises en compte en tant que bon indicateur de présence d'arthropodes et autres proies, en particulier les strates arbustives et arborescentes, représentant les zones de chasse des Hirondelles de fenêtre (canopée urbaine...). L'indicateur de densité a par contre été retiré des analyses, à cause de sa précision limitée et de son inadéquation avec les données réellement observées (limitation technique des couches QGIS nécessitant des chargements de plusieurs heures pour charger une couche de densité de bâti précise et juste). Ce problème sera rediscuté dans les résultats. Toutes les couches utilisées ont été restreintes au territoire de la métropole uniquement, car principale zone d'intérêt de l'étude et restriction de la taille de zone géographique analysée nécessaire afin de limiter le



Figure 4 : Exemple de bâtiment favorable à la nidification de l’Hirondelle de fenêtre (Décines, gauche) et individu récoltant de la boue nécessaire à la construction du nid (droite)

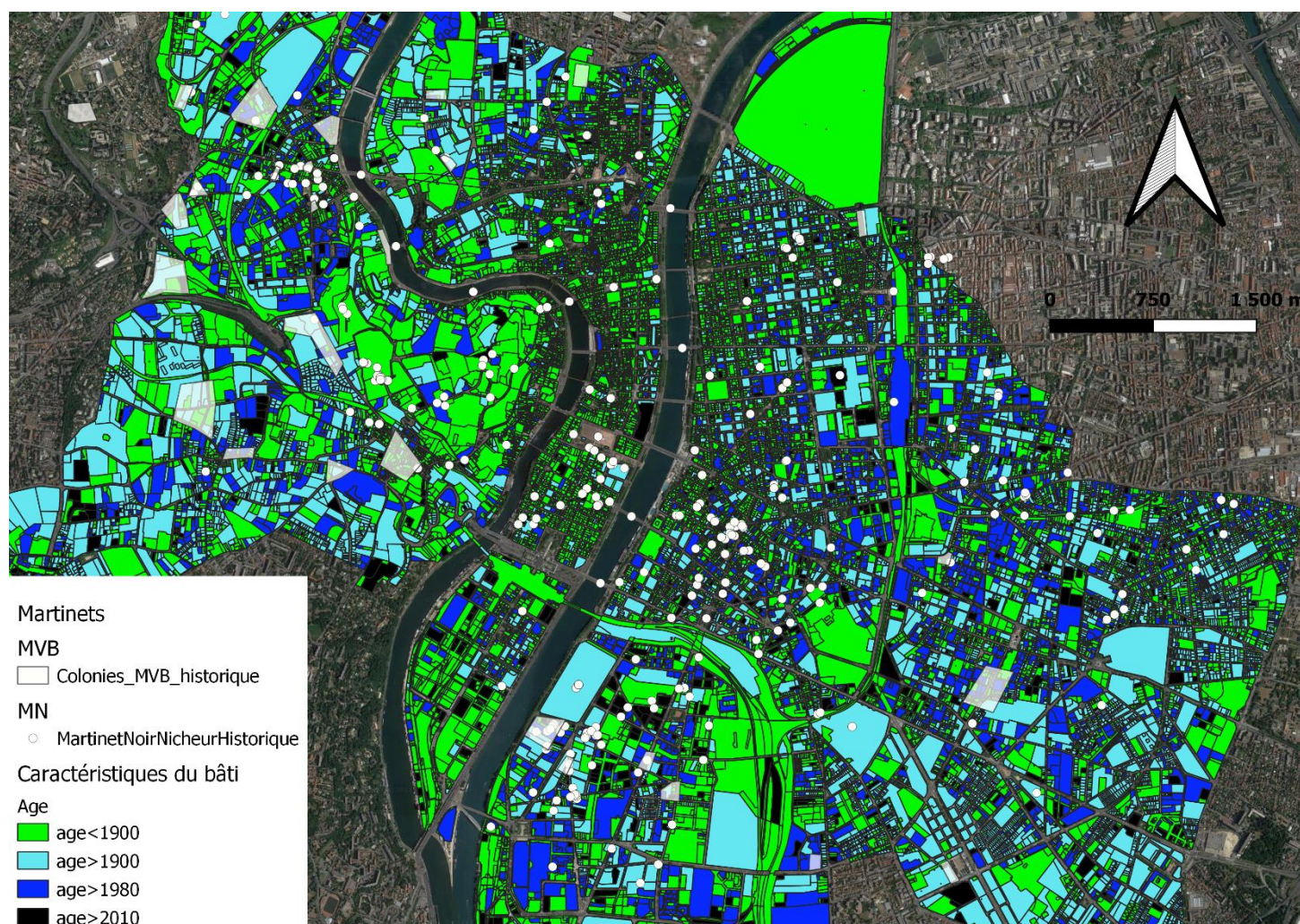


Figure 5 : Carte de la métropole avec les couches de comptage des colonies de Martinets noirs (MN) et à ventre blanc (MVB), ainsi que la couche d’âge des bâtiments ici en exemple (composition similaire pour hauteur et densité non affichées ici)

temps de chargement des différentes couches et traitements sur le logiciel. Pour les analyses portant sur le Martinet noir, 122 colonies présentes dans la métropole et d'effectif supérieur ou égal à 10 individus (seuil minimum de colonie établi d'après la bibliographie) ont été prises en compte. Pour le Martinet à ventre blanc, seulement 16 colonies d'effectif supérieur ou égal à 10 ont été dénombrées, et donc analysées ici. Les données d'effectifs par colonie avec les caractéristiques d'habitat correspondantes aux parcelles occupées ont été regroupées dans un tableau Excel. Des tests de corrélation 2 à 2 ont été effectués entre effectifs et variables environnementales, les données regroupées par classes d'âge, de hauteur et de densité seront présentées sous forme d'histogrammes produits à partir de tableaux croisés dynamiques. Ces classes seront expliquées et légendées dans la partie résultats. Une cartographie de favorabilité d'habitat pour les deux espèces a ensuite été réalisée sur QGIS, à partir de ces résultats ainsi que ceux des analyses statistiques effectuées sur le logiciel RStudio : une ACP et un diagramme de Pareto ont été réalisés pour les données complètes, puis un modèle linéaire (LM) a été construit, avec pour variable réponse les effectifs et variables explicatives l'âge, la hauteur et la densité. Le VIF a été estimé pour détecter une éventuelle colinéarité entre les variables explicatives, puis des ANOVAs de type I et III (test non séquentiel, ne dépendant pas de l'ordre d'entrée, permettant de contrer une colinéarité des variables) ont été réalisées. La cartographie de favorabilité obtenue pourra être utilisée comme support de décision pour d'éventuelles mesures de protection/conservation futures, favorisant l'établissement et la croissance des colonies de martinets noirs et à ventre blanc sur la métropole de Lyon et autres grandes villes. Les mêmes méthodes et tests ont été effectués sur les colonies d'Hirondelles de fenêtre, mais le manque de données d'effectifs, en particulier sur la métropole, ne suffisent pas à une analyse quantitative satisfaisante et robuste. Une analyse qualitative est alors préférée pour cette espèce, avec une comparaison entre des sites hors métropole abritant des colonies d'effectifs importants comme la colonie de Décines-Charpieu (effectif >50 les années précédentes) et des sites moins propices à son établissement et sa prolifération (effectifs ~10), comme la colonie du pont de Lattre de Tassigny, ou de Saint-Jean-de-Dieu, dans la métropole de Lyon. Une comparaison des caractéristiques d'habitats (proximité à l'eau, végétation, bâtiments) a donc été réalisée, afin de mettre en évidence les facteurs déterminants dans l'établissement et la croissance de l'espèce sur le territoire. Les suivis et comptages des individus des colonies ont été réalisés pendant le mois de Mai, avec un comptage par semaine à partir de la deuxième semaine, donc un total de 3 comptages sur la période (sauf colonie du pont de Lattre). Une cartographie d'habitats favorables pour l'Hirondelle de fenêtre sur la métropole de Lyon a ensuite également été créée sur QGIS.



Figure 6 : Colonies de Décines-Charpieu (gauche) et Décines-Montabérlet (droite)

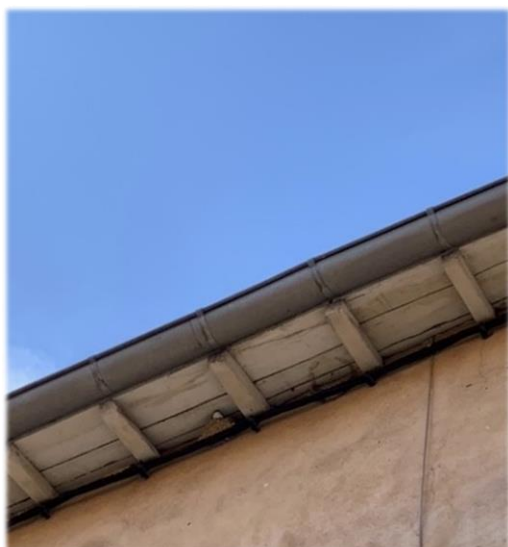


Figure 7 : Nids au sein des colonies de Neuville-sur-Saône (gauche) et Rillieux-la-Pape (droite)



Figure 8 : Les deux dernières colonies d'Hirondelles de fenêtre de la métropole : celle de Saint-Jean-de-Dieu (gauche), et celle du Pont de Lattre de Tassigny (droite)

III – Résultats

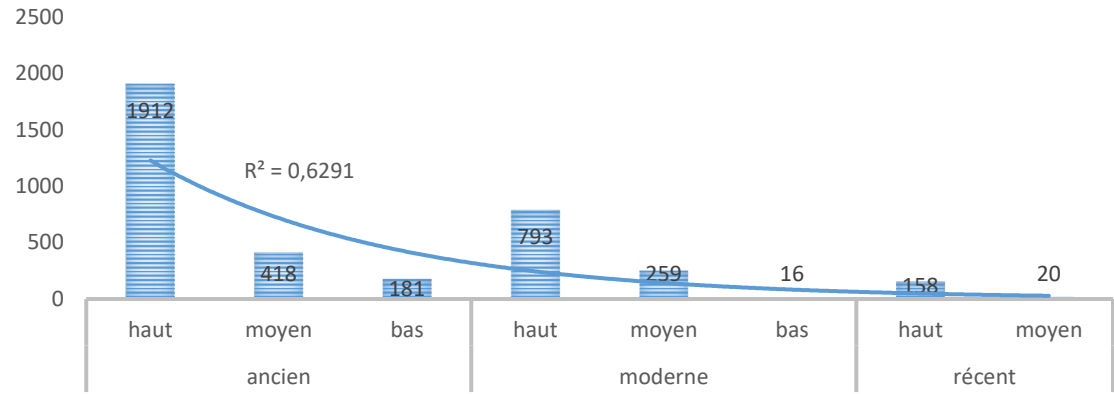
1. Martinets noirs

Sur le logiciel QGIS, les couches d'âge, de hauteur et de densité de bâti ont été fusionnées par jointure attributaire (avec champ commun d'identifiant des parcelles) puis superposées à la couche de données de comptage (MN), pour enfin réaliser une symbologie par ensemble de règles, permettant de prendre en compte les 3 variables dans la nouvelle couche de favorabilité d'habitat à créer. Les variables considérées comme favorables s'appuient sur des corrélations linéaires entre effectifs de martinets et âge/hauteur du bâti (*Graphique 1*), regroupés en 3 seuils : pour l'âge des bâtiments, les seuils ont été définis d'après la littérature sur la métropole de Lyon, avec une modernisation des bâtiments à partir de 1900, puis la constructions de bâtiments souvent vitrés et présentant des toits plans à partir de 1980, tendance s'accroissant depuis les années 2000, et nettement majoritaire depuis 2010. Pour la hauteur des bâtiments, toujours d'après la littérature, les Martinets noirs nichent à partir de 5m de hauteur, mais une hauteur de 10m ou plus est préférée. Les corrélations ont démontré la même chose. La significativité de l'effet de ces variables sur les effectifs a été testée en créant un modèle linéaire, puis un test d'ANOVA I : l'âge et la hauteur présentent tous deux un effet significatif (p-values respectives de 2.746×10^{-6} et 0.009, significatives avec un seuil alpha de 0.05). L'ANOVA III a obtenu des valeurs de p-values proches (1.718×10^{-7} pour l'âge, 0.002 pour la hauteur) ; résultats bruts en *Annexe 1*. Le VIF a été calculé pour vérifier l'absence de colinéarité entre les 3 variables explicatives, qui a effectivement permis de conclure sur une non colinéarité, avec des valeurs très proches de 1 (*Annexe 2*).

Une ACP et un diagramme de Pareto ont également été réalisés, malgré un nombre faible de 3 variables, l'âge et la hauteur expliquent plus de 90% des variations d'effectifs (*Graphique 2*).



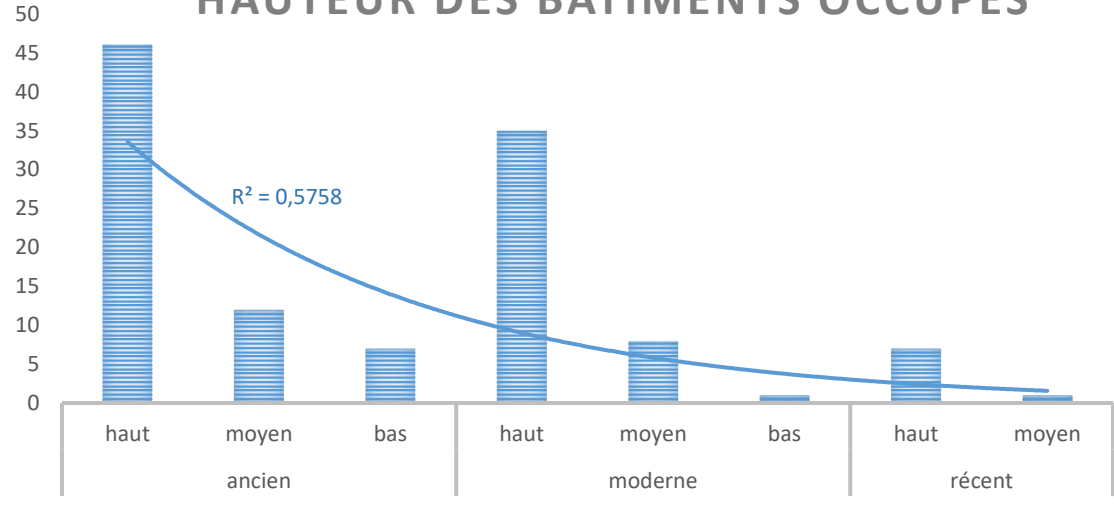
SOMME DES EFFECTIFS PAR COLONIE / ÂGE ET HAUTEUR DES BÂTIMENTS OCCUPÉS



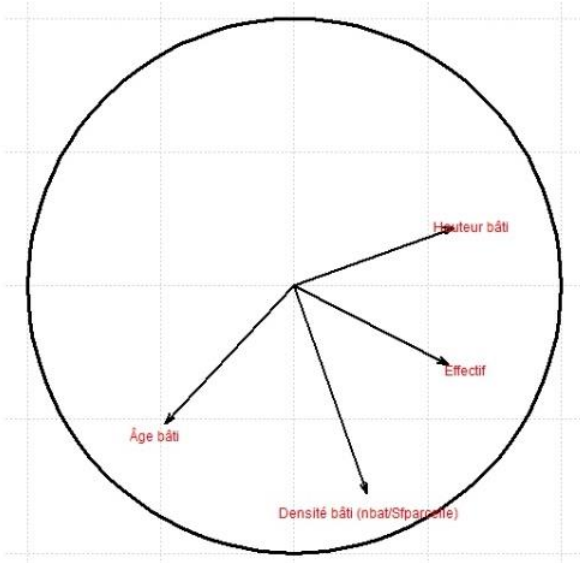
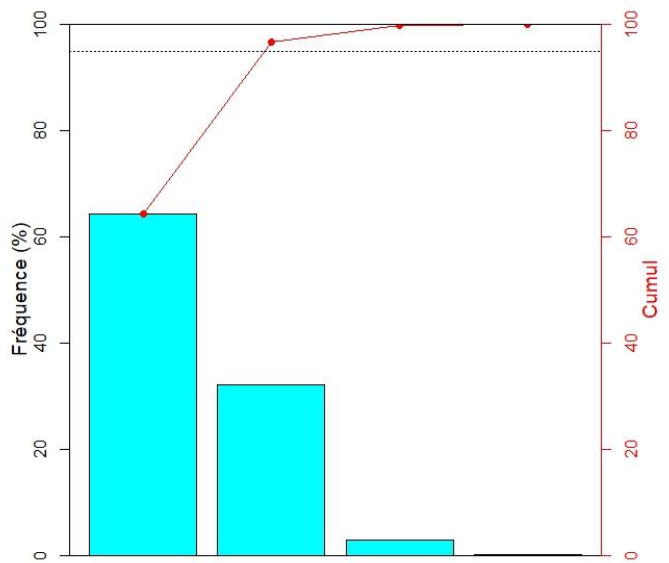
Légende :

- Âge : Ancien = <1900
- Moderne = 1900<âge<1980
- Récent = 1980<âge<2010
- Actuel = >2010
- Hauteur : Haut = >10m
- Moyen = 5<H<10m
- Bas = 0<H<5m
- Densité : Nulle/faible = ~0
- Moyenne = 0<D<0.01
- Forte = 0.01<D<1

NOMBRE DE COLONIES / ÂGE ET HAUTEUR DES BÂTIMENTS OCCUPÉS



Graphique 1 : Corrélations entre effectifs ou nombre de colonies et âge et hauteur des bâtiments



Graphique 2 : Diagramme de Pareto et ACP

La cartographie d'habitats favorables a enfin pu être réalisée d'après les résultats significatifs obtenus (*Figure 9*).

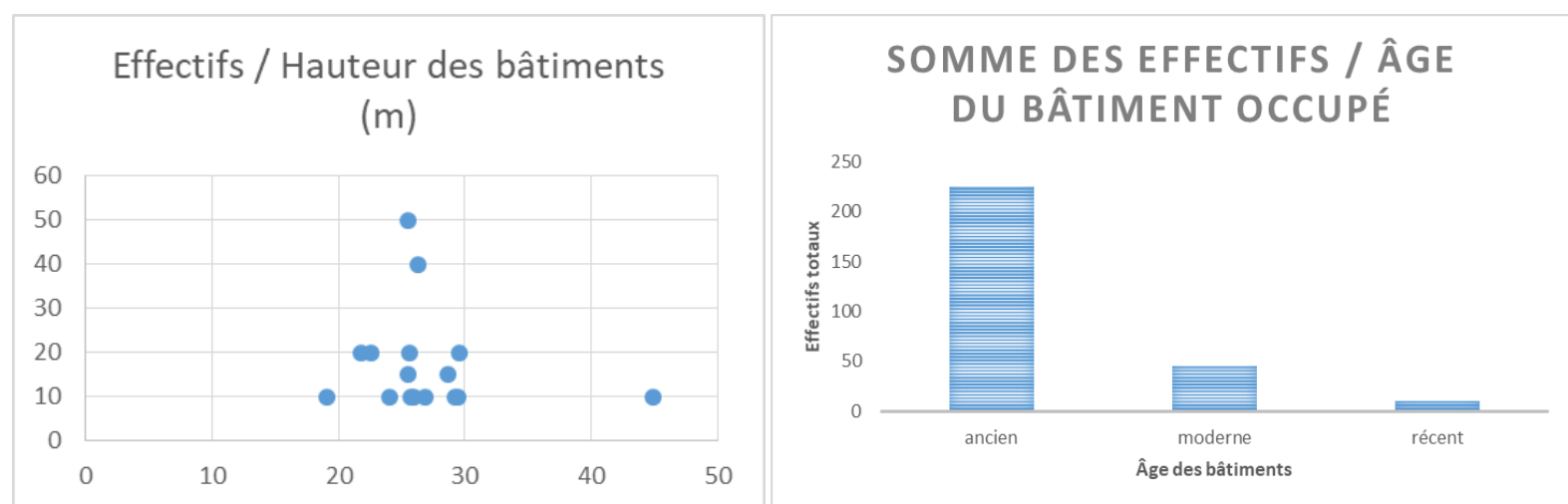


2. Martinets à ventre blanc

Les mêmes corrélations ont été réalisées pour cette espèce (*Graphique 3*), avec cette fois une différence par rapport à la littérature mise en évidence : le seuil minimum de hauteur des nids dans la métropole se situant à 20m plutôt que 10. Les ANOVAs n'ont pas mis en évidence d'effet significatif des variables d'âge et de hauteur sur les effectifs ($p\text{-values} > 0.05$, voir *Annexe 3*). Le VIF permet ici aussi de conclure sur une non-colinéarité de ces variables (*Annexe 4*).



Figure 9 : Cartographie d'habitats favorables pour le Martinet noir (*Apus apus*) dans la métropole de Lyon



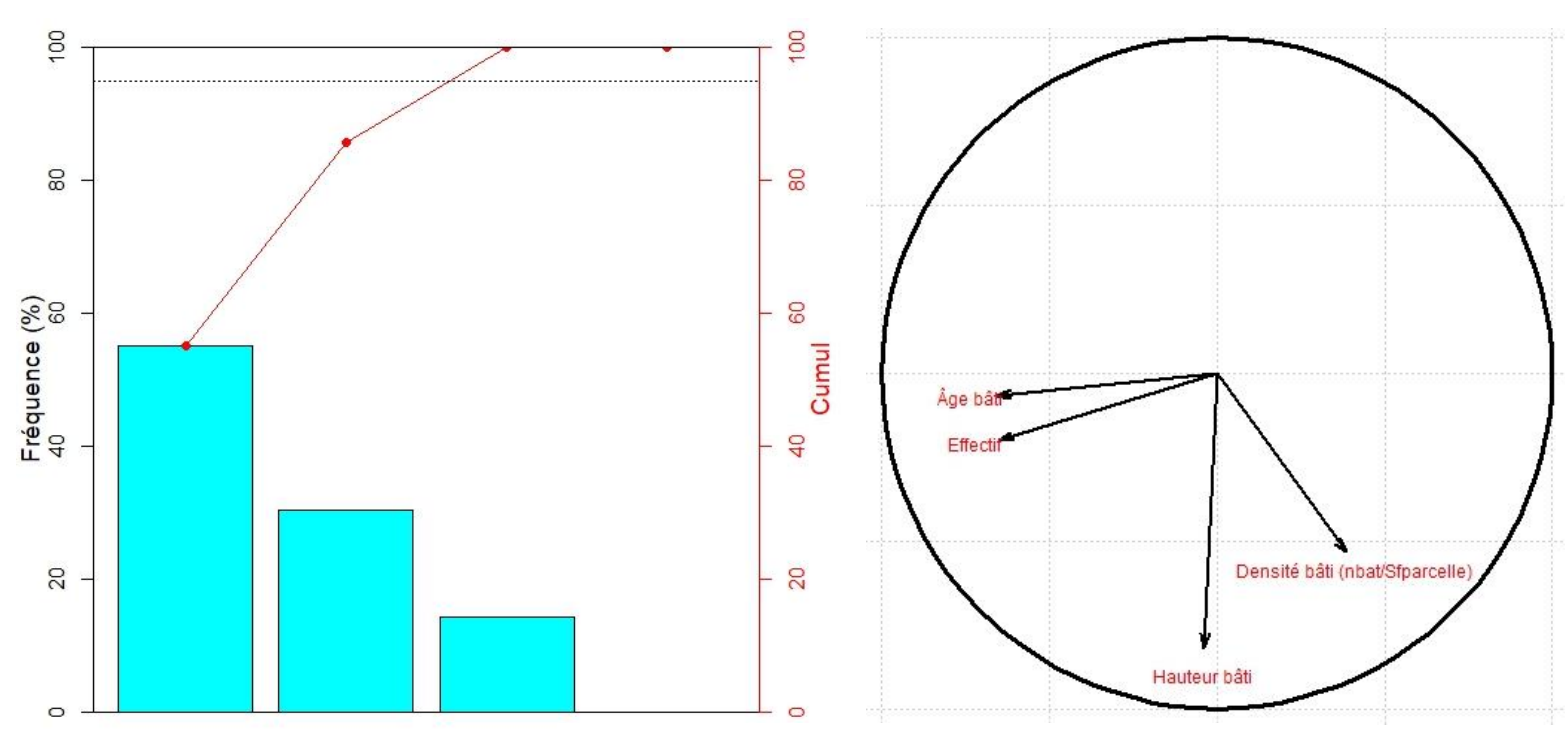
Graphique 3 : Corrélations entre effectifs et hauteur/âge des bâtiments

Une ACP et son diagramme de Pareto ont été réalisés : l'âge et la hauteur expliquent plus de 80% des variations d'effectifs (*Graphique 4*). La densité calculée a été retirée des analyses car s'est révélée être un mauvais proxy de densité réelle de bâti, en particulier sur cette espèce, à cause des limitations techniques du logiciel de SIG et des couches disponibles et utilisables.



La cartographie de favorabilité d'habitats a été enfin réalisée, avec les nouveaux seuils de hauteurs favorables mis en évidence (*Figure 10*).





Graphique 4 : Diagramme de Pareto et ACP

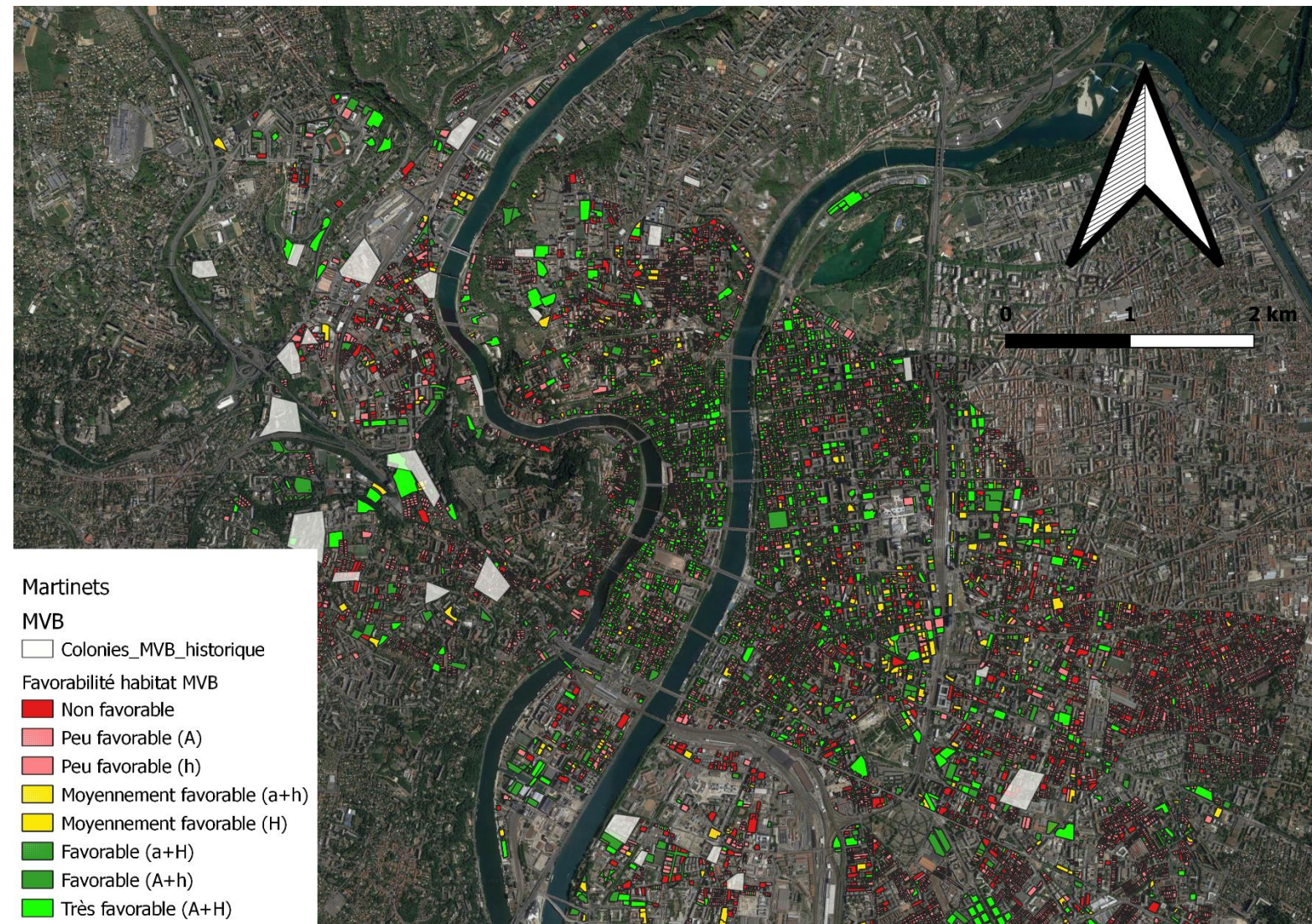


Figure 10 : Cartographie d'habitats favorables pour le Martinet à ventre blanc (*Tachymarptis melba*) dans la métropole de Lyon

3. Hirondelles de fenêtre

Les suivis de colonies ont été réalisés le matin autour de 10h, par temps calme, une fois par semaine soit 3 fois sur la période pour chaque site sauf pour la colonie du Pont de Lattre de Tassigny, comptée une seule fois car seulement visible par bateau, passage unique effectué le 12 mai 2023 (*Figure 8*). Les sites des colonies étudiées sont localisés sur la *Figure 11*. Les résultats des comptages et de l'étude des variables environnementales des sites sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Site	Effectif attendu (comptages précédents)	Effectif observé (mai 2023)	Nombre de nids occupés	Nombre de nids détruits	Distance à un point d'eau	Type de toit	Strate arborée	Remarques
1	40	0	0	0	495m	Non plan	Présente	Travaux, grand vent
2	60	~40	≥14	<10	60m	Non plan	Présente	/
3	50	~30	≥3	<10	2.2km	Non plan	Présente	Nids peu visibles
4	9	~10	≥5	≥10	0m (pont)	Non plan	Présente	Accès difficile
5	70	~70	≥32	<5	378m	Non plan	Présente	Grosse colonie très localisée
6	40	~40	≥13	<5	1.78km	Non plan	Présente	Nids artificiels occupés
7	3	0	0	>20	4.95km	Non plan	Présente	Nombreux nids détruits
8	6	~8	4	>10	960m	Non plan	Présente	/

Une cartographie d'habitat favorable en fonction seulement de la présence ou non des strates végétales arborescentes et arbustives a été créée (*Figure 12*), les autres facteurs favorables à la présence d'hirondelles (toit avec avancée, matière de l'avant-toit, proximité à l'eau) n'étant pas joignables aux couches de comptages et données parcellaires. Les conclusions tirées de ces facteurs seront présentées dans la partie discussion, de façon qualitative.





- | | |
|---|--|
| 1 | : Saint-Germain-au-Mont-D'or, Maintenue |
| 2 | : Neuville-sur-Saône, Centre Historique |
| 3 | : Rillieux-la-Pape, Ancien Bourg |
| 4 | : Lyon, Pont De Lattre de Tassigny |
| 5 | : Décines-Charpieu, Décines-Wilson-Montabert |
| 6 | : Décines-Charpieu, Charpieu |
| 7 | : Bron, Vinatier |
| 8 | : Lyon, Saint-Jean-de-Dieu |

Figure 11 : Localisation et nom des sites abritant les colonies d'hirondelles étudiées et comptées

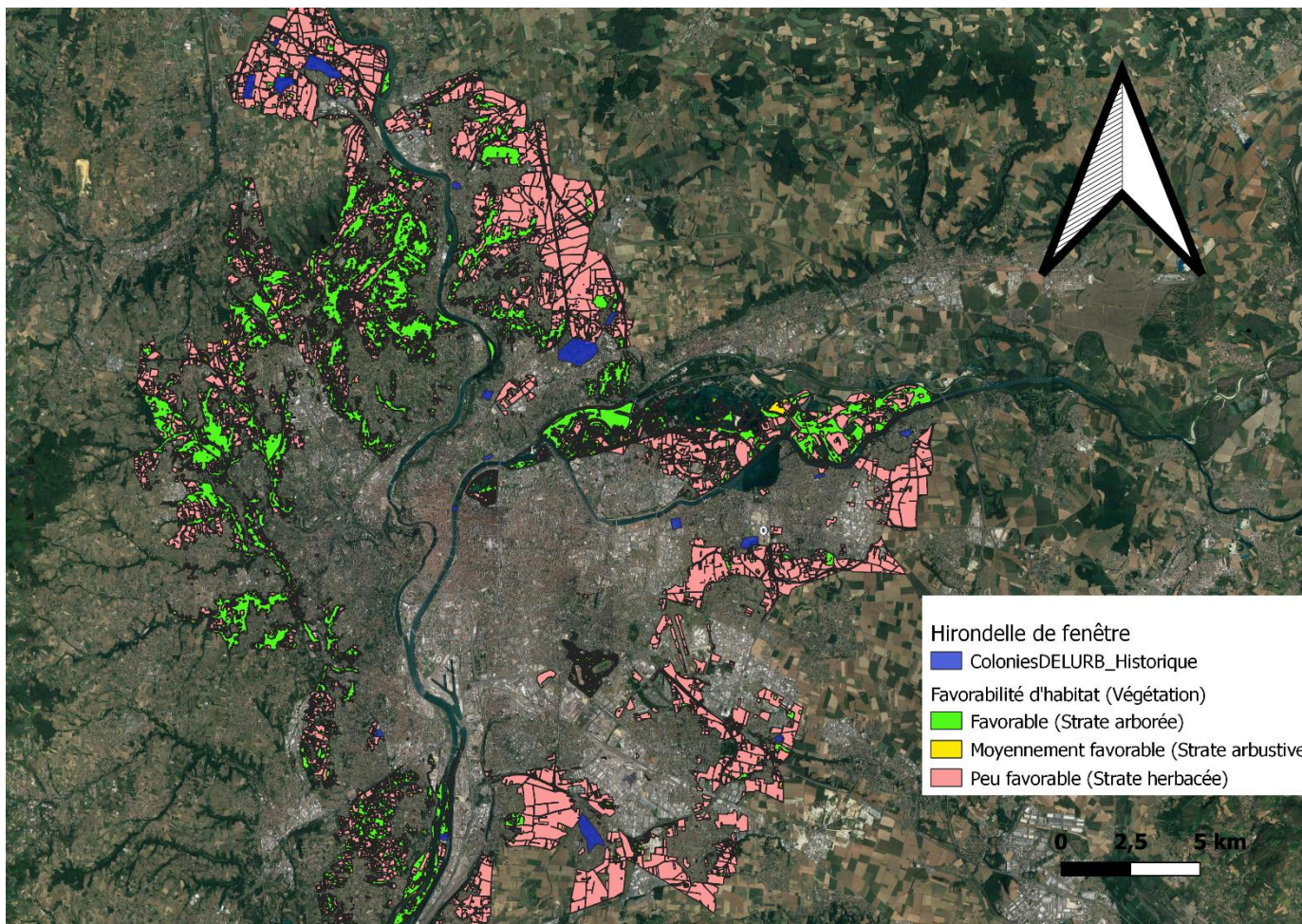


Figure 12 : Cartographie d'habitats favorables pour l'Hirondelle de fenêtre (*Delichon urbicum*) dans la métropole de Lyon

IV – Discussion

1. Martinets noirs

D'après les résultats obtenus par analyse statistique (corrélations, ANOVA I et III, ACP/Pareto et VIF) et la cartographie d'habitats favorables en découlant, on peut conclure sur un effet significatif et déterminant de l'âge et la hauteur des bâtiments sur les effectifs des 122 colonies de Martinets noirs recensées dans la métropole. Nous avons pu mettre en évidence grâce à la cartographie de nombreux secteurs favorables à leur présence, même en plein cœur de la ville. La principale menace pour son établissement et la croissance de ses populations paraît donc être l'architecture des bâtiments actuels (*Figure 13*), souvent vitrés ou lisses, dénués d'aspérités et d'anfractuosités, nécessaires à sa nidification. La raréfaction de l'entomofaune volante dans la métropole, non étudiée ici, semble également être un frein majeur à la prolifération de l'espèce, au même titre que pour tous les autres oiseaux insectivores, augmentant la compétition interspécifique. La présence de pesticides dans les proies pourrait également être étudiée dans des études futures (*Guilleminot et al, 2021*). Dans une optique de conservation de l'espèce, des recommandations/obligations pourraient être mises en place dans la construction ou la rénovation des bâtiments de la métropole : prévoir la pose d'un certain nombre de nichoirs sur les bâtiments d'architecture incompatible avec la nidification de l'espèce, à une hauteur minimale de 10m, optimale pour l'espèce d'après nos résultats. De telles mesures couplées à une sensibilisation importante des habitants devraient se montrer suffisantes à la conservation de l'espèce dans la métropole, son écologie étant plutôt très compatible à l'espace urbain lyonnais, à condition de trouver des proies en quantité suffisante, condition améliorable en augmentant le nombre et la surface d'espaces verts (strate arborée notamment) dans la métropole et aux alentours, afin de faire augmenter les effectifs d'insectes.

2. Martinets à ventre blanc

Les résultats non significatifs obtenus par analyse statistique dans cette étude peuvent s'expliquer par le manque de données disponibles pour cette espèce : seulement 16 colonies ont été incluses dans ces tests, rendant leurs sorties inutilisables telles quelles (manque de puissance, signal trop faible). Cela s'explique par la situation de l'espèce sur la métropole : contrairement au Martinet noir, la présence du Martinet à ventre blanc est relativement récente dans la ville,

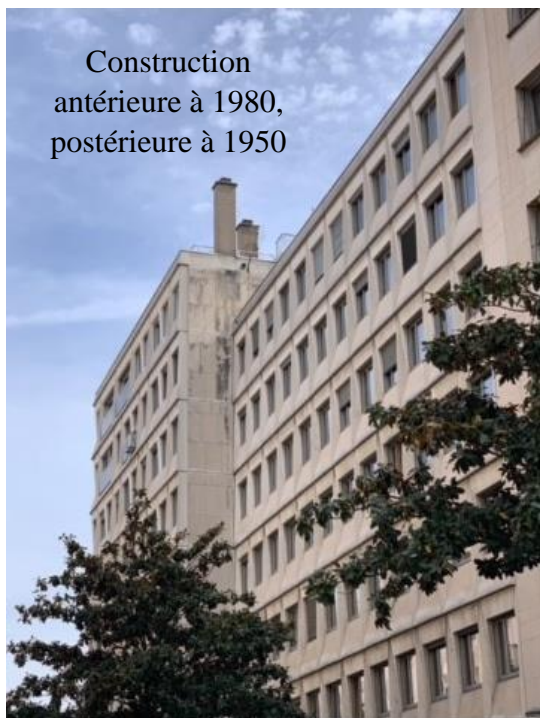
Construction antérieure à 1900

Construction antérieure à 1900

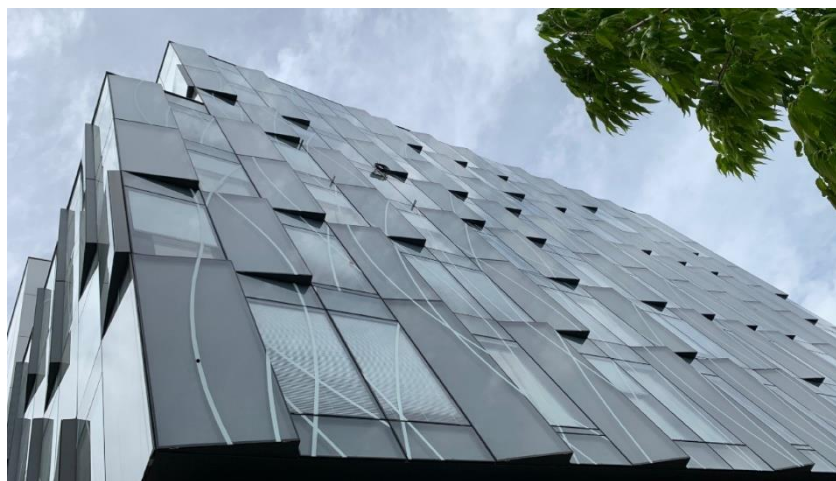
Construction antérieure à 1900



Construction antérieure à 1980, postérieure à 1950



Construction antérieure à 2010, postérieure à 1980



Construction postérieure à 2010, totalement inutilisable par les martinets sans nichoirs artificiels

Figure 13 : Exemple de bâtiments construits au sein des classes d'âges utilisées dans les analyses

et sa colonisation encore en expansion. Malgré tout, les résultats obtenus paraissent tout à fait clairs sur les exigences écologiques de l'espèce, et il est donc important d'en prendre compte dans les mesures de conservation de l'espèce pour favoriser sa maintenance et son expansion. De la même manière que pour le Martinet noir, la pose de nichoirs sur les bâtiments inadaptés, à partir d'une hauteur minimale de 20m cette fois, pourrait être une solution intéressante et efficace. Néanmoins la cartographie de favorabilité ne révèle pas autant d'espaces favorables à sa présence, cette hauteur importante nécessaire étant le frein principal à sa nidification, en plus des facteurs évoqués précédemment. De plus, l'espèce semble éviter les espaces trop fermés et denses en bâtiments, contrairement à son cousin. Cet aspect pourrait être étudié dans les autres rares cas connus d'adaptation de l'espèce au milieu urbain, chez cette espèce plutôt présente en zones naturelles montagnardes et falaises escarpées.

3. Hirondelles de fenêtre

L'étude des 8 colonies a apporté de nombreux éléments intéressants à l'objectif d'identification des facteurs favorisant la présence de l'espèce, et l'utilisation de l'espace urbain : les individus semblent, contrairement aux martinets, chasser à proximité du nid, dans la canopée urbaine leur apportant une quantité de proies suffisante à leur survie et au nourrissage des juvéniles. En cas de quantité non suffisante, une compétition avec les autres oiseaux insectivores comme le Martinet noir (présent en plus grand nombre, plus grand, plus rapide et plus vorace) est fortement suspectée et pourrait provoquer une exclusion compétitive des hirondelles. Le site du Vinatier, à Bron, pourrait bien en être un exemple : le site semble déserté depuis un certain temps par les hirondelles (plus aucun nid en bon état mais traces d'un grand nombre présents par le passé), mais toujours bien occupé par les martinets. Pourtant les caractéristiques du site sont favorables à l'hirondelle, à l'exception de la proximité à l'eau (près de 5km), pouvant représenter un problème lors de la recherche de boue pour construire le nid. De manière générale, les facteurs principaux favorisant la présence des hirondelles dans la métropole mis en évidence dans cette étude sont : la présence d'avant-toits en bois, de préférence avec les lattes transversales (chevrons, *Figure 14*) et de couleur claire (blanc, bleu, gris, marron ou orange clair utilisés, marron foncé semble nettement moins apprécié) ; une distance à un point d'eau inférieure à 2-3km ; la présence de la strate arborée à proximité de la colonie ; la présence de boue et non seulement d'eau à proximité (substrats sableux ou graviers non adaptés).



Figure 14 : Différence entre type de toit avec chevrons utilisé par les hirondelles (à gauche, mur beige) et autre type de toit délaissé, au sein de la colonie de Neuville-sur-Saône

Contrairement aux martinets, cette nécessité d'avant-toit pour la construction du nid rend les bâtiments modernes totalement inutilisables par les hirondelles, même en cas de pose de nichoirs artificiels. La hauteur des bâtiments est par contre nettement moins contraignante, avec des nids construits à partir de 3m de haut, jusqu'à des hauteurs beaucoup plus importantes. Outre une fois encore la nécessité de faire augmenter les effectifs d'insectes et de préserver les bâtiments d'architecture « classique », l'enjeu principal pour la conservation de l'espèce dans la métropole semble être la présence de boue utilisable par cette dernière pour construire les nids. Au sein des 2 dernières colonies de la métropole (Pont de Lattre de Tassigny et Saint-Jean-de-Dieu, *Figure 8*), c'est effectivement le facteur qui semble le plus lié au déclin des effectifs, avec un certain nombre de nids en mauvais état malgré des espaces verts ou de l'eau à proximité garantissant une bonne quantité de proies, traduisant une difficulté à construire et rénover les nids au sein des colonies. La pose de nichoirs artificiels semble bien fonctionner à certains endroits (Décines-Charpieu, *Figure 15*), et la mise à disposition de bacs de boues semble également être une mesure prometteuse, à l'essai depuis peu à proximité de la colonie du Pont de Lattre de Tassigny (*Figure 16*). Enfin, afin de mieux comprendre leur utilisation de ces dispositifs et de l'espace urbain en général, une étude future de suivi de colonie dans la métropole pour 2024 : j'ai réalisé une recherche bibliographique pour mettre en évidence la meilleure méthode de suivi, viable pour cette espèce et son milieu de vie, ainsi que pour l'objectif de l'étude. Le poids très faible de l'espèce (15-20g) ne permet pas la pose de balises GPS sur des individus, laissant comme meilleure méthode le suivi par télémétrie radio, avec la pose d'émetteurs très légers (0.3-0.4g) sur une dizaine d'individus, et leur suivi grâce à un récepteur et son antenne. J'ai également réalisé une étude de faisabilité et de coût de la méthode, obtenant un prix de 4010€ hors taxe et livraisons pour équiper 10 oiseaux, chez *Lotek Wireless* (équipement présenté à gauche dans la *Figure 17*, choix se basant sur le service technique de qualité de la société et l'utilisation d'un même dispositif ou similaire dans des études antérieures récentes : *Lenske, 2018 ; Feldman, 2021*).





Figure 15 : Deux nids artificiels occupés, au sein de la colonie de Décines-Charpieu



Figure 16 : Exemple de bac à boue similaire à celui disposé à proximité du Pont de Lattre de Tassigny

Équipements et revendeurs

Lotek Wireless

Émetteurs :



PicoPip (Ag317) :

- 0,4 g
- Durée de vie ~ 18j

PicoPip (Ag379) :

- 0,5 g
- Durée de vie ~ 23j

Récepteur :

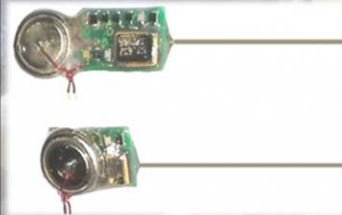


Biotracker VHF Receiver

- 800g
- Batterie tenant ~ 25h
- 256 canaux

HOLOHIL/Wildlife Materials

Émetteurs :



LB-2X :

- 0,31g
- Durée de vie ~ 21j

Récepteur :



TRX1000 (S ou WR)

- 1330g
- Batterie tenant ~ 12h

Figure 17 : Comparaison entre les dispositifs proposés par les deux principales sociétés présentes dans la littérature sur le sujet

V – Bibliographie

- A. Turner. 1989. A Handbook to the Swallows and Martins of the World, Helm, 288p
- Avibase. 2003. *Delichon urbicum*, <https://avibase.bsc-eoc.org/avibase.jsp?lang=FR>
- Cox AR, Robertson RJ, Lendvai, Everitt K, Bonier F. 2019. Rainysprings linked to poor nestling growth in a declining avian aerial insectivore (*Tachycineta bicolor*). *Proc. R. Soc. B* 286: 20190018. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2019.0018>
- Feldman et al. 2021. Stopover behavior of Red-eyed Vireos (*Vireoolivaceus*) during fall migration on the coast of the Yucatan Peninsula, *Avian Research* <https://doi.org/10.1186/s40657-021-00299-w>
- Garrett, Daniel R., Fanie Pelletier, Dany Garant, and Marc Bélisle. 2022. “Combined Influence of Food Availability and Agricultural Intensification on a Declining Aerial Insectivore.” *Ecological Monographs* 92(3): e1518. <https://doi.org/10.1002/ecm.1518>
- Gordo et al. 2018. Are Two Days Enough? Checking the Accuracy of the Survey Protocols Used in Common Bird Monitoring Schemes, *Spanish Society of Ornithology/BirdLife* <https://doi.org/10.13157/arla.65.1.2018.ra3>
- Grand Lyon. 2023. Plan de Sauvegarde Hirondelles et Martinets, <https://comete.grandlyon.fr/Delegations/deee/Pages/La-M%C3%A9tropole-adopte-un-plan-de-sauvegarde-des-hirondelles-et-des-martinets.aspx>
- Gruebler et al. 2014. Equal nonbreeding period survival in adults and juveniles of a long-distant migrant bird, *Ecology and Evolution* 2014; 4(6): 756–765 doi: 10.1002/ece3.984
- Guillemot et al. 2021. Contamination by neonicotinoid insecticides in barn owls (*Tyto alba*) and Alpine swifts (*Tachymarptis melba*), *Science of the Total Environment*, Elsevier, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147403>
- IUCN Red List. 2020. *Delichon urbicum*, <https://www.iucnredlist.org/species/103811886/199580873>
- Lendvai ÁZ, Akçay Ç, Ouyang JQ, Dakin R, Domalik AD, St John PS, et al. 2015. Analysis of the Optimal Duration of Behavioral Observations Based on an Automated Continuous Monitoring System in Tree Swallows (*Tachycineta bicolor*): Is One Hour Good Enough? *PLoS ONE* 10(11): e0141194. doi:10.1371/journal.pone.0141194
- Lenske, Nocera. 2018. Field test of an automated radio-telemetry system: tracking local space use of aerial insectivores, *J. Field Ornithol.* 89(2):173–187, 2018 DOI: 10.1111/jofo.12254

- L. Bani , D. Massimino , V. Orioli , L. Bottoni & R. Massa. 2009. Assessment of population trends of common breeding birds in Lombardy, Northern Italy, 1992–2007, *Ethology Ecology & Evolution*, 21:1, 27-44, DOI: 10.1080/08927014.2009.9522509

- P. Géroutet, M. Cuisin. 1998. *Les passereaux d'Europe*, tome 2 Delachaux niestlé, nov-98, 512 p.

- Rioux, S., J.-P. L. Savard, and F. Shaffer. 2010. Scientific and cost effective monitoring: the case of an aerial insectivore, the chimney swift. *Avian Conservation and Ecology* XX(YY):ZZ. URL: <http://www.ace-eco.org/volXX/issYY/artZZ/>

- Rose AP. 2009. Temporal and Individual Variation in Offspring Provisioning by Tree Swallows: A New Method of Automated Nest Attendance Monitoring. *PLoS ONE* 4(1): e4111. doi:10.1371/journal.pone.0004111

- Tonio Schaub, Arndt H. J. Wellbrock, Jan Rozman & Klaudia Witte. 2019. Light data from geolocation reveal patterns of nest visit frequency and suitable conditions for efficient nest site monitoring in Common Swifts *Apus apus*, *Bird Study*, 66:4, 519-530, DOI :10.1080/00063657.2020.1732862

- Zhao et al. 2022. Integrating regional and site-level data to assess drivers of population decline in a threatened aerial insectivorous bird, *Biological Conservation*, Elsevier, <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109424>

VI – Annexes

Annexe 1 : Corrélations et modèle linéaire LM – Martinets noirs



```
> glmMN
Call: glm(formula = effectifsstd ~ agestd + hauteurstd + densitéstd,
  family = gaussian, data = MNstd)

Coefficients:
(Intercept)      agestd  hauteurstd  densitéstd
 8.502e-16  -4.758e-01  2.257e-01  -2.262e-01

Degrees of Freedom: 116 Total (i.e. Null); 113 Residual
Null Deviance: 116
Residual Deviance: 87.28      AIC: 307.7
> lmmN
Call:
lm(formula = log1p(effectifsstd) ~ agestd + hauteurstd + densitéstd,
  data = MNstd)

Coefficients:
(Intercept)      agestd  hauteurstd  densitéstd
 -0.3880      -0.4058      0.2247      -0.1917
```


Annexe 2 : ANOVA I et III, VIF et plots – Martinets noirs

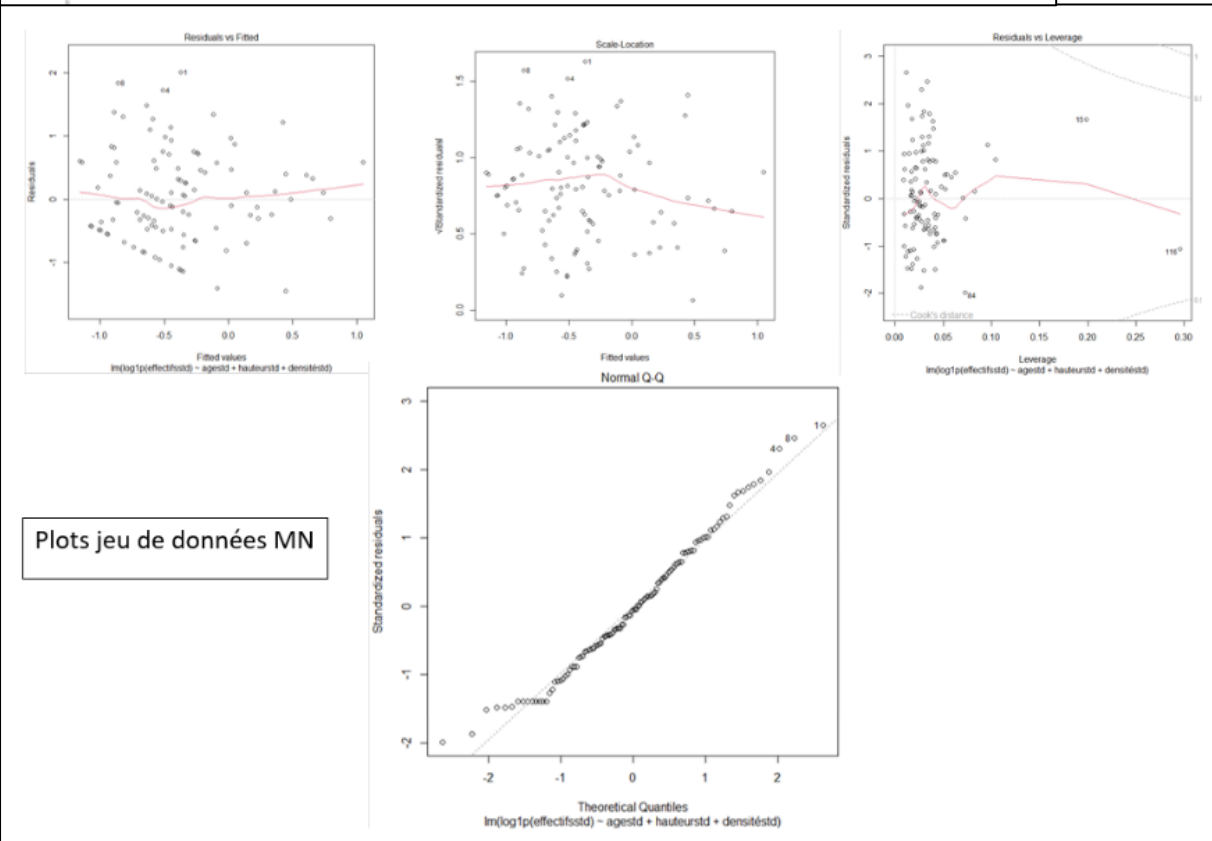
```
> vif(LmMN)
  agestd hauteurstd densitéstd
  1.064586  1.049589  1.098064
> anova(LmMN)
Analysis of Variance Table

Response: log1p(effectifsstd)
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
agestd  1 14.087  14.0869  24.3877 2.746e-06 ***
hauteurstd  1  3.990   3.9898   6.9072 0.009778 **
densitéstd  1  3.880   3.8804   6.7178 0.010805 *
Residuals 113 65.272   0.5776
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
>
```

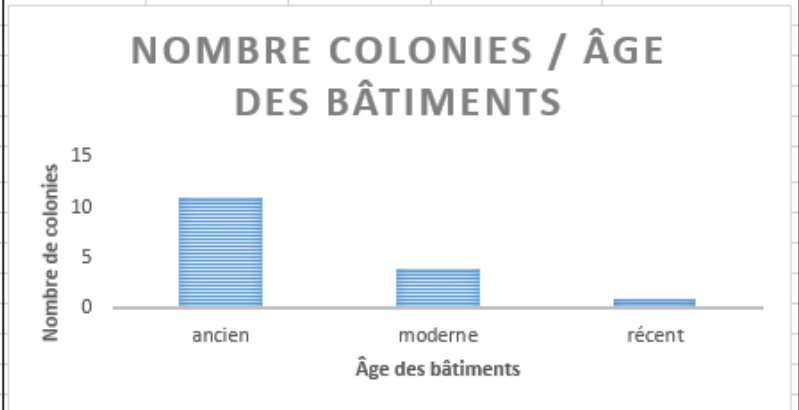
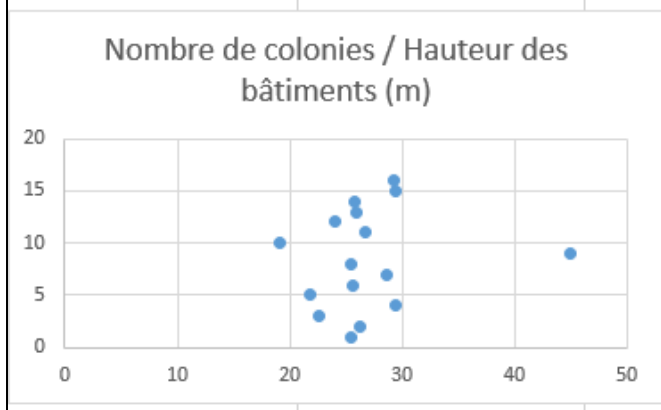
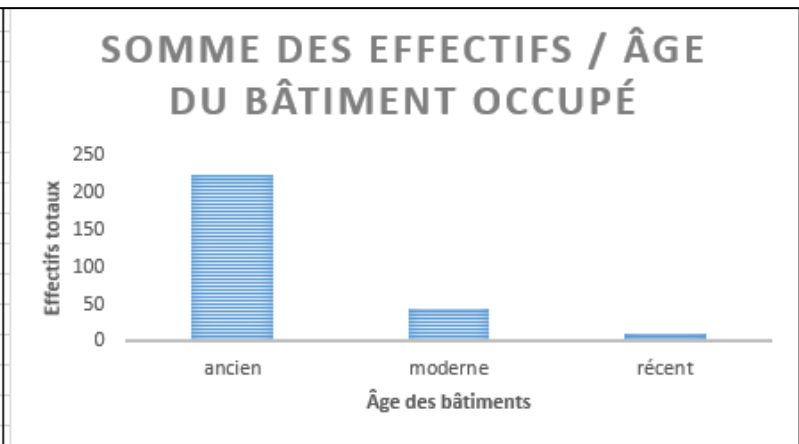
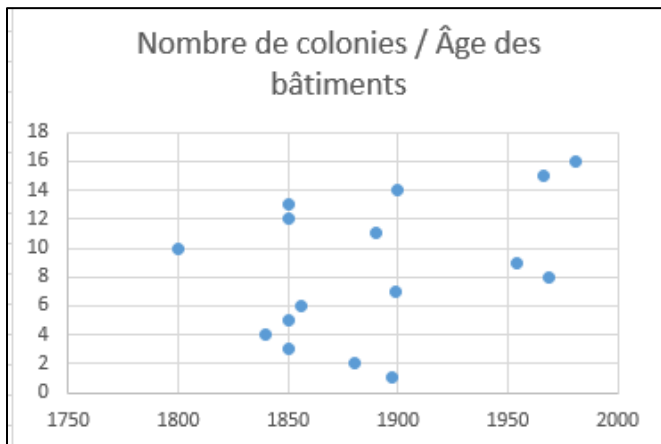
```
Anova3 MN

> Anova(LmMN, type = "III")
Anova Table (Type III tests)

Response: log1p(effectifsstd)
      Sum Sq  Df F value    Pr(>F)
(Intercept) 17.614  1 30.4947 2.165e-07 ***
agestd      17.944  1 31.0653 1.718e-07 ***
hauteurstd   5.580  1  9.6599 0.002383 **
densitéstd   3.880  1  6.7178 0.010805 *
Residuals   65.272 113
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```



Annexe 3 : Corrélations et modèle linéaire LM – Martinets à ventre blanc



```
> glmMVB
Call: glm(formula = effectifsstd ~ agestd + hauteurstd + densitéstd,
  family = gaussian, data = MVBstd)

Coefficients:
(Intercept)      agestd      hauteurstd      densitéstd
-3.274e-17    -2.491e-01    -2.210e-01    -4.739e-01

Degrees of Freedom: 15 Total (i.e. Null); 12 Residual
Null Deviance: 15
Residual Deviance: 12.28      AIC: 51.17
> lmMVB
Call:
lm(formula = log1p(effectifsstd) ~ agestd + hauteurstd + densitéstd,
  data = MVBstd)

Coefficients:
(Intercept)      agestd      hauteurstd      densitéstd
-0.3444        -0.2901        -0.2038        -0.4603
```

Annexe 4 : ANOVA I et III, VIF et plots – Martinets à ventre blanc

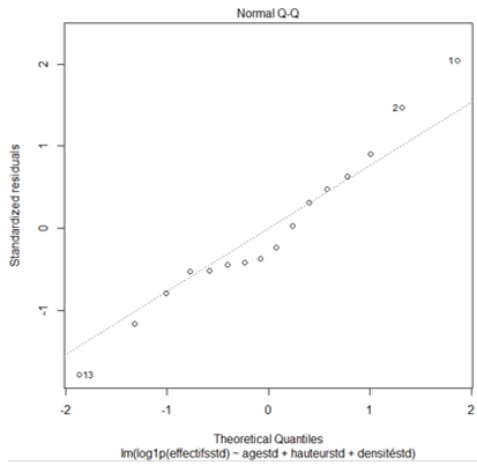
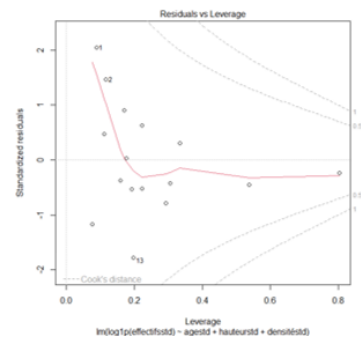
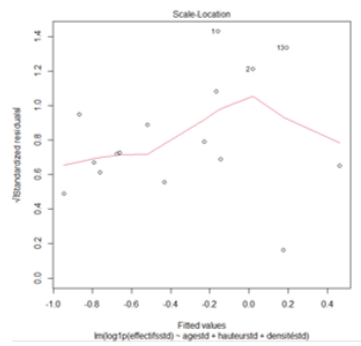
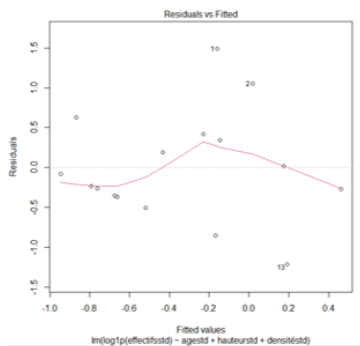
```
> vif(LmMVB)
  agestd hauteurstd densitéstd
1.758764 1.554200 1.448736
> anova(LmMVB)
Analysis of Variance Table

Response: loglp(effectifsstd)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
agestd  1  0.3940  0.39403  0.6766 0.42682
hauteurstd 1  0.1323  0.13235  0.2272 0.64213
densitéstd 1  2.1935  2.19346  3.7662 0.07615 .
Residuals 12  6.9888  0.58240
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Anova3 MVB

```
> Anova(LmMVB, type = "III")
Anova Table (Type III tests)

Response: loglp(effectifsstd)
      Sum Sq Df F value Pr(>F)
(Intercept) 1.8981  1  3.2591 0.09616 .
agestd      0.7175  1  1.2320 0.28876
hauteurstd  0.4010  1  0.6886 0.42284
densitéstd  2.1935  1  3.7662 0.07615 .
Residuals   6.9888 12
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```



Plots jeu de données MVB



Résumé

En France, les hirondelles et martinets sont intégralement protégés par la loi. Cependant, ils subissent un déclin important : depuis 30 ans on estime avoir perdu 30% des hirondelles et jusqu'à 48% des martinets en Auvergne-Rhône-Alpes. La connaissance de leurs exigences écologiques et utilisation de l'espace urbain de la métropole de Lyon est donc primordiale dans l'objectif de conservation de l'espèce, à la fois sur le territoire lyonnais et français, mais aussi européen. La diminution du nombre d'insectes volants (uniques proies de ces espèces) et l'utilisation de pesticides semblent représenter des menaces communes à toute espèce insectivore, mais l'étude présente a permis de mettre en évidence plusieurs facteurs plus spécifiques à chacune de ces espèces. La modernisation des bâtiments depuis les années 80 tend vers une architecture lisse, aux toits plans, des murs souvent vitrés et dénués d'anfractuosités. Pour combler ce manque de fissures et autres aspérités du bâti, la pose de nichoirs artificiels semble nécessaire pour permettre aux deux espèces de martinets présentes à Lyon de nicher en période de reproduction, à une hauteur de 10m minimum pour le Martinet noir, 20m pour le ventre blanc. Les Hirondelles de fenêtre quant à elles ont besoin d'un accès direct à l'espace aérien et aux proies, avec des arbres à proximité, de toits avec avancées en bois, de couleur claire de préférence, pour leurs nids (même artificiels). Le manque de boue (matériau nécessaire à la construction du nid) semble être le principal facteur de désertion des hirondelles dans certains sites pourtant encore favorables à son établissement au niveau du type de bâti et des proies disponibles, même situés à moins 3km de points d'eau (mais substrats non boueux). La pose de nids artificiels ainsi que de bacs à boue apparaissent comme des solutions prometteuses pour favoriser la (re)colonisation de ces lieux.