

2012-2013

MASTER FAGE

Biologie et Ecologie pour la Forêt, l'Agronomie et l'Environnement

Spécialité

Fonctionnement et gestion des écosystèmes

Effet d'un gradient d'urbanisation sur la diversité des Apiformes et de
leurs ressources alimentaires



Quentin BRUNET-DUNAND

Mémoire de stage, soutenu à Nancy le 03/09/2013

Maitre de stage : Frédéric Vyghen (chargé de mission)

Tuteur universitaire : Bernard Amiaud (enseignant/chercheur)



ARTHROPOLOGIA
60 Chemin du Jacquemet
69890 La Tour de Salvagny



Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier Frédéric VYGHEN pour m'avoir permis de réaliser ce stage au sein d'Arthropologia, mais aussi pour tout le soutien qu'il a su m'apporter tout au long de mon stage. Je le remercie également de m'avoir permis de m'impliquer dans plusieurs projets annexes qui m'ont offert des expériences très enrichissantes. Enfin, je tiens à saluer son implication dans le travail que j'ai réalisé et sa bonne humeur quotidienne.

De plus, je souhaiterais remercier les équipes Arthropologia et Oïkos pour le cadre de travail agréable qu'elles ont su me procurer. Je citerai en particulier, Cyril NUGUES mon collègue de bureau pour avoir cohabité avec moi durant ces six mois. Mais aussi, Clara COUPEY pour m'avoir épaulé tout au long de ce stage.

En outre, je tiens à remercier Hugues MOURET, Frédéric VYGHEN, et Fabrice LAFOND pour toutes les connaissances qu'ils ont su m'apporter tout au long du stage. Il en est de même pour Serge CRESPIER du centre de production horticole des services espaces verts de la ville de Lyon qui m'a accordé à plusieurs reprises de son temps afin de m'aider à sélectionner et déterminer les plantes horticoles du protocole de relevés complémentaires.

Je me dois aussi de saluer Laura FORTEL et Bernard VAISSIERE de l'équipe « Pollinisation et écologie des abeilles » de l'INRA d'Avignon pour m'avoir permis d'utiliser leurs données de recherche dans ce rapport.

Je tiens à remercier Simon TAUGOURDEAU thésard au laboratoire agronomie et environnement de l'université de Lorraine pour m'avoir aidé encore une fois dans la réalisation de mes analyses statistiques.

Je remercie les stagiaires Valentin PHELIPPEAU et Jean-Philippe METESSEAU pour leur aide dans les relevés et l'épingleage des spécimens.

Je remercie les services espaces verts des villes de Metz, Berne, Dijon, Luxembourg Ville, et Turin pour avoir participé à la création de la liste de plantes horticoles échantillonnées, mais également l'Union Européenne et l'instrument financier LIFE sans qui tout cela n'aurait pas été possible.

Enfin, je tiens à remercier l'ensemble des acteurs que j'ai rencontré lors de ce stage, pour leur écoute, leur participation et leur sens du partage des connaissances. Pour n'en énoncer qu'une partie, je citerai Marc MOURET, Jean-François VIAN, Bernard KAUFMANN, ...

Sans oublier les abeilles sauvages, sans qui rien de tout cela ne serait possible et qui ont su se jouer de moi à de nombreuses reprises lors de mes relevés. Je tiens à saluer leur vivacité et leur manigance qui m'ont donné tant de fil à retordre.

Table des matières

Introduction	1
Synthèse Bibliographique	2
Services de pollinisation.....	2
Le mécanisme de la pollinisation	3
Estimation budgétaire de la pollinisation	3
Les abeilles sauvages	4
Vision de la société sur les insectes	4
Matériels et méthodes	5
Présentation de l'association Arthropologia.....	5
Description des sites expérimentaux	6
Description des techniques de piégeage	7
Protocole réalisé en 2013 (Relevés complémentaires).....	10
Analyse des données	11
Résultats	11
Analyses simples de la répartition spécifique des Apiformes et de leurs ressources alimentaires par contexte paysager.....	11
Analyse des données relatives à la caractérisation des sites URBANBEES.....	13
Analyses multivariées des données de richesse spécifique faunistique et floristique selon le contexte paysager	15
Discussion	17
Interprétation des données d'occupation des sols	17
Analyses simples de la répartition spécifique des Apiformes et de leurs ressources alimentaires par contexte paysager.....	18
Analyses multivariées des données de richesse spécifique faunistique et floristique selon le contexte paysager	19
Comparaison avec la bibliographie	20
Étude critique du programme URBANBEES et de son programme de recherche	21
Conclusions	21
Bibliographie.....	23

Introduction

En 2025, la population urbaine représentera 65% de la population mondiale, et atteindra même les 80% dans de nombreux pays (Zanette et al. 2005 ; ONU 2008). En France, de 1992 à 2004 la surface de sols artificialisés a augmenté de 20% alors que la population n'a progressé que de 7%. De 2006 à 2009, ce sont en moyenne 86 000 hectares par an qui ont été artificialisés soit l'équivalent d'un département tous les 7 ans (Laugier R., 2012). En France, ces zones urbaines représentent 7% du territoire et abritent 77% de la population. Certaines études montrent que même si les milieux urbains ne représentent que 5% de la surface terrestre ils influencent grandement les écosystèmes environnants (Zanette et al., 2005). Si l'on détourne la célèbre phrase de Lavoisier « rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme », on peut se demander quels territoires ont régressé.

En France, de 1960 à 2009, la surface agricole est passée de 34 à 29 millions d'hectares, soit une régression de 15% (Laugier R., 2012). L'artificialisation des sols en est la principale cause après l'augmentation des surfaces boisées due à la déprise agricole. En 50 ans, le monde rural a subi de nombreuses mutations et de nombreuses révolutions : mécanisation, ouverture des milieux, produits phytosanitaires... Aujourd'hui, l'intensification agricole est la politique adoptée en France et dans bien d'autres pays pour faire face à l'augmentation de la population. Cependant, cette mutation des terres agricoles au profit de la productivité rend ces territoires de plus en plus inaptes au maintien d'une biodiversité pourtant essentielle au fonctionnement et à la stabilité des agro-systèmes. En effet, l'utilisation massive de produits phytosanitaires et d'engrais chimiques, l'expansion des monocultures et de l'élevage intensif, la destruction et la fragmentation des habitats semi-naturels dans les systèmes agricoles entraînent une homogénéisation des milieux et l'appauvrissement des écosystèmes. De plus, la suppression au sein des exploitations des zones non productives reconnues comme faisant office de refuges pour la faune et la flore (haies, bandes enherbées, mares, murets...), a considérablement participé à la dégradation de ces écosystèmes (McFrederick et Lebuhn, 2006).

Cette homogénéisation et cette perte de biodiversité se retrouvent également au sein des villes qui bétonnent et fragmentent sans cesse les habitats encore aptes à accueillir des espèces sauvages. Mais pourquoi s'intéresser à préserver ces espèces sauvages ? Qu'ont-elles à nous apporter ?

Mon travail s'inscrit au sein du programme européen LIFE + Biodiversité URBANBEES en accompagnement à la thèse de Laura FORTEL (2010-2013) du laboratoire de l'INRA d'Avignon « Pollinisation et Ecologie des Abeilles ». Ce programme a pour objectif la sensibilisation, la formation, et l'étude de la conservation des abeilles sauvages en milieu urbain. La thèse a pour objet l'étude de la diversité des abeilles sauvages en milieu urbain et de leurs préférences écologiques. Si l'effet d'un gradient d'urbanisation sur la biodiversité de ces pollinisateurs est l'un des enjeux principaux, le but est aussi d'en apprendre plus sur l'écologie des abeilles sauvages, leur adaptation en ville et la richesse spécifique de ce groupe taxonomique dans la région. Notre étude complète les recherches effectuées dans le cadre de la thèse, dans le but d'affiner les connaissances sur l'écologie des espèces d'Apiformes et d'aider à la rédaction d'un guide de gestion à destination des espaces verts. En 2014, ce guide sera diffusé à l'échelle européenne à travers un cycle de conférences et une exposition itinérante grand public sur les abeilles sauvages.

Notre étude tend à préconiser l'utilisation de certaines plantes horticoles ou sauvages plutôt que d'autres fréquemment utilisées par les espaces verts mais n'ayant aucun, ou peu d'intérêt pollinique ou nectarifère. L'objectif est de favoriser une biodiversité maximale d'Apiformes, tout en respectant le choix des espaces verts de faire appel à des variétés horticoles souvent plus résistantes ou plus « belles » que les espèces sauvages. Cependant, bien des espèces sauvages pourraient être plantées en ville et fournir des ressources plus adaptées aux abeilles sauvages.

L'identification taxonomique des abeilles sauvages fait l'objet de plusieurs étapes très chronophages (montage, identification au genre, puis envoi à un expert pour identification à l'espèce). Je ne peux donc pas appuyer mon analyse sur les résultats de mon étude de terrain. Par conséquent, ce mémoire repose sur le traitement des données de l'année 2011, concernant les protocoles « coupelles colorées » et « chasse au filet » de la thèse INRA.

La problématique de ce rapport est de comprendre comment se distribuent nos populations d'Apiformes et de plantes à fleurs le long d'un gradient d'urbanisation. Ainsi deux hypothèses sont avancées. La première est que la distribution des espèces d'abeilles et de plantes à fleurs n'est pas répartie de façon aléatoire le long du gradient d'urbanisation. La seconde, qu'il existe un effet multifacteurs du gradient sur la diversité et l'abondance des Apiformes et de leurs ressources alimentaires.

Synthèse Bibliographique

Services de pollinisation

Les insectes bien souvent redoutés en agriculture sont considérés comme des espèces ravageuses ou nuisibles. Toutefois, une grande partie d'entre eux sont bénéfiques pour nos cultures. En effet, ils rendent de nombreux services au sein de nos agrosystèmes et de nos espaces verts. Ces services dits « écosystémiques », sont caractérisés par une modification de l'écosystème via une ou plusieurs actions d'origine faunistique ou floristique qui créent un ou des bénéfices pour l'homme. Selon le *Millennium Ecosystem Assessment* publié en 2005, ces services peuvent être divisés en quatre classes : les services de support (production primaire, formation des sols, cycle des nutriments...), les services d'approvisionnement (nourriture, eau douce, bois et fibre...), les services culturels (esthétiques, récréatifs, sociaux, religieux...), ainsi que les services de régulations (purification des eaux, régulation des maladies...) dont la pollinisation fait partie.

Il existe trois sortes de reproduction sexuées dans le règne végétal. L'autopollinisation passive est possible en cas d'absence de mécanisme d'incompatibilité génotypique (*Viola hirta* par exemple). Cependant ce mode n'est pas intéressant génétiquement parlant car il affaiblit la population via une homogénéisation génétique. Ce mécanisme relève plus d'un mécanisme de survie que d'un mode de reproduction à long terme. La pollinisation par le vent (anémogamie) est responsable d'environ 20% de la pollinisation des espèces végétales. Enfin, la pollinisation par les animaux (oiseaux, insectes, reptiles, mammifères) permet la reproduction sexuée de 80% des espèces végétales sauvages et de 70% des espèces cultivées (Klein et al., 2007). En Europe, ce mode de pollinisation dépend essentiellement des insectes (entomogamie). Ces insectes pollinisateurs sont nombreux (289 166 espèces répertoriées dans

le monde) et répartis dans divers ordres, dont les coléoptères, les diptères, et les hyménoptères (Villemant Clair). On compte 120 000 espèces d'hyménoptères, dont 43 295 espèces pollinisatrices (Inouye 2013). C'est dans cet ordre que l'on retrouve les pollinisateurs les plus efficaces qui, depuis le Crétacé, ont évolué parallèlement à la flore qu'ils pollinisent : la super famille des *Apoidea*, plus communément appelée les abeilles.

Le mécanisme de la pollinisation

La pollinisation est responsable de la reproduction sexuée de la majorité des plantes à fleurs. Ce mécanisme correspond au transport d'un grain de pollen, diaspore mâle de la plante, depuis les étamines d'une fleur au stigmate d'une autre fleur (sauf dans les cas d'autopollinisation passive). Le grain de pollen déposé sur le stigmate émet un tube pollinique à l'aide de l'un des deux noyaux contenus dans la diaspore. Le tube est guidé par des messagers chimiques le long du style jusqu'à l'ovule au niveau des synergides. Commence alors la double fécondation de l'ovule qui donne naissance à la graine et au fruit de la plante.

La pollinisation entomogame est un mécanisme mis en place par les plantes au cours de l'évolution qui présente de nombreux atouts pour la plante. D'une part, ce mode de pollinisation nécessite la production d'une quantité de pollen bien moins importante que l'anémogamie. En contrepartie, la plante doit souvent synthétiser du nectar et des pétales de couleurs attractives pour que les pollinisateurs viennent butiner la plante (Grison-Pigé 2001). D'autre part, la distance de dispersion des grains de pollen par l'entomofaune est en général plus importante que par le vent (Sup Agro 2007). Enfin, le pollen a une probabilité plus importante de se poser sur une fleur, les pollinisateurs passant de fleurs en fleurs.

L'efficacité des abeilles dans ce processus est essentiellement due à leur particularité anatomique (structure de récolte, tibia élargi, poils ramifiés,...), mais aussi à leur comportement. Les abeilles récoltent le pollen de certaines espèces végétales (selon l'électivité de l'espèce d'abeille) pour nourrir leur larve (tous les pollens n'ont pas les mêmes qualités nutritives).

Certaines espèces d'abeilles sauvages dites monolectiques ne butinent qu'une espèce de plante. C'est notamment le cas d'*Andrena ferea* qui pollinise uniquement la brione. Ces deux espèces ne peuvent survivre l'une sans l'autre. La brione n'est pollinisée que par cette espèce d'abeille et son pollen est le seul qui permette la croissance des larves d'Andrène des fleurs. D'autres espèces sont oligolectiques (peu de plantes compatibles avec le développement larvaire) ou polylectiques (de nombreuses plantes compatibles).

Estimation budgétaire de la pollinisation

La valeur économique du service écosystémique de pollinisation a été évaluée à 153 milliards d'euros par an dans le monde (Gallai et al., 2009). Il a été montré que la pollinisation entomogame concerne 87 espèces sur les 124 espèces principalement cultivées pour la consommation humaine dans 200 pays du monde (Klein 2007). En termes de tonnage de production, ce type de pollinisation ne représente que 35% de la production à l'échelle mondiale, les céréales et le maïs, pollinisés par le vent, représentant 60% de la production

mondiale (Gallai 2009). Toutefois, cette estimation ne prend pas en compte la valeur de ce service pour la production fourragère telle que la luzerne ou le foin. De plus, des études approfondies montrent que le manque à gagner en absence de pollinisateur serait plus important pour les cultures à hautes valeurs économiques telles que les oléagineux (Chagnon 2008). De nombreuses études ont cherché à calculer des coefficients de dépendance aux pollinisateurs par espèces ou groupes de plantes (Gallai *et al.*, 2009; Williams 1994).

Les abeilles sauvages

Nous connaissons essentiellement les *Apoidea* pour une espèce, *Apis mellifera* (l'abeille domestique) et son miel tant apprécié. Cependant, il existe plus de 20 000 espèces d'abeilles dans le monde, dont 2500 en Europe. *Apis mellifera* ne représente donc qu'une espèce sur les 1000 espèces présentes en France. Les abeilles dites sauvages, contrairement aux abeilles domestiques et à certains bourdons, ne produisent pas de miel car les adultes meurent durant l'hiver et n'ont donc pas besoin de réserves pour survivre durant cette période. De plus, la période d'activité des adultes est variable en fonction des espèces. Ainsi, tandis que certaines espèces sont dites printanières, d'autres sont plutôt estivales, voir automnales, et sont alors spécialisées dans la récolte de pollen de certaines plantes. La nidification des abeilles sauvages est très diversifiée. Elle se fait essentiellement dans le sol (environ 70 % des espèces) et dans des cavités naturelles telles que des branches mortes, des tiges creuses, des vieux murs en pisé ou en pierres.

Les abeilles sauvages ont un intérêt tout aussi important en terme de pollinisation. Ces abeilles récoltent pollen et nectar pour confectionner des « pains d'abeilles » afin de nourrir leur progéniture. Le nectar constitue leur ressource énergétique (glucidique), tandis que le pollen leur apporte les éléments protéiniques essentiels au bon développement de la larve, de la nymphe puis du jeune imago. Exceptés l'abeille de ruche et les bourdons eusociaux, les autres abeilles sont subsociales, solitaires ou parasites. Ces dernières sont des espèces dites cleptoparasites, appelées plus communément « abeilles-coucous ». Elles ne construisent pas de nids et ne récoltent pas de pollen car ce sont les individus hôtes qui le feront pour leur progéniture. Pour les autres espèces majoritairement solitaires chaque femelle doit se reproduire, construire un nid, récolter du pollen et du nectar, puis pondre ses œufs avant de mourir. Les mâles qui ont une durée de vie plus courte que les femelles ne servent qu'à la reproduction. Lors de la ponte, la femelle « décide » si elle pond une femelle en fécondant l'œuf ou si elle pond un ovule non fécondé qui donnera alors un mâle (parthénogénèse arrhénotoque).

Vision de la société sur les insectes

La société humaine n'est généralement pas consciente du potentiel que représentent les insectes. Ce groupe taxonomique bien qu'étant le plus diversifié est l'un des moins connu. En outre, il est l'objet de nombreux a priori, d'approximations et de faux semblants. Les insectes représentent majoritairement pour l'homme des animaux répugnants, nuisibles (piques, vecteurs de maladie), envahissants, et destructeurs (ravageurs des cultures, parasites, et xylophages) (Olkowski, 1976). Cependant, beaucoup font l'objet d'un statut de protection ou sont réputés en déclin, comme le sont les abeilles (Biesmeijer *et al.* 2006). La plupart d'entre

eux sont inoffensifs pour l'homme et méritent bien souvent plus d'intérêt pour l'homme que de nombreux animaux domestiques. Les abeilles souffrent d'une vision centrée sur l'abeille de ruche et sa relation avec l'homme. Leur rôle est réduit à la production de miel et elles sont craintes pour leur système de défense douloureux et potentiellement allergisant pour les humains. Cependant les abeilles sauvages étant en général des abeilles solitaires, n'ont pas le même comportement défensif par rapport à une colonie, et leur venin est très peu allergène.

Ainsi, le regard que l'homme porte sur les abeilles ou plutôt sur « l'abeille » est complètement faussé. On oublie bien souvent leur fonction dans la pollinisation. Le rôle essentiel des pollinisateurs sauvages a été démontré par Garibaldi et al. dans un article publié dans *Science* en mars 2013, qui relativise l'effet de l'installation de ruchers sur la fructification.

Sans ces abeilles sauvages, la production de fruits et de légumes serait nettement réduite, en quantité et en diversité, sans compter la disparition d'une grande partie de la flore sauvage qui fait la beauté et la richesse de nos paysages.

Matériels et méthodes

Présentation de l'association Arthropologia

Elle_a été créée en 2001 en région lyonnaise par Hugues Mouret, naturaliste et directeur de l'association. Elle fonctionne actuellement avec dix salariés et travaille en partenariat avec de nombreuses structures actives à l'échelle du Grand Lyon et de la région (FRAPNA, LPO, Grand Lyon, CNR, ARDAB, ISARA, Chambre d'agriculture,...). Arthropologia a pour vocation principale l'éducation, la sensibilisation, la formation et la communication autour des insectes et plus généralement de la protection de la nature. Elle intervient notamment auprès des scolaires, du grand public lors de journées portes ouvertes ou de salons de la nature, mais aussi auprès des professionnels via des formations espaces verts, agriculteurs et étudiants. Ses bureaux sont basés depuis septembre 2012 à la Tour de Salvagny au nord-ouest de Lyon, qu'elle partage avec Oïkos, association leader en matière d'éco-construction qui existe depuis vingt ans en Rhône-Alpes. Leur association a donné naissance à l'« Ecocentre du Lyonnais », une bâtisse écologique de 500m², à vocation pédagogique sur les thématiques de l'écologie, la biodiversité et du bâtiment écologique. Le centre comprend aussi un terrain de 2,2 ha, aménagé en jardins à thèmes (potager, plantes médicinales, permacultures, verger,...).

A l'heure actuelle, l'essentiel des activités de l'association est lié au Programme européen LIFE + Biodiversité URBANBEES de protection et de conservation des abeilles sauvages en milieu urbain. Ce programme est essentiellement axé sur la sensibilisation et la communication sur les problématiques du déclin des pollinisateurs, et les bonnes pratiques pour la biodiversité. Un deuxième volet, autour des sites aménagés, consiste à mieux comprendre l'écologie des abeilles sauvages, connaître la diversité de celles-ci au sein du territoire et préconiser des modes de gestions favorables à l'ensemble du cycle de vie de ces

abeilles. Des activités de création de nichoirs, de balades naturalistes et de soirées épinglages sont mises en œuvre pour sensibiliser et faire participer activement le grand public.

Description des sites expérimentaux

Le Grand Lyon

Cette étude est réalisée pour l'Europe dans l'agglomération du Grand Lyon. Cette agglomération du Sud Est de la France fait partie de la région Rhône-Alpes, qui est l'une des régions les plus importantes d'Europe en termes de superficie, démographie et économie. Avec ses 1 300 000 habitants, le Grand Lyon est classé deuxième agglomération de France. Son territoire s'étend sur 51 500 hectares dont 57% de sols artificiels, 26% (13 200 ha) de terres agricoles et 8% (9 258 ha) d'espaces naturels (Grand Lyon, 2013). Cette métropole placée au cœur de la vallée du Rhône et composée d'une grande diversité paysagère est soumise à des influences climatiques à la fois océaniques, continentales, alpines et méditerranéennes. Ces caractéristiques font du Grand Lyon une région d'une grande richesse à la fois en termes de milieux, de faune et de flore. Avec près de 3000 espèces de plantes, la région lyonnaise est une des régions les plus riches en diversité végétale de France.

Sites Urbanbees (UB)

Vingt-quatre sites d'étude répartis sur dix communes ont été prospectés sur la zone du Grand Lyon : huit en milieu urbain, huit en milieu périurbain, quatre en milieu agricole et quatre en milieu semi-naturel. Le territoire où se situent les huit sites urbains est composé de 89% d'espaces artificiels : 52% d'habitations, 9% de zones dédiées aux activités économiques et 27% d'autres espaces artificialisés (Agence d'urbanisme de Lyon, 2007). Cinq sites se situent à Lyon et trois à Villeurbanne. Le territoire où sont implantés les huit sites « périurbains » est composé de 53% d'espaces artificiels : 33% d'habitation, 10% de zones dédiées aux activités économiques et 10% d'autres espaces (Agence d'urbanisme de Lyon, 2007). Ces sites sont

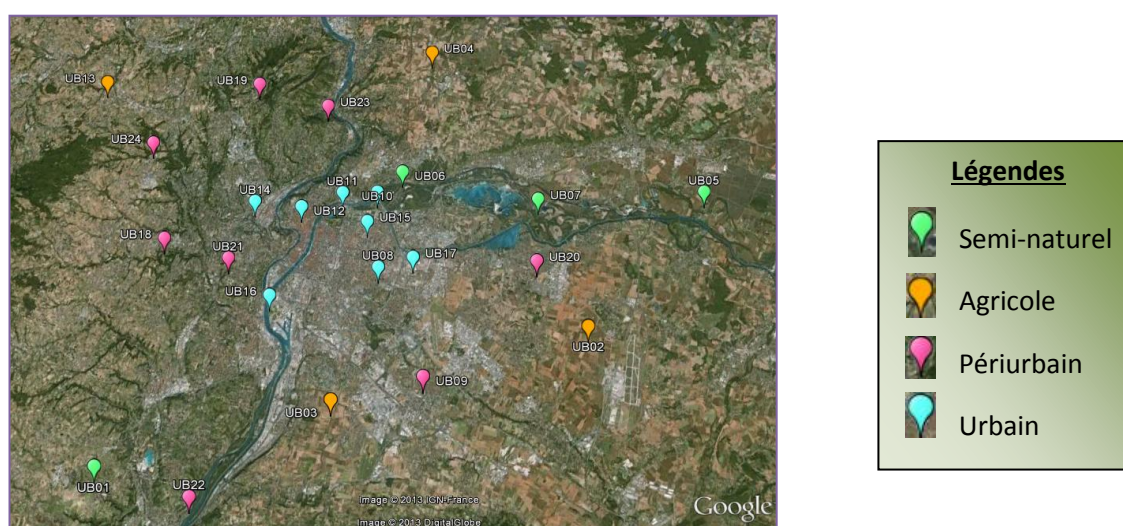


Figure 1 : Géolocalisation des 24 sites URBANBEES (Source Google Earth),
Réalisation : Quentin BRUNET DUNAND

répartis autour du noyau Urbain constitué par Lyon et Villeurbanne.

Aménagement des sites (Cf Annexe : Figure I)

Seuls les seize sites urbains et périurbains ont été aménagés pour la conservation et la protection des abeilles sauvages. Une première partie des aménagements a eu lieu en 2010 (Parc de Gerland, Parc de la Tête d'Or, Cressonnière, Léon Chomel, SMIRIL, Stade de Limonest, Parc République de Meyzieu et Chemin des Haut du bois de Sainte-Foy-lès-Lyon). Les huit autres ont été réalisés en 2012 (Parc de Chambovet, Parc de la Feyssine, Château du Tourvéon, Grand Moulin de l'Yzeron, Ecole Vétérinaire et Parc du château). Ces sites ont pour rôle de subvenir aux besoins en ressources de nidification et d'alimentation des abeilles sauvages. Ils sont constitués d'hôtels à abeilles, de spirales à insectes, de carrés de sol, et de supports de communication. Sur certains sites, des prairies fleuries ont été semées.

Les hôtels (Annexe Ic) sont des structures en bois garnies de tiges creuses, de tiges à moelle tendre, de buches percées et de terre sèche (pisé). Ceci permet la nidification d'une grande diversité d'abeilles, caractérisée par des exigences souvent marquées, à la fois en termes de matériaux et de taille des cavités.

Les spirales à insectes (Annexe Ib) sont des murets de pierres montés en spirale, sur lesquels sont plantées des plantes aromatiques servant de ressources de nectar et de pollen pour les abeilles. Ces aménagements permettent de créer un milieu sec et chaud idéal pour ce type de plantes et propice à l'installation d'une grande biodiversité faunistique, telles que les abeilles rupestres mais aussi les lézards, les coccinelles, les araignées,...

Les carrés de sols (Annexe Id) sont des carrés de cinquante centimètres de côté régulièrement désherbés à la main afin de les maintenir en espaces de terre à nue. Les planches qui l'entourent sur cinquante centimètres de profondeur empêchent les racines d'y pénétrer. Ces carrés sont remplis d'un mélange de terre, sable et argile, à différentes proportions permettant la nidification des abeilles terrioles.

Les supports pédagogiques permettent de présenter le programme Urbanbees, d'apprendre et d'expliquer les enjeux de la conservation et la protection des abeilles sauvages.

Description des techniques de piégeage

Piégeage passif : coupelles colorées

Le piégeage par coupelles est non sélectif et permet d'obtenir des données quantitatives sur l'abondance en abeilles sans biais dû à l'efficacité de capture. Cette méthode est basée sur l'attractivité exercée par certaines longueurs d'ondes sur les abeilles. Sur chaque site, deux lots de trois coupelles colorées (bleue, jaune et blanche) sont installés une fois par mois (tous les 30 +/- 5 jours) pendant 24 heures. L'un des lots est installé en milieu très ouvert, l'autre en bordure de haie, forêt, cours d'eau ou muret, à proximité du site. Chaque lot, est installé de manière à former un triangle afin que les coupelles soient éloignées de 3 mètres les unes des autres. Puis les coupelles sont fixées sur des piquets par une couronne en fer ajustable afin d'installer la coupelle légèrement au dessus de la hauteur de la strate herbacée (variable selon les sites). Elles sont ensuite remplies d'un mélange d'eau et de quelques gouttes de détergeant



a



b

Figure 2 : Triptique de coupelles (a) et exemple de coupelle jaune et ses insectes piégés (b)

afin de casser la surface de l'eau et ainsi de faire couler les insectes. 24 heures plus tard, le contenu des coupelles est prélevé et conservé dans des flacons contenant de l'éthanol à 70% et une étiquette sur laquelle est écrite la date, le nom du site, le nom du collecteur, la couleur de la coupelle et le numéro du lot. Les individus collectés sont ensuite lavés, épinglés, séchés et étiquetés afin d'être identifiés au genre puis envoyés aux différents spécialistes pour une identification à l'espèce. Les abeilles domestiques présentes dans les coupelles sont directement dénombrées et notées sans être préparées pour la détermination.

Piégeage actif: chasse à vue au filet entomologique

Cette technique de piégeage est sélective car elle s'effectue en chasse à vue directement sur les fleurs que les abeilles butinent. Elle comporte un biais non négligeable lié à l'expérience de capture de l'expérimentateur. De plus, cette méthode nécessite des conditions météorologiques favorables qui sont : une température supérieure à 15°C, une végétation sèche, et un vent faible (<30km/h). Comme pour la méthode des coupelles, les relevés sont réalisés une fois par mois en alternant un relevé le matin, et un relevé l'après midi d'un mois sur l'autre, pour chaque site. Cela est important car nous ne retrouverons pas forcément les mêmes espèces sur les sites le matin et l'après-midi. Le prélèvement est réalisé sur les plantes en fleurs dans un rayon de 100 mètres autour du barycentre des lots de coupelles. Dans un premier temps, toutes les plantes en fleurs de cette zone sont identifiées à l'espèce, soit directement sur le terrain si c'est possible, soit en les prélevant ou les photographiant afin de les envoyer au Jardin Botanique de Lyon pour détermination. Dans un deuxième temps, nous sélectionnons le patch de fleurs le plus abondant pour chaque espèce afin qu'il soit prospecté. Si pendant deux minutes, aucune abeille ne butine cette espèce nous passons alors à l'espèce suivante. A contrario, si nous observons des abeilles butinant ces fleurs, nous les capturons à l'aide d'un filet entomologique, pendant une durée de cinq minutes effectives, c'est-à-dire, en décomptant les temps d'observation dans le filet et la mise en flacon. Concernant les quelques espèces facilement identifiables sur le terrain (et sans aucune possibilité de confusion), nous prenons soin de noter leur nom, leur sexe et leur abondance sur l'étiquette associée à la plante étudiée de manière à pouvoir les libérer. Les autres individus prélevés sont placés dans un pot à cyanure de potassium préalablement activé par quelques gouttes d'eau et contenant un papier absorbant pour éviter que les spécimens se trouvent collés au bloc de cyanure. Les abeilles meurent en moins d'une minute et sont ensuite placées dans un flacon étiqueté avec la



**Figure 3 : Capture active au filet
Parc du Château Saint-Priest**

date, l'heure de capture, le nom du site, le nom de la fleur, et le nom du collecteur. Enfin, les flacons sont placés au congélateur avant de préparer les abeilles pour l'identification comme vu précédemment.

Piège à émergence : carrés de sols

La méthode du piège à émergence nécessite des conditions météorologiques similaires à celles de la capture au filet. Un désherbage manuel par les agents des espaces verts a lieu tous les mois sur les carrés de sols. Pour chacun d'eux, un quart du carré est échantillonné afin de réduire l'impact sur la population qui y niche. Ce quart est déterminé de manière aléatoire lors du premier mois de l'expérimentation et restera inchangé jusqu'à la fin. Les relevés sont réalisés en alternant matin et après midi chaque mois (30 +/- 5 jours) afin de réduire les biais d'échantillonnage. Des cages d'émergence sont disposées au dessus de chaque nid et laissées en place 45 minutes. Les abeilles sont ensuite capturées dans des flacons contenant du cyanure de potassium comme expliqué précédemment. Les abeilles sont ensuite placées dans des flacons étiquetés avec la date, l'heure, le nom du site, le nom du collecteur et le numéro du carré de sol. Enfin, les flacons sont stockés au congélateur avant les différentes étapes de montage et détermination des abeilles.



Figure 4 : Cage à émergence
Grand Moulin de l'Yzeron

Montage et identification des abeilles (Cf Annexe : Figure II,III et IV)

L'objectif de l'épingleage des abeilles est de mettre en évidence les caractères nécessaires à la détermination taxonomique de ces insectes. Dans un premier temps, nous déterminons le sexe de l'individu, soit en relevant la présence de structures de récolte et/ou d'un dard uniquement présents chez les femelles, soit en comptant les segments antennaires. En effet, le mâle en possède treize alors que la femelle n'en a que douze. La deuxième étape consiste à écarter les mandibules (Cf figure IIa) et sortir la glosse (langue) à l'aide d'une aiguille. Si le spécimen est un mâle, il est nécessaire d'extraire ces genitaliae (partie génitale mâle) de son abdomen (Cf figure IIb), en prenant soin de ne pas arracher le tégument qui le maintient accroché. L'abeille doit ensuite être épinglée à l'aide d'une aiguille adaptée à sa taille. Elle est perforée à droite du centre du thorax puis calibrée à l'aide d'un gabarit (Cf figure IIc). Ensuite, elle est étalée sur une plaque de polystyrène à l'aide d'une pince souple et d'aiguilles dans le but de la faire sécher dans une position confortable à la détermination, la première paire de pattes vers l'avant et les deux dernières paires vers l'arrière (Cf figure IId). De plus, les ailes doivent être accrochées ensemble et étalées perpendiculairement au thorax de manière bien visible sans superposition des ailes. Enfin la langue et les genitaliae doivent être visibles.

Les abeilles sont alors mises à sécher pendant 48 heures dans un endroit protégé pour éviter tout choc. Elles sont ensuite identifiées au genre par les personnes formées à l'identification (Cf figure III), puis saisies dans une base de données qui permettra par la suite d'imprimer des étiquettes personnalisées pour chaque abeille. Une fois les spécimens

étiquetés (Cf figure IV), ils sont classés par genre et envoyés aux différents spécialistes capables d'identifier ces genres d'abeilles jusqu'à l'espèce.

Protocole réalisé en 2013 (Relevés complémentaires)

Afin de compléter les connaissances sur l'écologie des abeilles en milieu urbain et de rédiger un guide de gestion à destination des espaces verts, en 2013 nous avons axé notre étude sur les ressources alimentaires que représentent les par terre de fleurs horticoles, les arbres d'alignement et les espèces invasives en milieu urbain.

Choix des sites

Nous avons choisi d'échantillonner dans des milieux très urbanisés. Les îlots de voirie choisis ont donc été sélectionnés dans Lyon et Villeurbanne, et de manière à être suffisamment éloignés des sites URBANBEES aménagés et des lieux considérés comme riches en ressources de nidification et d'alimentation (exemple : parc de Parilly, les berges végétalisées du Rhône,...). Chaque site a été géoréférencé et un rayon de 1km a été respecté entre chaque site prospecté (Zurbuchen et al. 2010). Tous les mois, nous alternons l'ordre de passage sur les sites afin que chaque site ait été visité le matin et l'après-midi.

Choix des plantes (Cf liste en Annexe)

Nous avons sélectionné une liste de plantes horticoles ou sauvages utilisées de façon récurrente notamment par les espaces verts du Grand Lyon. Le but étant de préconiser l'utilisation de certaines essences à valeurs nectarifère ou pollinifère ou à contrario de déconseiller la plantation de certaines plantes n'ayant pas ou peu d'intérêt. La liste a été établie à dire d'experts, d'après des données bibliographiques et en concordance avec les plantes issues du centre de production horticole du service des espaces verts de la ville de Lyon basé à Mizérieux. De plus, afin d'affiner cette liste et de donner à l'étude une résonance européenne, nous avons confronté cette liste de plantes avec les listes de plantes fréquemment utilisées par d'autres villes européennes comme Berne ou Luxembourg ville.

La méthode est la même que celle citée précédemment, hormis quelques détails qui suivent:

- La capture sur les arbres se fait à l'aide d'un filet entomologique de 70 cm de diamètre à mailles fines avec un manche de 2, 30 mètres de long.
- Il est important que chaque espèce ou variété de plante étudiée soit présente dans au moins 2 sites différents pour la validation et l'exploitation des données obtenues.

Analyse des données

Calcul du gradient d'urbanisation et occupation des sols

La cartographie du Grand Lyon a été mise à notre disposition par l'agglomération dans le cadre de la thèse de Laura FORTEL. Le logiciel utilisé pour les systèmes d'informations géographiques est Arc GIS (ESRI, 2012) et a été réalisé par l'équipe « Pollinisation et Ecologie des Abeilles » de l'INRA d'Avignon (Cf figure V en annexe).

Tableau 1 : Regroupement des variables environnementales sous forme de classe d'occupation des sols utilisé pour estimer le gradient d'urbanisation

Catégorie d'urbanisation	Éléments du paysage qui composent la couche
Couverture végétale	lande ligneuse, haie, forêt fermée de feuillus et forêt ouverte
Zones vertes	parcs public, jardin public et privé, espaces verts
Surface d'eau	rivière, fleuve, ruisseau, lac artificiel/ naturels, zones humides
Chemin	larges et petits chemins pour piétons
Route	autoroute, route, rue
Bâtiments	maisons, bâtiments et surfaces imperméables

Pour la catégorie « agricole » ce sont les champs des exploitations qui ont été pris en compte

Traitements statistiques

L'ensemble des analyses statistiques a été réalisé à l'aide du logiciel R (R version 3.0.0, 2013). Les AFC et ACP ont été réalisés à l'aide du package ade4 du pbl-Lyon1 et leurs sorties et scripts R sont disponibles en annexe

Résultats

Analyses simples de la répartition spécifique des Apiformes et de leurs ressources alimentaires par contexte paysager

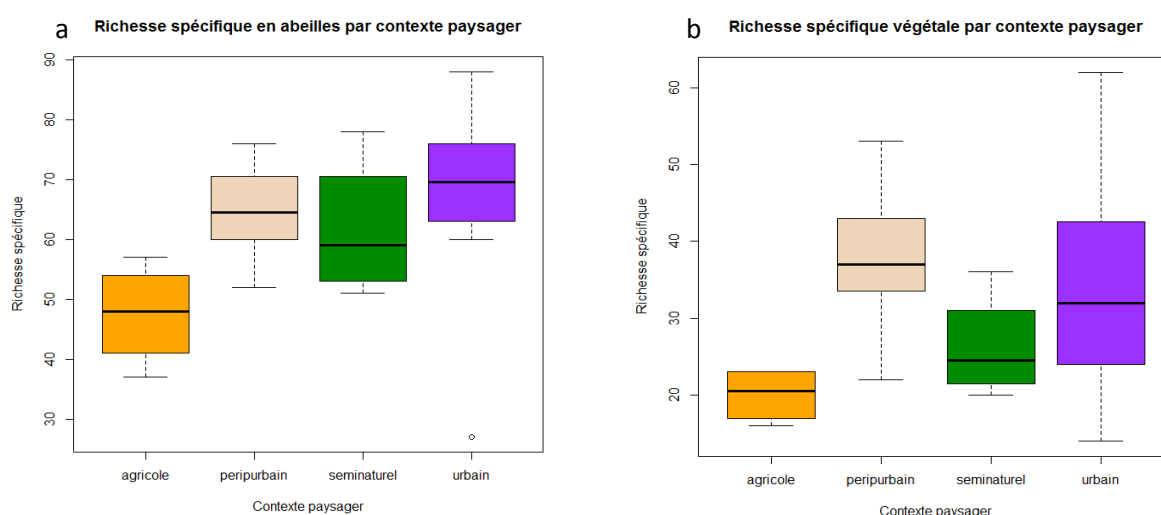


Figure 5: Distribution de la richesse spécifique d'apiforme (a) et de leur ressource alimentaire (b) par type de milieu (agricole, urbain, périurbain, semi-naturel)

Premièrement, les figures 5a et 5b permettent de mettre en évidence la grande variabilité intra-classe. C'est pourquoi ces données n'ont fait l'objet d'aucun test statistique. Les graphes permettent cependant d'observer quelques tendances.

Nous observons par exemple dans le graphe 5a que les milieux agricoles sont en général les milieux les plus pauvres en diversité d'Apiforme (avec une médiane de 48), bien que certains sites issus des autres classes paysagères montrent des résultats parfois similaires. Au contraire les milieux urbains ont une légère tendance à être plus riches en espèces d'abeilles (avec une médiane de 70), ce qui représente 20 espèces de plus qu'en milieux agricoles. Toutefois, étant donnée la variabilité observée, certains milieux urbains présentent des richesses spécifiques moins importantes que certains milieux périurbains et semi-naturels. Nous observons que toutes les classes paysagères présentent une variabilité relativement similaire.

Nous observons dans le graphe 5b que les milieux agricoles qui sont les plus homogènes sont en général les milieux les plus pauvres en diversité de plantes à fleurs (avec une médiane de 20), bien que certains sites issus des autres classes paysagères montrent des résultats parfois similaires. Au contraire les milieux périurbains ont tendance à être les milieux les plus riches en espèces végétales fleuries (avec une médiane de 37), ce qui représente presque le double du nombre d'espèces trouvées en milieux agricoles. Toutefois, étant donnée la variabilité observée, certains milieux périurbains présentent des richesses spécifiques moins importantes que certains milieux urbains et semi-naturels. Nous observons que le milieu urbain est le contexte paysager ayant la plus grande variabilité en nombre d'espèces de plantes à fleurs.

Le graphique (Cf annexe : figure VI) montre des résultats assez homogènes au niveau de l'abondance d'abeilles selon le contexte paysager.

Tableau 2: Tableau récapitulatif des données d'abondance et de richesse spécifique (RS) par site, classé par contexte paysager (SN=semi naturel, AG=agricole, U=urbain, PU=périurbain)

Site	UB1	UB2	UB3	UB4	UB5	UB6	UB7	UB8	UB9	UB10	UB11	UB12
Contexte	SN	AG	AG	AG	SN	SN	SN	U	PU	U	U	U
RS plantes à fleurs	26	23	18	23	20	36	23	22	53	29	36	14
RS Abeilles sauvages	63	51	45	37	55	78	51	74	70	71	88	27
Abondance Abeilles	153	367	480	119	260	359	181	269	429	498	505	66
Site	UB13	UB14	UB15	UB16	UB17	UB18	UB19	UB20	UB21	UB22	UB23	UB24
Contexte	AG	U	U	U	U	PU	PU	PU	PU	PU	PU	PU
RS plantes à fleurs	16	49	62	35	26	37	38	22	37	48	31	36
RS Abeilles sauvages	57	78	68	66	60	63	66	52	71	76	58	62
Abondance Abeilles	212	382	354	308	257	256	201	280	274	579	289	199

Le tableau 2 montre encore une fois la grande variabilité existant entre les sites d'une même classe de contexte paysager. Nous voyons par exemple que les résultats de richesse spécifique et d'abondance en abeilles sauvages les plus faibles appartiennent au site UB12 « Bon Pasteur ». Il en va de même pour sa richesse spécifique en plantes à fleurs. Ainsi sur ce site, nous avons observé 61,1% d'espèces végétales fleuries, 69,3% d'espèces d'abeilles et

86,9% d'abondance d'abeilles en moins qu'au site UB11 « Parc de la Feyssine ». Ce dernier est le site qui possède la plus grande richesse spécifique d'Apiforme pour l'année 2011. Le site présentant la plus forte abondance en abeilles sauvages et le site UB22 « SMIRIL » avec 579 abeilles sauvages en un an, toutes méthodes confondues. Concernant la diversité de plantes à fleurs c'est le site UB15 «Léon Chomel » qui domine les autres. En terme d'abondance nous observons en générale un plus grand nombre d'abeilles en milieux urbains et périurbains.

Spécialisation et ubiquisme des abeilles et de leurs ressources alimentaires :

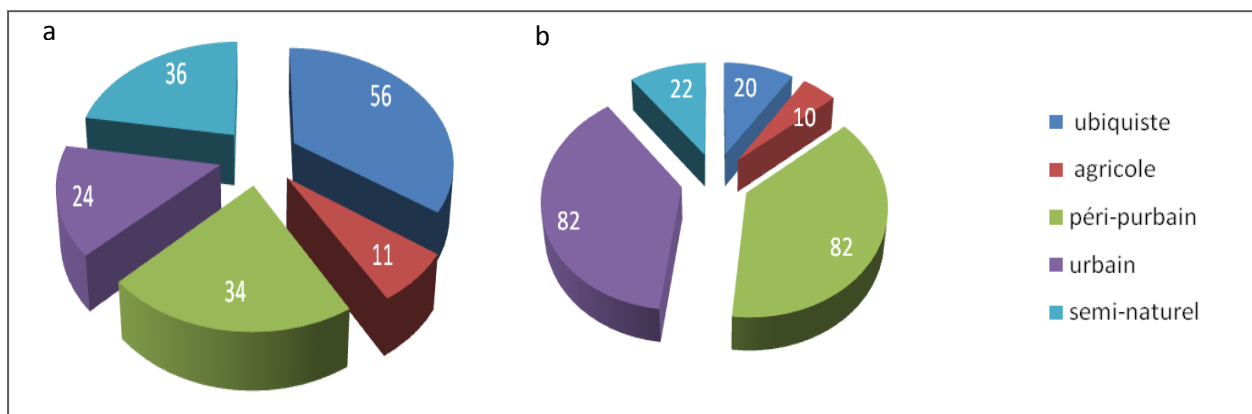


Figure 6 : Richesse spécifique d'apiforme (a) et végétale (b) ubiquiste et spécialisé par type de milieu (agricole, urbain, périurbain, semi-naturel)

La figure 6a ci-dessus montre que sur 312 espèces d'abeilles échantillonnées 56 sont présentes sur l'ensemble du gradient d'urbanisation, ce qui représente seulement 17,95% des abeilles prélevées. Seules 11 espèces sont inféodées aux zones agricoles, contre 24 pour les milieux urbains, 34 pour les périurbains et 36 pour les semi-naturels.

La figure 6b présente la répartition des plantes à fleurs échantillonnées le long du gradient d'urbanisation. Sur 272 espèces relevées seules 20 ont été retrouvées dans les quatre types de milieu, soit 7,35% des plantes échantillonnées. Comme précédemment, les sites agricoles sont les milieux présentant le moins d'espèces spécialisées avec seulement 10 espèces, contre 22 pour les semi-naturels, 82 pour les urbains et 82 pour les périurbains.

Analyse des données relatives à la caractérisation des sites URBANBEES

Nous avons réalisé une cartographie de l'occupation des sols à partir du logiciel Arc GIS et des ortho-photographies mises à notre disposition par l'agglomération du Grand Lyon. L'occupation du sol a été identifiée dans un rayon de 500 mètres autour des sites Urbanbees afin d'obtenir une matrice de la superficie en mètres carrés des différentes variables d'urbanisation (routes, bâtis, chemins, couvert végétal, surfaces cultivées, et cours d'eau). Ces données ont été traitées par la suite à l'aide du logiciel R afin de mieux visualiser le gradient d'urbanisation.

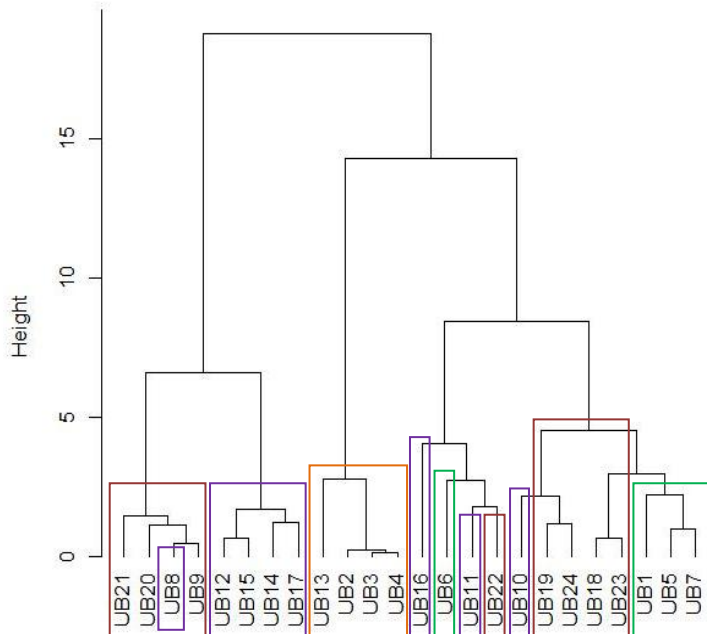


Figure 7 : Classification hiérarchique (méthode ward) des données d'occupation des sols (centrées réduites) dans un rayon de 500 mètres autour des sites d'étude

et UB6. Un troisième groupe caractérisé par la présence d'importantes surfaces agricoles se distingue nettement des autres et rassemble les sites UB2, UB3, UB4, et UB13. Le groupe suivant réunit les sites UB12, UB15, UB14 et UB17 caractérisés par des surfaces très importantes de bâti et de routes. Pour finir, un dernier groupe rassemble les sites UB8, UB9, UB20 et UB21 ayant des superficies plutôt homogènes entre les variables d'urbanisation.

L'axe 1 et l'axe 2 de l'ACP contribuent à expliquer respectivement 41,64% et 73,39% de l'inertie totale. Ce qui nous permet d'expliquer de manière assez précise la répartition des sites selon l'occupation du sol à 500 mètres des sites.

Le cercle de corrélation des composantes 1-2 montre que les variables « routes » et « bâtiments » sont corrélées entre elles et expliquent respectivement 75% et 78% de la première composante de l'ACP. Ces deux variables sont inversement corrélées à la variable « couverture végétale » qui explique la troisième composante de l'ACP. L'axe 2 explique quant à lui la variable « zones agricoles » (89%) qui est inversement corrélée aux variables « chemin », « eau » « couverture végétale » et « zones vertes ».

La classification hiérarchique des sites selon un gradient d'urbanisation nous permet de mieux analyser les ressemblances et dissemblances entre sites. Ici les données ont été préalablement centrées et réduites afin de faciliter leur comparaison. Cette analyse révèle la présence de cinq groupes de sites. Nous pouvons observer un premier groupe caractérisé par d'importantes surfaces végétalisées regroupant les sites UB1, UB5, UB7, UB18, UB23, UB10, UB19, et UB24. D'autre part, l'analyse révèle la présence d'un second groupe assez proche caractérisé par des surfaces végétalisées assez vastes, la proximité d'un fleuve et entouré de zones urbaines assez denses. Celui-ci regroupe les sites UB11, UB22, UB16,

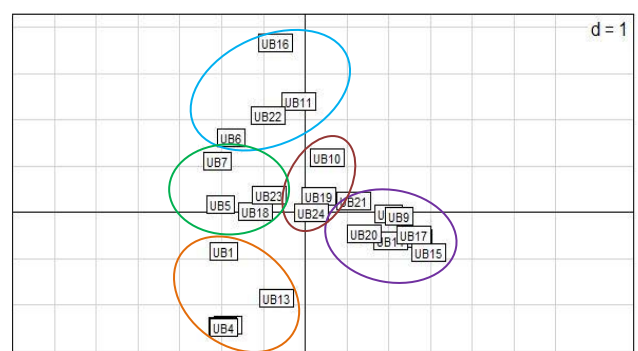
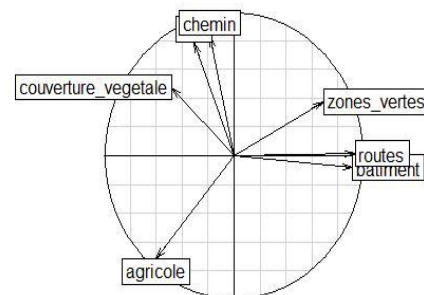


Figure 8: Analyse en composante principale des données d'occupation des sols dans un rayon de 500 mètres autour des sites d'étude

L'analyse en composantes principales des données d'urbanisation permet de mettre en évidence différents groupes. Un premier groupe rassemble les sites UB1, UB2, UB 3, UB4 et UB13 caractérisés par d'importantes surfaces agricoles aux alentours. D'autre part, nous observons un regroupement des sites UB23, UB18, UB5, et UB7 entre surface agricole et couvert végétal important. Le groupe suivant réunit les sites UB6, UB22, UB11, et UB16 caractérisés par beaucoup de chemins, cours d'eau et d'assez grandes surfaces de couvert végétal. Enfin, deux autres groupes se détachent et sont caractérisés par des surfaces de bâtis et de routes importantes pour les sites UB10, UB19 et UB24 et très importantes pour les sites UB21, UB20, UB17, UB15, UB9, UB8 , UB12, et UB14.

Analyses multivariées des données de richesse spécifique faunistique et floristique selon le contexte paysager

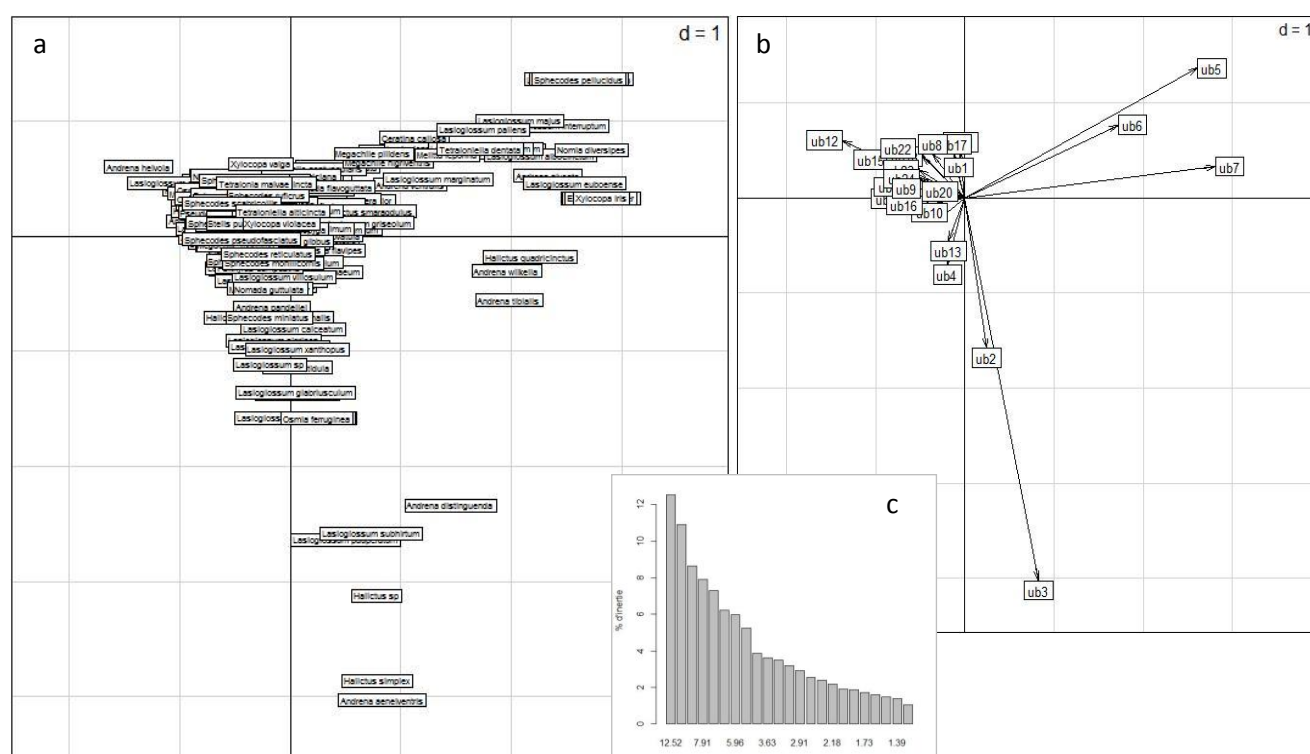


Figure 9: Analyse factorielle des correspondances du tableau de données des espèces d'abeilles sauvages (a) en fonction des sites (b) et son histogramme d'ébouilissement du pourcentage d'inertie (c)

La figure 9a montre tout d'abord qu'il y a une bonne répartition des genres d'abeilles sauvages le long du gradient d'urbanisation (axe 1) et le long du gradient de naturalisation (axe 3). Toutefois, nous pouvons voir que la répartition des espèces n'est pas homogène sur l'ensemble des sites, comme nous l'avons déjà relevé sur la figure 5a. Afin de confirmer cette observation nous avons réalisé un test d'indépendance des espèces d'abeilles et des sites de relevés. Le test de Pearson révèle avec une p.valeur de 0,004998 que nous n'avons pas une répartition aléatoire des espèces en fonction des sites.

La valeur de corrélation canonique est de 63,7% entre les espèces d'abeilles et les sites UB. Les deux premiers axes expliquent respectivement 40,6% et 35,4% de l'inertie totale. Nous observons que certaines espèces sont en effet plus liées à certains milieux. Prenons par

exemple le groupe d'espèces *Lasioglossum pauperatum*, *Halictus simplex* et *Andrena aeneiventris* que l'on retrouve uniquement dans les sites agricoles. A contrario, nous retrouvons un groupe d'espèces qui se détache avec des espèces comme *Nomioides minutissima*, *Hoplitis leucomelana*, *Lasioglossum sextrigatum*, et *Anthophora bimaculata* que l'on ne retrouve qu'en milieu semi-naturel et essentiellement sur le site UB5 « Balan », seul site où nous avons trouvé le genre *Nomioides*. Enfin, un troisième groupe regroupant lui aussi des espèces caractéristiques du milieu semi-naturel, est constitué entre autre de *Xylocopa iris*, *Epeolus cruciger*, et *Nomia diversipes*. La contribution absolue des points UB12, UB5, UB6 et UB7 à l'axe 1 est très forte, et il en est de même pour les espèces qui se détachent sur l'axe 1 comme *Lasioglossum euboense* et *Halictus quadricinctus*. Pour l'axe 2 ce sont essentiellement les sites UB3, UB2 et UB5 qui contribuent à l'orientation de l'axe.

L'inertie totale est de 14,10 % ce qui est relativement faible. Cependant en observant l'éboulis des pourcentages d'inertie, nous pouvons voir que la distribution des sites et des

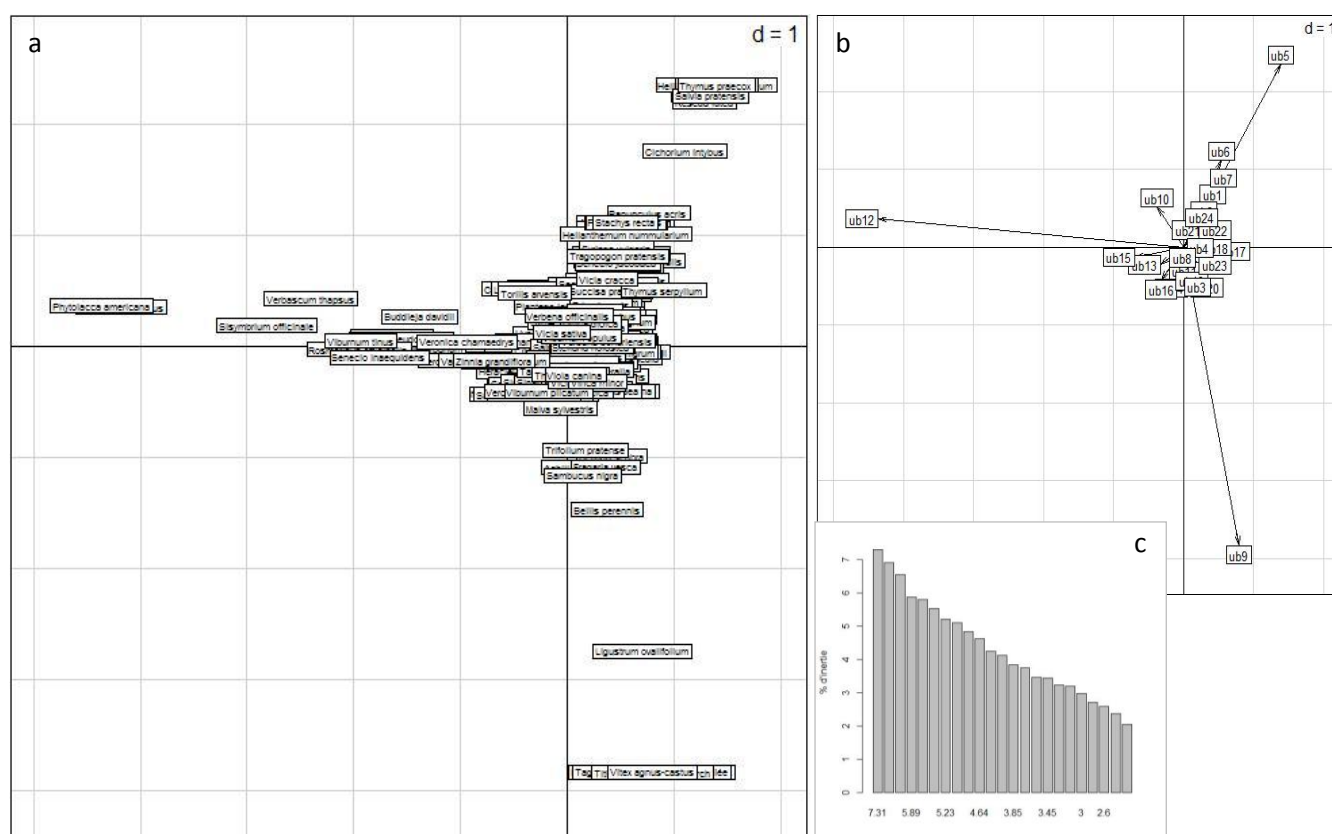


Figure 10: Analyse factorielle des correspondances du tableau de données des espèces végétales fleuries (a) en fonction des sites (b) et son histogramme d'éboulis du pourcentage d'inertie (c)

espèces fait essentiellement l'objet de deux facteurs. Ceux-ci expliquent la majorité de l'inertie totale, bien que celle-ci soit faible. Ainsi ces facteurs sont importants mais ne doivent être tenus comme entièrement responsables de la distribution de ce nuage de points.

La figure 10a montre tout d'abord que la répartition des espèces n'est pas homogène sur l'ensemble des sites. Afin de confirmer cette observation nous avons réalisé un test d'indépendance des espèces de plantes à fleurs et des sites de relevés. Le test de Pearson révèle avec une p.valeur de 0,004998 que nous n'avons pas une répartition aléatoire des espèces en fonction des sites.

La valeur de corrélation canonique de cet AFC est de 84,0% entre les espèces de plantes à fleurs et les sites UB. Le premier axe explique à lui seul 70,5% de la variance totale, contre 66,9% pour le deuxième. Nous observons que certaines espèces sont en effet plus liées à certains milieux. Prenons par exemple les espèces en haut à droite du graphe telles que *Genista tinctoria*, *Reseda lutea*, *Ligustrum vulgare*, et *Helianthemum apenninum* caractéristiques des milieux semi-naturels et en particulier du site UB5 de « Balan ». Nous pouvons distinguer un second groupe d'espèces aux coordonnées négatives sur l'axe 1 et nulles sur l'axe 2 de l'AFC. Ce groupe est constitué d'un ensemble d'espèces dont *Euphorbia cyparissias*, *Galium aparine*, *Chelidonium majus*, et *Berbasum thapsus*. Un troisième groupe d'espèces retrouvé uniquement en milieu périurbain est présent à des coordonnées très négatives sur l'axe 2 et nulles sur l'axe 1. Ce groupe est composé d'espèces comme *Choysia ternata* 'Aztec Pearl', *Nepeta mussini* 'senior', *Vitex agnus-castus*, et *Salvia nemorosa* 'Superba'. Un dernier groupe moins distinguable entre le dernier groupe cité et l'amas au centre de l'AFC rassemble des espèces telles que *Fragaria vesca*, *Bellis perennis*, *Achillea millefolium*, *Sambucus nigra*, et *Trifolium pratense*. La contribution absolue à l'axe 1 des points UB12 et dans une moindre mesure UB5 est très forte, et il en est de même pour les espèces *Euphorbia cyparissias* et *Galium aparine* qui se détachent sur l'axe 1. Pour l'axe 2 se sont essentiellement les sites UB5, et UB9 qui contribuent à l'orientation de l'axe. Du côté des espèces nous observons *Prunus accolade* et *Salvia pratensis* qui contribuent fortement à l'orientation de ce même axe.

L'inertie totale est de 41,95 % ce qui est un bon résultat. Cependant en observant l'éboulis des pourcentages d'inertie, nous pouvons voir que la distribution des sites et des espèces fait l'objet de plusieurs facteurs ayant des contributions relativement proches les uns des autres. Il est donc difficile de dégager des composantes simples expliquant la répartition des espèces végétales fleuries le long du gradient.

Discussion

Interprétation des données d'occupation des sols

La classification ascendante hiérarchique nous a permis de mettre en évidence des ressemblances et dissemblances entre certains sites. Les sites se répartissent tout d'abord entre sites urbains au sens large (urbains et périurbains) et sites ruraux. Puis dans les sites urbains nous avons les sites périurbains et urbains, alors que du côté rural nous observons une distinction entre zones agricoles et zones plus naturelles à forte couverture végétale. Au sein de ces dernières, nous avons relevé la présence d'un groupe qui pourrait faire l'objet d'un nouveau groupe appelé « parc urbain ». Ce groupe que nous avons découvert rassemble les sites UB11, UB22, UB16, UB10 et UB6 qui sont très semblables et pourtant divisés dans des classes de contextes paysagers différentes. En effet, ces sites sont assez similaires car ils partagent la caractéristique d'être des parcs aménagés pour la détente et les loisirs aux abords ou au centre d'une grande ville. Ils montrent d'ailleurs une distance assez faible avec les sites semi-naturels UB5, UB6, et UB7 caractérisés par un couvert végétal important, des eaux de surfaces et des chemins. La classification montre aussi que UB19 et UB24 sont des sites périurbains un peu à part car ils se rapprochent plus de sites semi-naturels tout comme les « parcs urbains ». Ceci peut s'expliquer par la présence de vastes zones vertes aux alentours des sites, le parc de Lacroix Laval pour UB24 et la forêt communale de Poleymieux-au-Mont-

d'Or pour UB19. D'autre part, les sites UB23 et UB18 classés en périurbain se trouvent a posteriori plus proches des sites semi-naturels étant donnée la superficie de certaines zones vertes conservées aux alentours (forêts privées). Enfin, le site UB8 avec son contexte très minéral semble plus proche des sites périurbains que urbains. Ce site est en effet un petit parc urbain qui dans son contexte paysager n'est pas aussi riche que les « parcs urbains » car il y a beaucoup moins de chemins et de couvert végétal et il n'y a pas de fleuve à proximité.

En complétant cette représentation par une analyse en composante principale à partir des données SIG d'occupation des sols dans un rayon de 500 mètres des différents sites, nous retrouvons des résultats assez similaires. Nous pouvons observer que les sites agricoles et semi-naturels sont régis par la « couverture végétale », l'« eau » et les « chemins » d'une part et la présence de « structure agricole » d'autre part. Pour les sites urbains et périurbains nous observons des différences moins importantes mais tout de même remarquables, avec l'opposition « zones vertes » d'un côté et « routes » et « bâtis » de l'autre. Encore une fois, les sites UB11, UB22, UB16, UB10 et UB6 se distinguent par leur statut de « parc urbain » et remettent ainsi en cause le choix des sites par classe. Il est clair qu'un îlot de verdure en terrain artificiel comme le site de « Bon Pasteur » ne peut être comparé au site « Parc de la Tête d'Or » qui est encerclé d'un parc de 117 hectares de terrain consacré à la conservation et la démonstration de collections botaniques et zoologiques mais aussi à la détente et à l'esthétisme vert de ce « poumon » au cœur de la ville. En effet, nous pouvons l'imaginer rien qu'à la richesse et l'abondance de plantes à fleurs, et de la multiplicité des zones potentielles de nidification pour les abeilles que les deux sites sont très hétérogènes. Ici est montré que le programme URBANBEES n'a pas facilité l'analyse des recherches qu'il intègre. Faire un compromis entre intégrer des aménagements fortement fréquentés (pour sensibiliser un maximum de personnes) et choisir des sites pour leur homogénéité « statistique » pour la thèse sous-jacente, ne fut pas chose simple. En effet, tout site aménagé « pour augmenter ou conserver la biodiversité » se devait d'être évalué par la suite afin de démontrer leur efficacité (contrainte du programme LIFE). Ainsi pour réduire l'effort et le coût des échantillonnages il était nécessaire de faire un compromis pour éviter une multitude de sites. Cette expérience a d'ailleurs montré les limites du Programme LIFE + Biodiversité dans le cadre d'association projet de recherche et projet de sensibilisation.

Analyses simples de la répartition spécifique des Apiformes et de leurs ressources alimentaires par contexte paysager

L'étude des données faunistiques montre une grande variabilité des sites intra-classe. En effet l'abondance et la richesse en abeilles sont parfois très différentes au sein d'une même classe de contexte paysager. Ceci peut être expliqué par les grandes différences de type de gestion, de contexte géographique, et de fréquentation par le public des différents sites. L'abondance en général plus importante au sein des sites urbains et périurbains montre que les villes sont bien devenues paradoxalement des refuges pour les abeilles sauvages qui y trouve un climat plus chaud et sec, l'absence d'utilisation de produit phytosanitaire, et un fleurissement abondant et présent tout au long de l'année. Le site UB12 est plutôt ombragé et très isolé ce qui en fait l'un des sites avec le moins de richesse et d'abondance d'abeilles par rapport aux autres sites.

L'analyse des données végétales met en évidence une grande variabilité des sites intra-classe. En effet, nous avons remarqué une très grande variabilité de richesse spécifique végétale fleurie au sein des sites urbains qui peut s'expliquer assez facilement par la présence des sites UB11 « Parc de la tête d'Or », UB10 « Parc de la Feyssine » et UB16 « Parc de

Gerland » qui n'ont rien à voir par exemple avec le site UB12 « Bon Pasteur », qui peut être clairement qualifié d'urbain. Il faudrait surement créer une classe « parc urbain » car le contexte paysager de ces sites est particulièrement riche contrairement aux autres sites urbains et périurbains.

L'étude de la spécialisation des espèces d'Apiforme le long du gradient d'urbanisation montre que seulement 17,95% des espèces échantillonnées sont ubiquistes. Ces résultats sont encourageants et montrent que la diversité en ville n'est pas uniquement composée d'espèces très généralistes, mais qu'elle accueille également des espèces plus spécialisées occupant des niches écologiques différentes. De plus, elle démontre encore une fois que les milieux périurbains sont les milieux étudiés les plus propices à l'établissement des populations d'Apiforme. En effet, ces milieux offrent une grande diversité végétale essentiellement de par la présence de plantes à fleurs tout au long de l'année grâce aux parterres de fleurs entretenus par la ville mais aussi par la flore spontanée et les plantes invasives qui peuvent être amenées à se développer dans certaines zones en friche. En outre, ceux-ci offrent une potentialité de sites de nidification plus importante que les milieux urbains étant donné leur taux d'artificialisation en général plus faible. Au contraire, les milieux agricoles montrent encore une fois leur pauvreté en terme de biodiversité (Carré G. et al., 2009). Ceci est notamment dû à l'utilisation fréquente de produits phytopharmaceutiques, à la monoculture, à l'entretien excessif des bords de culture et à la suppression de nombreuses structures non productives telles que les haies, les bandes enherbées, et les mares. L'ensemble de ces facteurs entraîne une homogénéisation des milieux et une diminution des ressources accessibles aux Apiformes et à la végétation spontanée.

Analyses multivariées des données de richesse spécifique faunistique et floristique selon le contexte paysager

L'analyse multivariée des espèces d'abeilles montre que les abeilles ne sont pas réparties aléatoirement le long du gradient d'urbanisation. En effet, l'analyse montre un groupe central d'espèces très généralistes comme *Osmia cornuta* que l'on retrouve dans la plupart des milieux et surtout en milieu urbain et périurbain. A contrario, nous pouvons voir des groupes d'espèces plus spécialisés que l'on ne retrouve que dans certains milieux comme par exemple *Nomioides minutissima* trouvé uniquement sur le site semi-naturel de Balan. Or cette espèce a une niche écologique bien particulière que l'on ne retrouve que sur ce site particulièrement chaud et sec. Cette espèce nécessite entre autre une terre majoritairement sableuse. La répartition des espèces selon les sites est essentiellement expliquée par le degré d'artificialisation (axe 1) et la proportion de couvert végétale et autres milieux naturels (axe 2).

L'analyse similaire réalisée sur leurs ressources alimentaires montre une répartition elle aussi différenciée le long du gradient. Un groupe d'espèces généralistes est également observable avec des espèces rudérales et horticoles communes. Les quatre groupes qui se distinguent sont essentiellement dus à la spécificité de certains sites comme « Bon Pasteur » et « Balan ». Le premier étant un site purement urbain sur les pentes de la croix rousse caractérisé par un espace en friche très peu géré. Le deuxième étant un site semi-naturel à haute valeur patrimoniale, particulièrement intéressant en terme de biodiversité. Concernant, le détachement du site UB9 du « Parc du château » il peut être expliqué par la particularité de la commune de Saint Priest. En effet, commune parmi les plus grandes du Grand Lyon, elle se démarque beaucoup des autres de par l'indépendance avec laquelle elle gère ses espaces. Ayant son propre centre de production de plantes, et peu de concertation avec les communes

voisines, nous retrouvons des différences de composition des massifs fleuris, d'où la trentaine de variétés ou d'espèces de plantes horticoles retrouvées uniquement sur ce site. Cependant, l'analyse montre que beaucoup de facteurs entrent en compte dans la distribution des espèces végétales, ainsi ces données sont difficilement interprétables. Nous observons toutefois une tendance avec un axe 1 expliqué essentiellement par la couverture végétale (en opposition avec les routes et bâti) et un axe 2 qui oppose plantes indigènes (valeurs positives) à plantes horticoles (valeurs négatives).

Comparaison avec la bibliographie

Des études similaires montrent que la réponse des abeilles au gradient d'urbanisation varie selon les taxons. Par exemple, les espèces généralistes dotées de capacité de vol puissante comme *Bombus lapidarius* ou *Apis mellifera* ne répondent pas négativement à l'urbanisation. Cependant les espèces plus spécialisées telles que *Helophilus pendulus* ou *Andrena semilaevis* tendent plutôt à répondre négativement à ce facteur. Au contraire, chez certaines espèces, nous observons une réponse positive à l'urbanisation, c'est le cas notamment de *Lasioglossum sphaerulatum* et *Bombus hypnorum* (Bates et al. 2011). De même, une étude montre que les espèces spécialistes sont favorisées par des éléments paysagers de type semi-naturel alors que d'autres espèces plus généralistes sont au contraire affectées positivement par des éléments paysagers de type urbain (Carré et al., 2009). Une autre étude montre que la proximité entre site de nidification et zone de butinage favorise les abeilles sauvages (Zurbuchen et al., 2010). C'est pourquoi aujourd'hui l'aménagement des villes doit être repensé et faire place à l'apparition de trames vertes servant de corridor pour la faune sauvage, intégrant ainsi à nouveau la biodiversité à l'ensemble de la ville et aux espaces qui l'entourent.

Toutefois, il ne faut pas faire de raccourcis en croyant que conserver une espèce d'abeille à forte efficacité de pollinisation comme *Apis mellifera* suffira à maintenir nos productions agricoles et la biodiversité végétale de nos milieux urbains et ruraux. En effet, certaines études tendent à montrer qu'il est important de conserver une grande diversité de pollinisateurs, et qu'*Apis mellifera* seule ne peut assurer efficacement l'ensemble de la pollinisation. Il a notamment été prouvé qu'*Apis mellifera* bien qu'étant polylectique, concentre ses récoltes de pollen sur une espèce (Bellmann et al., 2009). Des tests montrent par exemple que les genres *Megachile*, *Nomia* et *Osmia* ont des efficacités de pollinisation bien supérieures à l'abeille domestique notamment pour les cultures de Luzerne et d'arbres fruitiers (Torchio 1987, Parker et al. 1987). D'ailleurs actuellement en ville une grande problématique voit son apparition. La politique publique vise à installer des ruchers sur les toits pour lutter contre le déclin des abeilles et favoriser la biodiversité. Cependant, l'abeille de ruche ne représente qu'une espèce. Plus inquiétant, un certain nombre d'apiculteurs vient à conseiller la plantation de *Robinia pseudoacacia* comme arbre d'alignement car idéale pour une bonne miellée, alors que cette espèce est réputée invasive et responsable d'une perte de biodiversité dans certains endroits (Lemoine G., 2010). Avec l'augmentation du nombre de ruchers dans certaines régions, des phénomènes de compétition (pour les ressources alimentaires) entre abeilles sauvages et abeilles domestiques sont observés (Gadoum et al., 2007). La présence d'abeilles sauvages est bénéfique pour l'abeille de ruche qui voit son efficacité pollinisatrice augmenter (Greenleaf et al. 2006, Brittain et al. 2013). Mais parfois, une surabondance d'abeilles domestiques peut nuire aux abeilles sauvages qui ne trouvent plus assez de pollen et de nectar en ville à cause d'une présence trop importante de l'abeille mellifère (Lemoine G., 2010). Ainsi il est important de trouver un bon équilibre entre *Apis mellifera* et les abeilles

sauvages en ville afin d'éviter l'érosion de la biodiversité des pollinisateurs contre laquelle nous essayons de nous battre et de limiter l'homogénéisation des milieux.

Étude critique du programme URBANBEES et de son programme de recherche

Étant donnée l'ampleur du programme URBANBEES, l'étude scientifique qui l'accompagne a dû faire des compromis pour le choix des sites. De plus, les contraintes amenées par le milieu urbain ne sont pas négligeables car elles ont entraîné une plus grande hétérogénéité des sites. Ceci a généré un certain nombre de bruits non négligeables dans nos analyses statistiques. Ainsi le bruit généré dans nos analyses de données, nous empêche de voir de réelles différences significatives entre les différentes classes de contextes paysagers. Ces biais sont liés à l'important anthropisme qui régit les milieux urbains et périurbains. Nous pouvons fractionner ce biais en plusieurs facteurs. Tout d'abord, un facteur lié à la multiplicité des acteurs participant à la conception et la gestion des sites (paysagistes, élus, agents d'espaces verts, ...), le type d'entretien des espaces fleuris (fréquence, type, et hauteur de fauche), le choix des essences, mais aussi l'impact du public sur les aménagements (piétinement autour des panneaux et des aménagements, cueillette de fleurs, vandalisme des hôtels et carrés de sols...). En outre, le choix des sites que nous avons fait peut largement être remis en question. Par exemple au niveau des milieux semi-naturels nous avons voulu échantillonner une diversité de milieux représentative de la richesse de la région, afin d'obtenir des nouvelles données faunistiques dans le Rhône pour les abeilles sauvages. Cela a provoqué des écarts importants entre certains sites d'une même classe comme vu précédemment dans l'analyse en composante principale.

Conclusions

Ces analyses nous amènent à confirmer l'hypothèse selon laquelle l'effet du gradient d'urbanisation sur la diversité spécifique d'Apiforme et de leurs ressources alimentaires existe réellement. En outre, cette distribution non aléatoire dépend en effet de plusieurs facteurs ; bien qu'ici seuls quelques uns ont pu être mis en évidence. Nous noterons par exemple la présence d'éléments paysagers particuliers comme les éléments semi-naturels (couvert végétale, eau, chemin), agricoles (champs), et urbains (routes, bâtiments). La diversité et l'abondance des plantes à fleurs semblent aussi avoir un impact sur la richesse et la diversité spécifique d'Apiformes, bien que la diversité floristique n'ait pas été reliée entièrement à une augmentation et à une diversification des Apiformes. Enfin, l'abondance des plantes à fleurs n'a pas été évaluée mais elle reste toujours une hypothèse plus que plausible.

Cependant, notre étude ne permet pas de tirer de grande conclusion sur l'effet du gradient d'urbanisation sur la diversité des abeilles sauvages et des plantes à fleurs. Elle est malheureusement perturbée par un bruit statistique important dû à la grande hétérogénéité des milieux étudiés. Cependant, nous notons bien une répartition différentielle de ces taxons selon le contexte paysager. Elle démontre également la complexité du travail sur un gradient d'urbanisation. Beaucoup de facteurs peuvent intervenir dans la caractérisation des sites (orientation, proximité aux autres espaces, type de gestion, ...). Il serait préférable de sélectionner des milieux plus homogènes et caractéristiques comme le fait Bates en choisissant les cimetières le long du gradient comme lieu d'étude, en choisissant par exemple

des types de milieux comme les « grands parcs urbains », les « îlots de voirie » ou encore les « bords de routes ».

A travers cette étude nous avons pu échantillonner une grande diversité d'abeilles avec presque un tiers des espèces de France présentes sur nos relevés (312 espèces). Elle montre aussi la présence d'un cortège d'espèces spécialisées à fort intérêt patrimonial qui nécessite des conditions bien spécifiques pour leur établissement. A l'inverse, nous avons mis en évidence un petit groupe d'espèces plus généralistes ayant des demandes écologiques moins importantes. De plus, la diversité de taille et de genre d'abeilles est relativement grande dans chaque contexte paysager, ce qui prouve une bonne distribution des taxons au sein des communautés d'abeilles afin d'occuper au maximum les niches écologiques potentielles mises à leur disposition. Nous démontrons également l'importance du milieu périurbain en terme de richesse spécifique de plantes fleuries (mesure directe) et richesse de lieux potentiels de nidification (mesure indirecte). Avec l'accroissement de l'étalement urbain, l'enjeu de la conservation de la biodiversité se joue ici avec la sensibilisation des citoyens (majoritairement urbains) au cœur des villes. Ceci via des démonstrations d'aménagements et de modes de gestions différenciés permettant aux citoyens de vivre avec la diversité faunistique et floristique qui les entourent. En effet les parcs urbains et les zones périurbaines présentant de relativement importantes surfaces végétalisées peuvent jouer le rôle de « vitrines » de la biodiversité afin d'encourager les citoyens à militer pour faire changer les mentalités et habitudes en ville mais aussi en zones rurales concernant la gestion et l'aménagement des milieux : Mieux comprendre la nature et ce qu'elle peut nous apporter, mais aussi vivre avec et savoir parfois la laisser faire.

Concernant l'enjeu scientifique, il serait peut être pertinent de travailler sur les traits fonctionnels des abeilles: distance inter-tegulaire (Greenleaf et al., 2007), taille du proboscis, et type de nidification (terricole, sabulicole, hélicoles, rubicole) afin d'observer un effet plus significatif du gradient sur la composition des communautés d'Apiforme. Concernant la diversité végétale une approche similaire pourrait être réalisée en utilisant les traits fonctionnels couleurs de pétales, organisation floral (corolle libre ou soudé), type de plante (horticole, indigène, ou invasive) et accessibilité au nectar (profondeur des corolles). Une donnée qu'est l'intérêt pollinique et/ou nectarifère pourrait discriminer les différentes espèces de plantes à fleurs. En effet, il ne faut pas confondre attractivité des plantes et intérêt de ces plantes pour les abeilles. Une plante bien qu'étant très attractive ne possède pas forcément un pollen et un nectar adaptés à la progéniture des abeilles qui la visitent. Toutefois, deux problèmes majeurs nous empêchent d'utiliser ces données. Dans un premier temps toutes les fleurs n'ont pas été testées pour leur intérêt pollinique ou nectarifère même si quelques documents comme celui de la Fédération Wallonne d'horticulture voient leur apparition. D'autre part, l'intérêt nectarifère et pollinique dépend aussi de l'espèce d'abeille visitant ces fleurs, il faudrait alors tester chaque fleur pour chaque espèce d'abeille qui la visite.

Bibliographie

Aebi A., Vaissière B.E., VanEngelsdorp D., Delaplane K.S., Roubik D.W. and Neumann P., (2012). Back to the future: Apis versus non-Apis pollination. *Trends in Ecology and Evolution* 1492 (2011) 1–2.

Ahrné K., Bengtsson J., Elmqvist T., (2009). Bumble bees (*Bombus* spp.) along a gradient of increasing urbanization. *PLoS ONE* 4(5): e5574. DOI:10.1371/journal.pone0005574.

Bates A.J., Sadler J.P. Fairbrass A.J., Falk S.J., Hale J.D., Matthews T.J., (2011). Changing bee and hoverfly pollinator assemblages along an urban-rural gradient. *PLoS ONE* 6(8) e23459. DOI:10.1371/journal.pone0023459.

Banaszak-Cibicka W. & Zmihorski M., (2012). Wild bees along an urban gradient: winners and losers. *J Insect Conserv* 16:331–343. DOI 10.1007/s10841-011-9419-2.

Bellmann Hans, (2009). *Guide des abeilles, bourdons, guêpes et fourmis d'Europe : L'identification, le comportement, l'habitat*. Paris, Delachaux et Niestlé, coll. « Les guides du naturaliste », 05 juin 2009 (1^{re} éd. 1995), 336 p. ISBN 978-2-603-01651-0.

Biesmeijer J.C., Roberts S.P.M., Reemer M., Ohlemüller R., Edwards M., Peeters T., Schaffers A.P., Potts S.G., Kleukers R., Thomas C.D., Settele J., Kunin W.E., (2006). Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and Netherlands *Sciences* 313: 251-353.

Brittain C, Williams N, Kremen C, Klein A-M., (2013). Synergistic effects of non-Apis bees and honey bees for pollination services. *Proc R Soc B* 280: 20122767. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2012.2767>.

Carré G. et al., (2009). Landscape context and habitat type as drivers of bee diversity in European annual crops, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 133(1) : 40–47.

Corredor Martha Lucia. *Estimation de la diversité d'abeilles sauvages selon un gradient d'urbanisation dans le Grand Lyon*. Rapport. Bioévaluation des écosystèmes. Lyon, septembre 2012..

Chagnon M., (2008). Causes et effet du déclin des pollinisateurs et moyen d'y remédier. Fédération Canadienne de la faune. Bureau régional du Québec. 70p.

Domon Lolita. *Quel ensemble de plantes fournit une ressource alimentaire favorable au maintien d'une diversité d'abeilles?* Rapport. Gestion durable de l'Environnement. Besançon le 7 septembre 2012.

Frankie G. W., Thorp R. W, Hernandez J., Rizzardi M., Ertter B., Pawelek J. C., Witt S. L., Schindler M., Coville R. and Wojcik V. A. . Native bees are a rich natural resource in urban California gardens. *California agriculture*. 63(3), p. 113-120.

Fédération Wallonne Horticole. Liste des plantes mellifères (classée par ordre alphabétique). Centre Technique Horticole de Gembloux. p.1-4. Novembre 2011.

Petridge E.D., Ascher J.S., Langellotto G., (2008). The bee fauna of residential gardens in a suburb of New York City. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 101(6): 1067-1077.

Steffan-Dewenter I., Westphal C., (2008). The interplay of pollinator diversity, pollination services and landscape change. *Journal of Applied Ecology* 2008,**45**, 737–741 doi: 10.1111/j.1365-2664.2008.01483.x

Gadoum S., Terzo M., Rasmont P., (2007). Jachères apicoles et jachères fleuries : la biodiversité au menu de quelles abeilles ? *Courrier de l'environnement de l'INRA* n° 54, septembre 2007.

Gallai, N., J-M. Salles, J. Settele and B. E. Vaissière. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68(3): 810-821.

Garibaldi et al. Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. Disponible en ligne sur <http://www.sciencemag.org/content/early/recent>. 28 février 2013. p. 1-7. DOI : 10.1126/science.1230200.

Greenleaf et al., (2007). Bee foraging ranges and their relationship to body size, *Oecologia*. 153:589–596; DOI : 10.1007/s00442-007-0752-9 123.

Greenleaf, S. S., & Kremen, C. (2006). Wild bees enhance honey bees' pollination of hybrid sunflower. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(37), 13890-13895.

Grisson-Pigé, L., Salager, J. L., Hossaert-McKey, M., & Roy, J. (2001). Carbon allocation to volatiles and other reproductive components in male *Ficus carica* (Moraceae). *American journal of botany*, 88(12) : 2214-2220.

Guirao Anne-Laure. Le gradient d'urbanisation et les abeilles sauvages: *Existe-t-il un filtre écologique sur la taille des espèces?* Rapport. Ingénierie et Gestion Territoriales. Montpellier le 25 septembre 2010.

Hernandez J., Frankie G., Thorp R., (2009). Ecology of urban bees: A review of current knowledge and directions for future study. *Cities and the environment* 2(1): article 3, 15 p.

Inouye D.W. (2013). Pollinators, role of. *Encyclopedia of Biodiversity*. Vol. 6, DOI : 10.1016/B978-0-12-384719-5.00112.

Jha S, Kremen C, Resource diversity and landscape-level homogeneity drive native bee foraging, *PNAS Early Edition*, 2012, 4p. DOI : 10.1073/pnas.1208682110:1-4.

Klein, A.M., B.E. Vaissière, J.H. Cane, I. Steffan-Dewenter, S.A. Cunningham, C. Kremen and T. Tscharntke. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London Series B*, 274(1608) : 303–313.

- Laugier R., (2012). L'étalement urbain en France : synthèse documentaire, Centre de Ressources Documentaires Aménagement Logement Nature, 23p.
- Lemoine G.. Lorsque des espaces industriels favorisent la biodiversité – Cas de la carrière de Sablon d'Homel (59) *LSA* n° 250 • 7-8/2012. p. 400-413.
- Lemoine G., (2010). Faut-il favoriser *Apis mellifera* en ville et dans les écosystèmes naturels? *Le Héron*. 43 (4) : 248-256.
- Lemoine G., (2007). De l'importance des friches minières et principalement des sablières dans la conservation des hyménoptères sabulicoles. *Le Héron*, 40(4) : 169-172.
- Lemoine G., (2012). Intérêt, gestion, protection et valorisation des terrils miniers dans le Nord-Pas-de-Calais. *Ann. Soc. Géol. du Nord*. T. 19 (2ème série), p. 1-8.
- Lemoine G., (2006). Les sablières : une chance pour les hyménoptères terricoles. *Bulletin de la société entomologique du Nord*, 320 : 2-12.
- Matteson, K.C., Ascher J.S., and Langellotto G.A., (2008). Bee Richness and Abundance in New York City Urban Gardens. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 101(1): 140-150.
- McFrederick QS, LeBuhn G. (2006). Are urban parks refuges for bumble bees /*Bombus* spp. (Hymenoptera: Apidae)? *Biol. Conserv.* 129 :372-382.
- Millennium Ecosystem Assessment, (2005). Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.
- Olkowski, H. and W. Olkowski. (1976). Entomophobia in the urban eco-system, some observations and suggestions. *Bull. Entomol. Soc. Amer.* 22 : 313-317.
- Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S., (2011). How many flowering plants are pollinated by animals?. *Oikos*, 120(3) : 321-326. DOI : 10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x
- Organisation des nations unies 2008. World urbanisation prospects. The 2007 revision population database, department of économie and social affaires New York.
<http://esa.un.org/unup>
- R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Rasmont, P., Ebmer, P. A., Banaszak, J., & Van Der Zanden, G. (1995). Hymenoptera Apoidea Gallica. Liste taxonomique des abeilles de France, de Belgique, de Suisse et du Grand-duché de Luxembourg. *Bulletin de la Société entomologique de France*, 100 : 1-98..
- Rasmont P., (1995). How to restore the Apoid diversity in Belgium and France ? Wrong and right ways, or the end of protection paradigm! p.53-64 /in Banaszak, J. (ed.) *Changes in fauna of wild bees in Europe*. Pedagogical Univ., Bydgoszcz, Poland. 220 p.

Tommasi, D., A. Miro, H.A. Higo and M.L. Winston. (2004). Bee diversity and abundance in an urban setting. *Canadian Entomologist*, 136 (6) : 851-869.

Zanette L., Martins R., Ribiero S., (2005). Effects of urbanization on neotropical wasp and bee assemblage in a Brazilian metropolis. *Landscape and urban planning* 71: 105-121.

Zurbuchen, A., Müller, A. et Dorn, S., (2010). La proximité entre sites de nidification et zones de butinage favorise la faune d'abeilles sauvages. *Recherche agronomique suisse*, 1(10) : 360-365.

Zurbuchen, A., Landert, L., Klaiber, J., Müller, A., Hein, S., & Dorn, S. (2010). Maximum foraging ranges in solitary bees: only few individuals have the capability to cover long foraging distances. *Biological Conservation*, 143(3), 669-676.

Sitographie

https://www.supagro.fr/pollen/index.php?option=com_content&task=view&id=58&Itemid=185, Rédigé par Sup Agro- Unité de palynologie date de dernière mise à jour 09/11/2007.

<http://www7.inra.fr/opie-insectes/hymenos.htm>, Rédigé par Clair Villemant, date de dernière mise à jour 01/08/2013.

Annexes

Mission Principale

Tableau I : Liste des sites URBANBEES et de leur géo-localisations

Contexte du paysage	Numéro du site	Nom du site	Commune	Coordonnées GPS
Semi-naturel	UB1	Marais de Morin	TALUYERS	45°37'09.4"N / 4°43'50.1"E
	UB5	Camp militaire de la Valbonne	BALAN	45°49'23.07"N / 5°7'23.12"E
	UB6	Crépieux-Chamy	CREPIEUX-LA-PAPE	45°48'06.1"N / 4°53'51"E
	UB7	La Forestière	MEYZIEU	45°48'03.1"N / 5°00'03.4"E
Agricole	UB2	Genas	GENAS	45°44'16.6"N / 5°3'13.4"E
	UB3	Feyzin	FEYZIN	45°40'30"N / 4°52'57.3"E
	UB4	Saint Germain au Mont d'Or	SAINT GERMAIN AU MONT D'OR	45°52'20"N / 4°54'00.1"E
	UB13	La Rivoire	CAILLOUX SUR FONTAINE	45°49'13.6"N / 4°39'42.4"E
Urbain	UB8	Parc de Chambowet	LYON	45°44'52.45"N / 4°53'42.3"E
	UB10	Parc de la Feyssine	VILLEURBANNE	45°47'17.4"N / 4°52'55.6"E
	UB11	Parc de la Tête d'Or	LYON	45°47'3.9"N / 4°51'22.1"E
	UB12	Bon Pasteur	LYON	45°46'20.92"N / 4°49'47.03"E
	UB14	Cressonnière	LYON	45°46'13.27"N / 4°47'45.05"E
	UB15	Rue Léon Chomel	VILLEURBANNE	45°46'16.35"N / 4°52'47.03"E
	UB16	Parc de Gerland	LYON	45°43'27.1"N / 4°49'37.3"E
	UB17	IUFM	VILLEURBANNE	45°45'23.90"N / 4°55'8.16"E
Périurbain	UB9	Parc du Château	SAINT-PRIEST	45°41'46.9"N / 4°56'35.2"E
	UB18	Grand Moulin de l'Yzeron	FRANCHEVILLE	45°44'28.48"N / 4°44'10.25"E
	UB19	Parc du Stade	LIMONEST	45°50'02.2"N / 4°46'28.8"E
	UB20	Parc de la République	MEYZIEU	45°46'2.05"N / 5°00'30.4"E
	UB21	Chemin des Hauts du Bois	SAINTE-FOY-LES-LYON	45°44'15.66"N / 4°47'9.99"E
	UB22	SMIRIL	GRINGY	45°36'49.29"N / 4°48'1.90"E
	UB23	Château du Tourvèon	COLLONGES AU MONT D'OR	45°49'49.67"N / 4°49'55.19"E
	UB24	École Vétérinaire AgroSup	MARCY L'ETOILE	45°47'46.12"N / 4°42'53.84"E



Figure 1a : Ensemble des aménagements sur sites et exemples d'abeilles qu'ils abritent



Figure Ib : Spirale à insectes

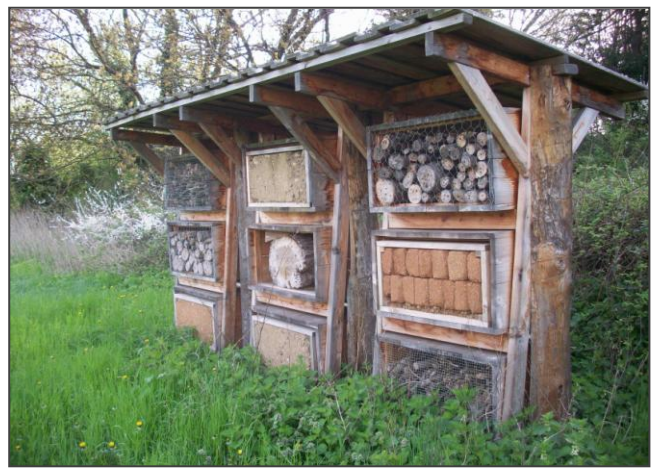


Figure Ic : Hôtel à abeilles sauvages



Figure Id : Carrés de sols nus

Photographie du matériel d'épingle



a

b

**Figure IIa et IIb: Etape de l'épingle :
Ecarter mandibule (a), extraction de genitaliae (b)**



Figure IIc : Calibrage des collections à l'aide d'un gabarit



Figure II d : Epinglage, puis séchage des abeilles sur polystyrène



Figure III : Détermination avec loupe binoculaire, clé, et collection de référence



Figure IV : Etiquetage des abeilles avant envoi aux spécialistes

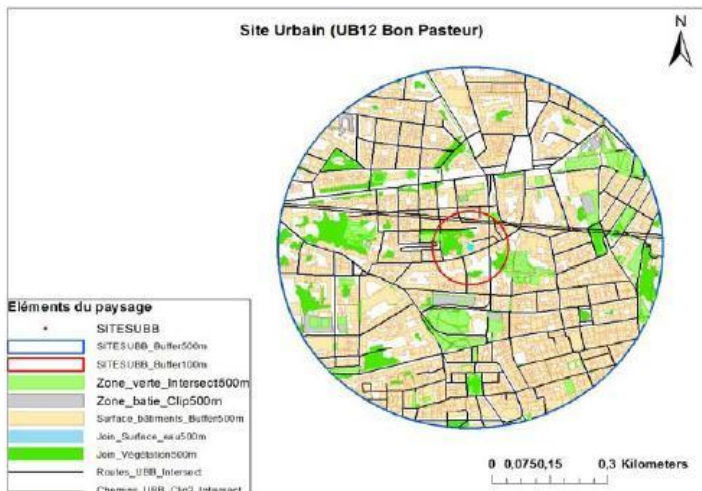


Figure V : Exemple de cartes obtenues après analyse SIG. Réalisation : L. Corredor (Sources de données : Grand Lyon, INRA)

Tableau II : Liste des plantes horticoles et invasives sélectionnées dans le cadre des relevés complémentaires

Nom scientifique	Variété	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
<i>Catalpa bignioïdes</i>								
<i>Tilia cordata</i>								
<i>Paulownia tomentosa</i>								
<i>Abelia grandiflora</i>								
<i>Buddleia davidii</i>	Nanho Blue							
<i>Cotoneaster horizontalis</i>								
<i>Viburnum tinus</i>								
<i>Choisya ternata</i>	Sundance							
<i>Lavatera thuringiaca</i>	Bredden Spring							
<i>Verbena bonariensis</i>								
<i>Perovskia atriplicifolia</i>	Blue Spire							
<i>Echinacea purpurea</i>	Magnus							
<i>Echinacea purpurea</i>	White Swan							
<i>Nepeta faassenii</i>	Six Hills Giant							
<i>Rudbeckia fulgida</i>	Sullivantii Goldsturm							
<i>Hedera helix</i>	Hibernica							
<i>Verbena rigida</i>	Polaris							
<i>Salvia nemorosa</i>	Cardonna							
<i>Salvia nemorosa</i>	Rose Queen							
<i>Cheiranthus cheiri</i>	Bedder Mix							
<i>Gaillardia aristata</i>	Arizona Sun							
<i>Crocsmia</i>	Lucifer							
<i>Campanula persicifolia</i>	Alba							
<i>Campanula persicifolia</i>	Blue							
<i>Penstemon</i>	Andenken an Friedrich Hahn							
<i>Tagetes patula</i>	Nana							
<i>Geranium macrorrhizum</i>								
<i>Reynoutria x bohemica</i>								
<i>Ailanthus altissima</i>								
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>								
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>								
<i>Rudbeckia laciniata</i>								
<i>Acer negundo</i>								
<i>Robinia pseudoacacia</i>								
<i>Senecio inaequidens</i>								

Script R (Analyses multivariées) :

```
> urb<-read.table("F:/ARTHROPOLOGIA-URBANBEES/URBANBEES/Données/Rapport
M2/ACP/Urbanisation500m.txt",row.names=1,h=T,dec=",")
> fix(urb)
> urb1acp<-dudi.pca(urb,scannf=F,nf=2)
> urb1acp
Duality diagramm
```

```
class: pca dudi
$call: dudi.pca(df = urb, scannf = F, nf = 2)
```

```
$nf: 2 axis-components saved
$rank: 7
eigen values: 2.915 2.223 0.9181 0.6014 0.2472 ...
  vector length mode  content
1 $cw   7    numeric column weights
2 $lw  24    numeric row weights
3 $eig   7    numeric eigen values
```

```
data.frame nrow ncol content
1 $tab   24  7    modified array
2 $li    24  2    row coordinates
3 $l1    24  2    row normed scores
4 $co     7  2    column coordinates
5 $c1     7  2    column normed scores
other elements: cent norm
```

```
> eig1<-urb1acp$eig
> sum1<-sum(urb1acp$eig)
> (pve<-100*eig1/sum1)
[1] 4.163604e+01 3.175827e+01 1.311533e+01 8.591235e+00 3.532005e+00
[6] 1.367059e+00 5.706266e-05
> cumsum(pve)
[1] 41.63604 73.39431 86.50964 95.10088 98.63288 99.99994 100.00000
> urb1acp$co
```

	Comp1	Comp2
batiment	0.9147803	-0.08360632
couverture_vegetale	-0.4819790	0.47652581
eau	-0.3090488	0.79268246
zones_vertes	0.6913158	0.37646177
routes	0.9351934	0.01461935
chemin	-0.1859283	0.83784842
agricole	-0.6023380	-0.71884604

```
> inertia.dudi(urb1acp)
```

```
$TOT
  inertia  cum  ratio
1 2.914523e+00 2.914523 0.4163604
2 2.223079e+00 5.137602 0.7339431
3 9.180732e-01 6.055675 0.8650964
4 6.013865e-01 6.657062 0.9510088
5 2.472404e-01 6.904302 0.9863288
6 9.569411e-02 6.999996 0.9999994
7 3.994386e-06 7.000000 1.0000000
```

```
> dba<-read.table("clipboard",row.names=1,sep="\t",h=T,dec=",")
> afc1<-dudi.coa(dba,scannf=FALSE)
```

```
> afc1
```

```
Duality diagramm
```

```
class: coa dudi
```

```
$call: dudi.coa(df = dba, scannf = FALSE)
```

```
$nf: 2 axis-components saved
```

```
$rank: 23
```

```
eigen values: 0.4057 0.3536 0.2799 0.2565 0.2368 ...
```

```
vector length mode content
```

```
1 $cw 24 numeric column weights
```

```
2 $lw 273 numeric row weights
```

```
3 $eig 23 numeric eigen values
```

```
data.frame nrow ncol content
```

```
1 $tab 273 24 modified array
```

```
2 $li 273 2 row coordinates
```

```
3 $li 273 2 row normed scores
```

```
4 $co 24 2 column coordinates
```

```
5 $c1 24 2 column normed scores
```

```
other elements: N
```

```
> sqrt(afc1$eig[1])
```

```
[1] 0.636963
```

```
> afc1$eig/length(afc1$eig)*100
```

```
[1] 14.09629
```

```
> chisq.test(dba,simulate.p.value=T)
```

```
Pearson's Chi-squared test with simulated p-value (based on 2000  
replicates)
```

```
data: dba
```

```
X-squared = 7683.774, df = NA, p-value = 0.0004998
```

```
> dbv<-read.table("clipboard",row.names=1,sep="\t",h=T,dec=",")
```

```
> afc2<-dudi.coa(dbv,scannf=FALSE)
```

```
> afc2
```

```
Duality diagramm
```

```
class: coa dudi
```

```
$call: dudi.coa(df = dbv, scannf = FALSE)
```

```
$nf: 2 axis-components saved
```

```
$rank: 23
```

```
eigen values: 0.705 0.6681 0.6339 0.5684 0.5601 ...
```

```
vector length mode content
```

```
1 $cw 24 numeric column weights
```

```
2 $lw 307 numeric row weights
```

```
3 $eig 23 numeric eigen values
```

```
data.frame nrow ncol content
```

```

1 $tab    307 24  modified array
2 $li     307 2   row coordinates
3 $l1     307 2   row normed scores
4 $co     24  2   column coordinates
5 $c1     24  2   column normed scores
other elements: N

```

```

> sqrt(afc2$eig[1])
[1] 0.8396563

```

```

> afc2$eig/length(afc2$eig)*100
[1] 41.94721

```

```

> chisq.test(dbv,simulate.p.value=T)
Pearson's Chi-squared test with simulated p-value (based on 2000
replicates)

```

data: dbv
X-squared = 23156.02, df = NA, p-value = **0.0004998**

Autres graphiques :

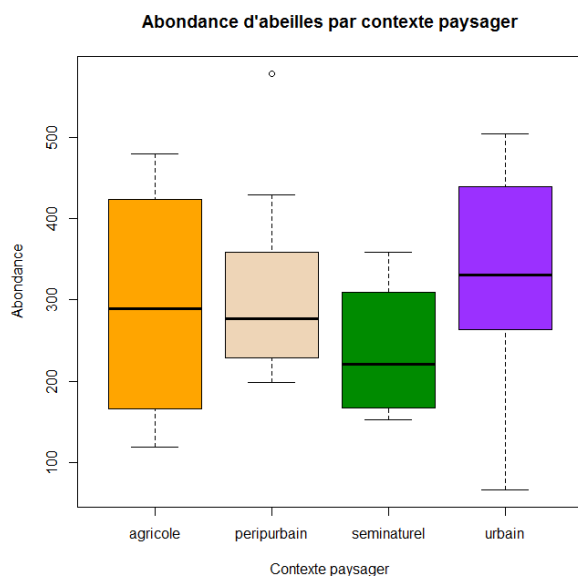


Figure VI : Répartition de l'abondance d'abeilles échantillonnées (tous relevés confondus) selon leur classe paysagère (Agricole, Semi-naturel, Urbain ou Péri-urbain)

Missions secondaires

Animations :

Réalisation d'un poster et de sa présentation en colloque :

Afin de présenter le programme LIFE + Biodiversité URBANBEES lors d'un colloque scientifique international, j'ai été amené à réaliser un poster et à le présenter. Le colloque « abeilles sous haute surveillance » a eu lieu à Neuchâtel en Suisse les 20,21 et 22 juin 2013.

Soirées épinglages :

Organisation de soirées mensuelles de sciences participatives autour du montage et de la détermination des abeilles sauvages auprès du grand public. La soirée consiste dans un premier temps en une petite présentation de trente minutes sur les abeilles sauvages, le programme URBANBEES, et les méthodes d'identification et d'épingleage. Dans un second temps, les bénévoles sont guidés afin de réaliser l'épingleage de leurs premières abeilles. Enfin, les plus intéressés sont sensibilisés à l'utilisation de clés d'identification dichotomique (clé des genres d'abeilles).

Atelier nichoirs :

Réalisation d'une animation pratique de création de nichoirs à abeilles sauvages par le grand public. Dans un premier temps, une petite présentation de trente minutes à propos du programme URBANBEES et des abeilles sauvages est réalisée. Dans un second temps, des dioramas présentés sous forme de boîtes entomologiques sont commentés afin de découvrir les grands concepts liés aux abeilles sauvages (pollinisation, nidification, métamorphose, biodiversité, traits fonctionnels). Enfin, vient la pratique avec la construction des structures des hôtels, le perçage de trous dans les buches, le coupage de tiges, et le remplissage des mini-hôtels à abeilles sauvages avec des tiges et des buches. Une fois l'hôtel réalisé les participants sont libres de repartir chez eux avec leurs nichoirs.

Conférences en lycée :

-Intervention de trois heures au lycée Rosa Parks de Neuville-sur-Saône dans le cadre de la thématique « *Biodiversité, résultats et étapes de l'évolution* » abordée en cours. Présentation avec support projeté et boîtes entomologiques sur la thématique étudiée.

-Intervention d'une heure et demie au lycée agricole de Reinach à la Motte-Servolex dans le cadre de la mise en place d'un protocole d'inventaire des différents milieux présents sur le site du lycée. Présentation des abeilles sauvages, la pollinisation et les méthodes d'épingleage et détermination des abeilles sauvages, à l'aide d'un support projeté et de boîtes entomologiques.

Stands sur les abeilles sauvages :

Présentation des abeilles sauvages, du programme URBANBEES et de la pollinisation auprès du grand public sur différents stands animés par l'association. Ils ont été réalisés pour ma part dans le cadre du « temps des cerises » à Confluence, lors de la journée porte-ouverte du site aménagé de Léon Chomel, et lors de l'inauguration du site de Collonges-au-Mont-d'Or.

Gestion des espaces naturels :

Cartographie Compagnie Nationale du Rhône (CNR) :

Réalisation d'une cartographie des différents espaces naturels sur le territoire de la CNR et des préconisations de gestions en faveur de la biodiversité. Proposition de zones à aménager pour les abeilles sauvages ou à l'incorporation de nouveaux ruchers. La cartographie représente environ 120 spots observés sur l'ensemble du domaine de la CNR allant du lac Léman à l'embouchure du Rhône.

Inventaire trame verte :

Réalisation de relevés d'abeilles et de rhopalocères dans le 5^{ème} arrondissement de la ville de Lyon dans le cadre du projet trame verte des espaces verts. Suivi de séances d'épingleages et d'identification des spécimens relevés sur le terrain.

Inventaire faunistique de l'Ecocentre :

Relevés réguliers sur le site de l'Ecocentre du Lyonnais afin d'inventorier la biodiversité du site : reptiles, amphibiens, avifaune, mammifères, odonates, abeilles, fourmis, carabidés et rhopalocères. Intégration de certaines des données sur le site faune-Rhône de la LPO.

Suivi et déplacement Herpéto :

Dans le cadre du projet OLLAND de construction d'un nouveau stade pour l'Olympique Lyonnais à Décines, un suivi et des déplacements d'amphibiens et de reptiles ont été réalisés par l'association Arthropologia en partenariat avec la FRAPNA Rhône et la LPO. J'ai ainsi eu l'occasion de réaliser certains de ces inventaires au mois de Juillet. Ces actions sont financées par les différents promoteurs dans le cadre des mesures compensatoires imposées par la loi lorsqu'un milieu naturel sensible est impacté par des travaux d'urbanisme.

Cartographie de la distribution des sachets de graines URBANBEES :

Réalisation d'une cartographie afin d'évaluer la répartition géographique des sachets de graines plantés par commune. Cet outil permettra notamment de communiquer sur l'efficacité de cette action de sensibilisation participative. Celle-ci permet au grand public de participer activement à l'augmentation des ressources alimentaires à destination des pollinisateurs.

Participation au fonctionnement de l'association :

Co-encadrement d'un stagiaire :

A la demande de mon maître de stage, j'ai été amené à encadrer Valentin Phelippeau (stagiaire en troisième année de licence de biologie des organismes et des populations) dans la réalisation d'un certain nombre des actions qu'il a été amené à réaliser au cours de son stage de 6 semaines. J'ai ainsi accompagné Valentin dans ses recherches bibliographiques, ses relevés, le traitement des données et la rédaction de son rapport.

Accompagnement au montage d'un nouveau programme LIFE + Biodiversité :

J'ai participé activement à la réflexion et à l'écriture du nouveau programme LIFE + Biodiversité sur la thématique « *biodiversité comme facteur de production en milieu agricole* » et essentiellement sur la création du protocole d'évaluation de l'impact des aménagements sur la biodiversité des sites étudiés.

Participation à la vie associative et aux actions bénévoles de l'association :

- J'ai participé aux actions bénévoles de traversée d'amphibiens sur le site à risques de Dardilly, surveillé depuis 10 ans par l'association Arthropologia.
- Initiatives diverses autour de l'organisation de l'association : base de données écocentre, organisation des collections, et élevage (phasmes, blattes, mygales, iule, et araignées malgaches).
- Participation aux tâches communes de vie en collectivité à l'association.

Effet d'un gradient d'urbanisation sur la diversité des Apiformes et de leurs ressources alimentaires

Résumé

Depuis une vingtaine d'années nous avons pu observer un déclin des insectes pollinisateurs dû principalement à l'urbanisation et à l'intensification de l'agriculture. Or ces insectes sont responsables de la reproduction de 80% des espèces de plantes à fleurs dans le monde. Les pollinisateurs considérés comme les plus efficaces sont les abeilles et représentent une diversité de 2 500 espèces à l'échelle de l'Europe. Arthropologia et l'INRA d'Avignon ont choisi d'agir à grande échelle en répondant à l'appel à projet européen LIFE + Biodiversité, afin d'agir de façon concrète et de sensibiliser les différents acteurs urbains à la conservation de ces abeilles sauvages. Pour cela 24 sites ont été suivis dans la communauté urbaine du Grand Lyon, dont 16 aménagés pour favoriser la nidification et la nutrition des abeilles sauvages. Trois méthodes de relevés ont été réalisées durant ces trois dernières années : capture au filet, piège des coupelles colorées et pièges à émergence. Les résultats montrent un effet du gradient d'urbanisation avec une diversité moins importante en milieu très urbanisé et en milieu agricole. Les résultats les plus satisfaisants sont en réalité ceux des milieux périurbains qui allient diversité, abondance, sites de nidification et diversité de ressources alimentaires.

Mots clés : abeilles sauvages, plantes à fleurs, diversité, gradient d'urbanisation, urbain

Urbanization gradient effect on Apiform diversity and their nutritive resources

Abstract

For twenty years we have seen a decline among insect pollinators mainly due to urbanization and agriculture intensification. But these insects are responsible for the reproduction of 80% of flowering plants species in the world. Bees are considered the most effective pollinators and represent a diversity of 2500 species across Europe. Arthropologia and INRA of Avignon have chosen to act on a large scale by carrying an European LIFE + Biodiversity project, so to take concrete actions and educate urban actors in wild bees' conservation. Thus, 24 sites were studied in the urban community of Grand Lyon, among which 16 were arranged to promote wild bees' nesting and nutrition. Three methods of measurements were carried out during the past three years: Netting, colored trap cups and emergence traps. The results show an urbanization gradient effect with less diversity in highly urbanized areas and agricultural areas. The most satisfactory results are actually those of peri-urban areas that combine diversity, abundance, nesting sites and variety of food resources.

Keys words: wild bees, flowering plants, diversity, urbanization gradient, urban