Aymeric DUFRESNOY M2 BGE EPHE 2018/2019

Master 2 « Biodiversité et Gestion de l'Environnement »

Analyse paysagère sur le territoire de la Plaine de Versailles pour l'implantation de ruches expérimentales d'abeilles domestiques (*Apis mellifera*)

Sous la direction de :

Marie de NAUROIS, Animatrice (animationplainedeversailles@yahoo.fr)

à

Association Patrimoniale de la Plaine de Versailles et du Plateau des Alluets (APPVPA)
33 ter rue des Petits Prés
78810 Feucherolles

École Pratique des Hautes Études

Plaine de Versailles

PSL RESEARCH UNIVERSITY PARIS

RESUME

Les abeilles subissent actuellement un déclin considérable de la diversité des espèces et de la taille des populations dans plusieurs régions du monde. L'Association Patrimoniale de la Plaine de Versailles et du Plateau des Alluets souhaite engager une étude (i) pour cartographier le paysage et le couvert végétal, (ii) déterminer la santé écologique du paysage et (iii) améliorer la pollinisation des abeilles par une augmentation de la disponibilité des ressources florales. En analysant l'évolution du paysage et les caractéristiques écologiques des végétaux butinés par les abeilles nous cherchons à savoir s'il existe une période critique de disette alimentaire des abeilles de la région et comment la réduire. Il en ressort qu'il faut intensifier la plantation d'espèce mellifère et nectarifères à la fin du printemps pour que les abeilles puissent polliniser un maximum durant l'automne et bien se préparer à la période hivernale.

ABSTRACT

Bees are currently experiencing a dramatic decline in species diversity and population size in many parts of the world. The Patrimonial Association of the Plaine de Versailles and Plateau des Alluets wants to undertake a large-scale study (i) to cartography of the landscape and vegetal cover, (ii) determine the ecological health of the landscape and (iii) improve the bee's pollination an increase of the availability of the floral resources. The landscape analysis of the territory in parallel with the ecological characteristics of vegetal pollinated by bees we are looking to see if there is a critical period of critical period of food shortage of the bees of the region is and remediate it by setting up collective actions with territorial's communities and how to reduce it. It emerged that the planting of melliferous and nectariferous species in the spring should be intensified so that the bees become pollinators at maximum during the autumn and be well prepared for the winter season.

I) INTRODUCTION GENERALE

En France, un plan national d'action « France Terre de pollinisateurs, 2016 / 2020 » a été initié afin de préserver les abeilles et les insectes pollinisateurs sauvages. En effet, les pollinisateurs tels que les hyménoptères, diptères, lépidoptères ou coléoptères, participent à l'un des plus importants services écosystémiques : la pollinisation.

En effet, selon Klein et al., (2007), « près de 87 espèces de plantes cultivées dans le monde pour l'alimentation humaine, dépendent de la pollinisation animale, en particulier la pollinisation par les abeilles ». De plus : « Dans l'Union Européenne, ce sont près de 84 % des espèces végétales cultivées et 80 % des espèces végétales sauvages qui dépendent de la pollinisation par les insectes (Collen *et al.,* 2012 ; Ollerton *et al.,* 2011) ». L'effet des pollinisateurs varie en fonction des végétaux cultivés (Hudewenz *et al.,* 2014) et des communautés d'insectes étudiées (Garratt *et al.,* 2014b). Certains papillons de nuit et certaines abeilles solitaires, peuvent être des consommateurs spécialisés, mais les pollinisateurs généralistes (comme *Apis mellifera*) sont plus efficaces dans leur stratégie de survie car ils peuvent polliniser de nombreux assemblages de plantes à fleurs tout au long de l'année (Motten *et al.,* 1981). Ce mutualisme signifie que les pollinisateurs bénéficient de la complémentarité des ressources (Alaux *et al.,* 2010) et que les communautés végétales bénéficient de la redondance : en cas d'extinction d'un pollinisateur, une plante peut toujours être pollinisée par une autre espèce (Blüthgen et Klein, 2011).

Par ailleurs, la proportion de la production agricole qui dépend des pollinisateurs a fortement augmenté au cours des deux dernières décennies (Aizen *et al.,* 2009). En effet, le pourcentage de terres consacrées aux cultures dépendantes des pollinisateurs dans les pays développés (PD) est passé de 18,2 % en 1961 à 34,9 % en 2006 et de 23,4 à 32,8 % dans les pays en voie de développement (PVD). Les PVD représentent plus des deux tiers de la production agricole et des terres cultivées dans le monde. Ils soutiennent une production agricole dépendante des pollinisateurs de 50 % de plus que production agricole des PD. En conséquence, Aizen et son équipe (2009) prévoient que la diminution de la richesse spécifique des pollinisateurs pourrait aggraver la vulnérabilité de l'agriculture et des changements globaux généraux dans les PD et les PVD, car les vastes superficies nécessaires pour compenser le déficit de pollinisation accéléreront la déforestation, intensifieront les pressions sur les écosystèmes naturels et semi-naturels et augmenteront l'utilisation des terres agricoles.

En particulier pour les abeilles, un important corpus d'études a déjà comparé les effets des pratiques agricoles conventionnelles face aux effets des pratiques agricoles biologiques sur la biodiversité et que tous les résultats corroborent la même idée : une gestion moins intensive des parcelles agricoles permet d'accueillir plus d'espèces d'abeilles (sauvages) et moins de mortalité des ruches (d'abeilles domestiques) (Carrié, 2016). Ces résultats proviennent d'un maintien d'une diversité florale intra-parcelle plus importante que dans les exploitations conventionnelles. Un examen complet de 73 rapports historiques sur le déclin des insectes dans le monde décrit très bien les raisons de la hausse de la mortalité des abeilles (Sánchez-Bayoa et Wyckhuys, 2019).

Les abeilles subissent actuellement un déclin considérable de la diversité des espèces et de la taille des populations dans plusieurs régions du monde (Kremen *et al.,* 2002 ; Steffan-Dewenter *et al.,* 2005 ; Winfree *et al.,* 2009). En 2006, un nouveau phénomène est apparu aux Etats-Unis, appelé « Colony Collapse Disorder » (Cox-Foster *et al.,* 2007). Ce « syndrome d'effondrement massif des colonies » pousse les abeilles ouvrières à abandonner leur reine et le couvain. Ces disparitions ont relancé les recherches sur la mortalité des abeilles domestiques. On estime que 30 % des colonies disparaissent chaque année (Michez, 2006). Ce déclin est une des préoccupations majeures du monde scientifique, compte tenu des enjeux de la pollinisation. Les habitats naturels fragmentés en raison de l'urbanisation, l'utilisation de produits chimiques et le manque de ressources florales contribuent au déclin des pollinisateurs (Goulson *et al.,* 2015 ; Vanbergen, 2013). Les raisons du déclin des pollinisateurs sont nombreuses et le fait que les causes peuvent se croiser et s'additionner amplifie le phénomène (Potts *et al.,* 2010a ; Ratnieks et Carreck, 2010 ; VanEngelsdorp *et al.,* 2010) : pathogènes et espèces invasives (virus, varois, frelon asiatique ou champignons), substances chimiques, pesticides, baisse de la diversité végétale due à une agriculture intensive, cause génétique, …

Pour lutter contre toutes ces pressions, le levier le plus pertinent pour améliorer la santé des abeilles est la qualité de la nourriture. Des abeilles bien nourries récupéreront tous leurs besoins défensifs dans le pollen qu'elles butineront. En effet, les abeilles se nourrissent du pollen provenant à des strates herbacées, notamment les adventices à l'arrivée. En automne, les colonies font un dernier effort pour se préparer à l'hiver avec des ressources fournies par les milieux boisés et les intercultures.

L'Association Patrimoniale de la Plaine de Versailles et du Plateau des Alluets (APPVPA) souhaite engager des actions innovantes et écologique sur son territoire et a engagé une étude

pour déterminer et améliorer la santé écologique du paysage en s'intéressant aux abeilles. En effet, les abeilles sont plus efficaces que les procédés habituels de surveillance de l'environnement : elles ne se limitent pas à une surface réduite et récoltent une multitude d'échantillons. Selon Bach Kim Nguyen (2017), une colonie d'abeilles domestiques est capable de butiner plus de 4 milliards de fleurs par an sur une surface moyenne de 700 hectares pour se nourrir. Ainsi la qualité du pollen et la survie des colonies des ruches sont des indicateurs de la santé écologique du paysage puisque le pollen est un composé inhérent au miel et les apiculteurs sont très intéressés par une production sans produits chimiques.

Cette étude se décompose en 3 parties : (i) une étude préliminaire afin de cartographier le paysage et le couvert végétal des ruches, (ii) un « beeomonitoring » en utilisant les abeilles comme des bioindicateurs de la richesse spécifique végétale de notre région (analyse de pesticides, métaux lourds et diversité florale des pollens de quelques ruches), et enfin (iii) des recommandations de bonnes pratiques pour les agriculteurs, les municipalités et les habitants de la plaine afin d'améliorer la santé écologique du territoire en indiquant quelles espèces planter et à quelle période. Ce mémoire traite de l'étude préliminaire ainsi que des recommandations et cherche à définir le meilleur emplacement possible des ruches à étudier. L'hypothèse de départ est que l'environnement autour des ruches est différent en fonction de l'emplacement de ces dernières sur la Plaine. Il y aurait donc un emplacement optimal qui proposerait un maximum floral pour les colonies.

II) MATERIEL ET METHODES

1. Présentation de l'APPVPA : un territoire agri-urbain

L'Association Patrimoniale de la Plaine de Versailles et du Plateau des Alluets (APPVPA) a été créée en 2004 à la suite du constat de nécessité de créer un espace de rencontre entre agriculteurs, élus et société civile, afin de préserver la qualité du vivant et du patrimoine (agricole, humain, écologique et historique) du territoire. Elle compte aujourd'hui dans ses adhérents, 27 communes et près de la moitié des agriculteurs de la Plaine. Le territoire qu'elle recouvre se situe au sein du département des Yvelines (78). A cheval sur 5 intercommunalités, le rôle premier de l'association est de faire discuter des acteurs du territoire qui, sans elle, ne discuteraient peu voire pas. Le territoire a déjà reçu plusieurs fonds : européens nationaux, régionaux, intercommunaux et communaux, notamment un fond LEADER (2007-2013) pour

sa stratégie : « La Plaine de Versailles : un territoire vivant porteur d'innovation » (De Naurois, 2015).

2. Modèle d'étude : *Apis mellifera*

Le développement de ces hyménoptères sociaux (120 Ma) a suivi l'avènement des premières fleurs il y a 140 Ma. Apparues sur Terre il y a 80 à 100 millions d'années (Ma), les premières abeilles ont évolué, parallèlement aux angiospermes, au cours du Crétacé. De valence écologique plutôt tropicale, le genre Apis s'est implanté dans un grand nombre de régions au cours des temps géologiques. *Apis mellifera*, l'abeille domestique européenne s'est séparée de ses cousines (*Apis florea*, *Apis dorsata* et *Apis cerana*) il y a 6 Ma, grâce sa capacité à coloniser les milieux tempérés. L'analyse de l'ADN mitochondrial a permis de dater la séparation d'*Apis mellifera mellifera* (ou Abeille noire), endémique du nord l'Europe, des autres sous-espèces d'abeilles domestiques européennes entre 600 à 800 000 ans (Toullec, 2008). Ces autres sous-espèces sont : *Apis mellifera ligustica* (l'abeille la plus répandue dans le monde, présente dans les régions méditerranéennes, en Amérique et Australie), *Apis mellifera caucasica* (originaire des montagnes du Caucase) et *Apis mellifera carnica* (originaire du sud de l'Autriche et très fréquente dans la région des Alpes et de la Mer noire). Une dernière race existe mais celui est légèrement différentes des quatre sous-espèces naturelles : l'abeille de Buckfast. L'abeille Buckfast (aussi appelée l'Abeille du Frère Adam) est l'abeille la plus utilisée par les apiculteurs français. C'est une abeille hybride, par une série de croisements d'abeilles « *mellifera* » et « *ligustica* » réalisé par le Frère Adam (1898-1996) à l'abbaye de Buckfast (dans le sud de l'Angleterre). Elle ne se différentie pas morphologiquement de l'abeille noire.

Nous retrouvons, dans notre zone d'étude, des apiculteurs travaillant avec l'Abeille noire et d'autres travaillant avec l'Abeille Buckfast. Cette dernière est aujourd'hui largement utilisée par les industries du miel et largement critiquée par les amoureux de la nature « sauvage ». Elle produit plus d'œufs, près de 3 000 par jour, que l'abeille noire mais ne dépend pas des saisons comme l'abeille noire (on parle alors d'abeilles non cyclées), pénalisant les abeilles sauvages qui se retrouvent avec moins de nourriture le moment venu. Elles meurent plus rapidement (les reines d'abeilles noire vivent 4 à 5 ans de vie quand les reines d'abeilles Buckfast vivent 2 ans) et sont mal adaptées aux grandes variations de températures des milieux tempérés.

L'abeille noire une abeille de grande taille (plutôt trapue) comparée aux autres sous espèces européennes. Son abdomen, large et volumineux, est pourvu de longs poils. Son tomentum (les

bandes de poils présentes sur chaque segment abdominal) est noir et très étroit. L'absence de bandes jaunes, lui a valu sa dénomination d'abeille noire. (Fresnaye, 1965). Au sein d'une ruche, environ 30 à 50 milles abeilles vivent dans un seul but commun, la survie de la colonie. En hiver, le chiffre tombe à moins de 10 000. Les abeilles sortent dès qu'il fait plus de 12°C, et en hiver, les végétaux n'étant pas « nectarisés », les vols ne sont que des « vols de propreté ». En effet, les abeilles se vident les intestins en hiver pour butiner de manière optimale au printemps. La reine (4 à 5 ans de vie) a un abdomen beaucoup plus long et plus large que les autres abeilles. Au printemps, elle est capable de pondre près de 2 000 œufs par jour. Notons que la reine est la seule à se nourrir exclusivement de gelée royale depuis le stade larvaire. C'est ce traitement particulier qui fait qu'elle devient reine et ne doit en aucun cas son statut ni à la génétique ni à son arbre généalogique. Les ouvrières (5 à 6 semaines de vie) sont les autres femelles de la ruche. Pour assurer la survie de la colonie, elles ont deux missions distinctes : la fabrication du miel et l'entretien de la colonie. Le nectar que récoltent les « butineuses » est composé de 80% d'eau et 20% de sucre. Après la transformation gastrique chez les butineuses, ces dernières donnent le mélange aux jeunes abeilles (pas encore sorties de la ruche), par trophallaxie, qui le stockent dans des alvéoles en rebouchant l'entrée avec de la cire. Au sein de la ruche, le rôle des faux-bourdons, ou abeilles mâles (5 à 6 semaines de vie), est particulièrement limité. Ils ne fabriquent pas de miel et ne peuvent pas assurer la protection de la ruche puisqu'ils ne piquent pas. Ils sont dans la ruche uniquement pour s'accoupler avec la reine. Et comme cette dernière ne s'accouple qu'une seule fois, plusieurs faux-bourdons ne pourront même pas remplir cette unique mission. Une fois la période de reproduction passée, ils sont éjectés de la ruche et livrés à eux-mêmes. Ils deviennent des proies pour les prédateurs tels que les carabes.

3. Choix des ruches expérimentales et des zones tampons

L'APPVPA couvre un territoire agri-urbain, où les villes, les parcelles agricoles et les portions forestières se côtoient. Cette présence de l'urbain (et la proximité de Paris, Versailles où d'autres villes densément peuplées) impose une forte pression écologique sur les écosystèmes « semi-naturels ». Après une première enquête sur le nombre et l'emplacement de l'ensemble des ruches présentes sur la zone d'étude, il s'est avéré que le territoire abritait trop de ruches de particuliers pour qu'un comptage exact ou une estimation puisse être fait. Néanmoins, trois zones potentiellement favorables pour des colonies d'abeilles mellifères ont été choisie pour mettre un place un échantillon représentatif des paysages présents sur la Plaine de Versailles (Fig. 1). L'une est à majorité urbaine, l'autre à majorité agricole et la troisième est un mélange

des trois zones (Fig. 4 et 5). L'étude étant en collaboration avec les apiculteurs de la région, les trois ruches suivies sont implantées sur des terrains privés.

Figure 1 : Photo satellite de notre zone d'étude, les points jaunes représentent les ruches et les cercles sont les zones tampons (à 2 000 mètres). Les traits noirs sont les limites des communes.

Les capacités de déplacement des hyménoptères nous donnent leur utilisation de l'espace. Les distances tampons des ruches ont été choisies après avoir fait la moyenne des zones de butinage optimale d'*A. mellifera* dans la littérature scientifique. Violette Le Féon, en thèse à l'université de Rennes 1 (2010), explique : « En analysant les données publiées sur 62 espèces sociales ou solitaires du monde entier, Greenleaf *et al.* (2007) ont montré que les distances de vol sont fortement liées à la taille des abeilles ». Les abeilles mellifères font partie des plus grosses espèces apoïdes et ont des aires de butinage en moyenne plus étendues que la majorité des abeilles sauvages, jusqu'à 10 km (Beekman et Ratnieks, 2000). Cependant, les abeilles butinent rarement à leur portée maximale, et généralement à des distances beaucoup plus courtes (Zurbuchen *et al.,* 2010). En effet, de nombreux articles indiquent une zone allant de quelques centaines de mètres à 6 km au maximum. Dans une majorité des cas, la zone de butinage des abeilles domestiques (« foraging range of bees ») est environ de 2 km autour de la ruche (Garbuzov *et al.,* 2015).

Nous testons donc par soucis de régularité, des zones tampons tous les 500 mètres jusqu'à 2000 mètres (Fig. 1). La superficie de la zone maximale étant de 12.5 km^2 (πR^2 avec 2000 mètres de

rayon) soit 1200 hectares et une colonie d'abeilles domestiques étant capable de butiner sur une surface moyenne de 700 hectares (Nguyen, 2017), nos tampons sont donc adaptés à notre modèle.

4. Analyses cartographiques

Un logiciel de cartographie, QGIS 2.18.27, a été utilisé pour des géo-traitements et la réalisation des cartes. L'extension Landscape Ecology Statistics (LecoS) nous a aussi permis d'étudier l'écologie du paysage à travers le temps. LecoS calcule des métriques de paysage sur des couches rasters. Cette analyse quantitative (Tab. 1), basée sur des mesures et des indices du paysage, permet de décrire les caractéristiques structurelles de la zone d'étude. Land cover (LC) est la superficie totale couverte par chaque classe (en km^2) avec la landscape proportion (LP) qui représente la proportion de sol couverte. Number of patches (NP) est le nombre de parcelles ou « couverture de sol » différent, soit le nombre de parcelles de chaque habitat. Edge length (EL) est longueur totale (km) du bord. Les valeurs NP et EL, nous renseigne sur la fragmentation du paysage. Les bords sont importants en écologie car plus la densité de bord est grande, plus l'habitat est fragmenté. Or, un changement de surfaces, quelques soient les surfaces étudiées, est toujours plus difficiles à traverser qu'un tissu continu d'une seule surface. Ici,pour les abeilles, plus le paysage sera fragmenté, plus ces insectes auront du mal à traverser les parcelles. Dans cette situation, j'ai regroupé le nombre de polygones (trop abondant avec Corine Land Cover) dans QGIS en seulement 3 grandes classes, Agricole / Foret / Urbain, et testé la fragmentation entre elles. Enfin, Mean patch area (MPA) représente la surface moyenne des polygones (km^2).

Des couches d'habitats ont été réalisées grâce aux données du gouvernement sur le Référentiel hydrographique du département des Yvelines (2017), de Corine Land Cover (2012) et de la BD topo Forêt (Novembre 2018).

Corine Land Cover : nous avons retenus, dans ce document, uniquement les couches Terres arables hors périmètres d'irrigation, Vergers et petits fruits, Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole, Systèmes culturaux et parcellaires complexes, Surfaces essentiellement agricoles interrompues par des espaces naturels importants, Tissu urbain, Espaces verts urbain, Forets et le Détail du tissu agricole par parcelles. Pour l'analyse cartographique, nous avons utilisé les données Corine Land Cover 1990 - 2000 - 2006 - 2012.

BD topo Forêt (révision Novembre 2018) : c'est une base de données de référence pour l'espace forestier et les milieux semi-naturels français. Elle constitue le référentiel géographique de description des essences forestières. Cette nomenclature nationale distingue la composition principale des espaces forestiers et des milieux semi-naturels en essences.

5. Enquête de terrain

Pour aller plus loin que les données fournies par Corine Land Cover, des enquêtes de terrain ont été effectuées. Du 08 avril au 17 mai 2019, lorsque les végétaux sont en fleurs, un échantillonnage visuel des espèces végétales présentes est effectué sur le terrain, dans une zone de 2 km de rayon autour de la ruche. Le parcours à vélo ou à pied, le long des champs et des cultures présentes dans les zones tampons étudiées étaient de 15 à 20 km par jour hors week end et par un observateur unique (Fig. 1). Dans les espaces verts et les forêts, des transects ont été effectué (comme une étoile avec la ruche en son centre). En zone urbaine, l'échantillonnage visuel a été fait sur les végétaux présents dans les rues, les places et ceux visibles dans les jardins (vue de l'extérieur). Grâce aux contacts au sein de l'association (les élus des communes et les agriculteurs), les espaces gérés par les équipes municipales et les périphéries des cultures et des parcelles arboricoles privées ont également été échantillonnés. Avec un taux de réussite moins important (taux non calculé) les végétaux des jardins ont aussi été comptabilisé. Toutes les plantes ont été photographiées avec un Nikon D7000 et l'identification a été confirmé avec des clés de détermination. Une fois les données informatiques récoltées, elles ont été comparées avec les données récoltées sur le terrain.

6. Identification florale

Après avoir identifié, par espèce, les végétaux observés ont été triés en fonction de leur intérêt pollinique et nectarifère, de leurs périodes de floraison et du type de végétal considéré (arbres, haies, herbacées). La présence de nombreuses fleurs a été remarquée mais dans un souci de simplicité, seules les espèces végétales intéressantes pour l'étude ont été comptabilisées, c'est à dire celles avec à fort intérêt pollinique et nectarifère pour les hyménoptères. La classification des végétaux à fort intérêt pollinique et nectarifère a été faite grâce au document « Liste de plantes attractives pour les abeilles, Plantes nectarifères et pollinifères à semer et à planter » produit par le Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation en Juin 2017. Cette liste recense des végétaux répondant à la diversité des utilisateurs potentiels : espèces agricoles, cultures potagères et fruitières, plantes ornementales… Elle inclut également certaines espèces réputées

moins mellifères, mais présentant l'intérêt de répondre aux besoins des insectes pollinisateurs durant les périodes de disette ou de forts besoins alimentaires. Pour chaque espèce listée, un indice de confiance (de 1 à 3) sur l'estimation de la production de nectar et de pollen a été calculé à partir du nombre de sources bibliographiques et des retours de dires d'experts recensés. Nous ne prendrons en compte, dans nos comptages, que les espèces (arbres, arbustes, herbacés, …) avec un maximum production de nectar et de pollen.

7. Analyses statistiques

Toutes les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel RStudio 1.1.463. Des tests de Shapiro ont été effectués afin de confirmer la normalité des données utilisées, ainsi que des tests Kuskal Wallis pour des comparaisons de moyennes.

III) RESULTATS

1. Analyse paysagère

Cette analyse quantitative paysagère permet de calculer des métriques grâce à l'extension LecoS du logiciel QGIS. Les métriques sont représentées dans le tableau au-dessus. Ce tableau permet comparer des métriques de notre zones d'étude à différentes années. Cette analyse paysagère primaire nous prouve que le territoire d'étude est à majorité agricole. La superficie totale (LC et LP) couverte par des parcelles agricoles est de 57.7 % (EC +/- 0.7) du territoire contre 22.3 % (EC +/- 0.4) de forêts et 20 % (EC +/- 0.8) de zones urbaines si l'on moyenne les données depuis 1990. Même si le nombre de parcelles a assez peu varié depuis 1990, le nombre de parcelles et la longueur des bordures augmentent dans les zones urbaines, ce qui confirme que les villes prennent petit à petit du terrain sur les campagnes et les forêts. Le patch moyen (MPA) sert à évaluer le degré de fragmentation de l'habitat : plus MPA est bas, plus l'habitat est fragmenté.

Figure 2 : Sortie rasters de la zone d'étude en 2006, via l'extension LecoS sur le logiciel QGIS. Les polygones gris clair représentent les forêts, ceux gris foncés représentent les parcelles agricoles et les blancs sont les zones urbaines. Le fond noir est le terrain hors de notre zone d'étude. Quartes cartes de ce type ont été réalisé, une par année étudiée : 1990, 2000, 2006, 2012.

Tableau I : Valeurs des métriques de paysage sur des couches rasters via l'extension LecoS sur le logiciel QGIS.

		1990	2000	2006	2012
		Terres Agricoles			
Couverture du sol (km^2)	LC	189.1	188.9	186.3	184.7
Proportion du couvert (%)	LP	58.4	58.3	57.5	57
Bordure (km)	EL	558.9	559.5	550.4	550.9
Nombre de parcelles	NP	34	34	32	34
Aire moyenne des parcelles (km^2)	MPA	5.56	5.55	5.82	5.43
		Forêts			
Couverture du sol (km^2)	LC	71.9	71.9	71.6	71
Proportion du couvert (%)	LP	22.7	22.7	22.1	21.9
Bordure (km)	EL	419.3	419.3	423	423.6
Nombre de parcelles	NP	49	49	46	47
Aire moyenne des parcelles (km^2)	MPA	1.47	1.47	1.58	1.51
		Zones Urbaines			
Couverture du sol (km^2)	LC	63.1	63.4	66.2	68.5
Proportion du couvert (%)	LP	19.5	19.6	20.4	21.1
Bordure (km)	EL	349	351	363	369
Nombre de parcelles	NP	44	45	46	47
Aire moyenne des parcelles (m^2)	MPA	1.43	1.41	1.44	1.46

2. Carte de l'occupation des sols de la zone d'étude

Cette carte (Fig. 3) permet de visualiser de manière globale, le territoire et l'occupation des sols sur la Plaine de Versailles.

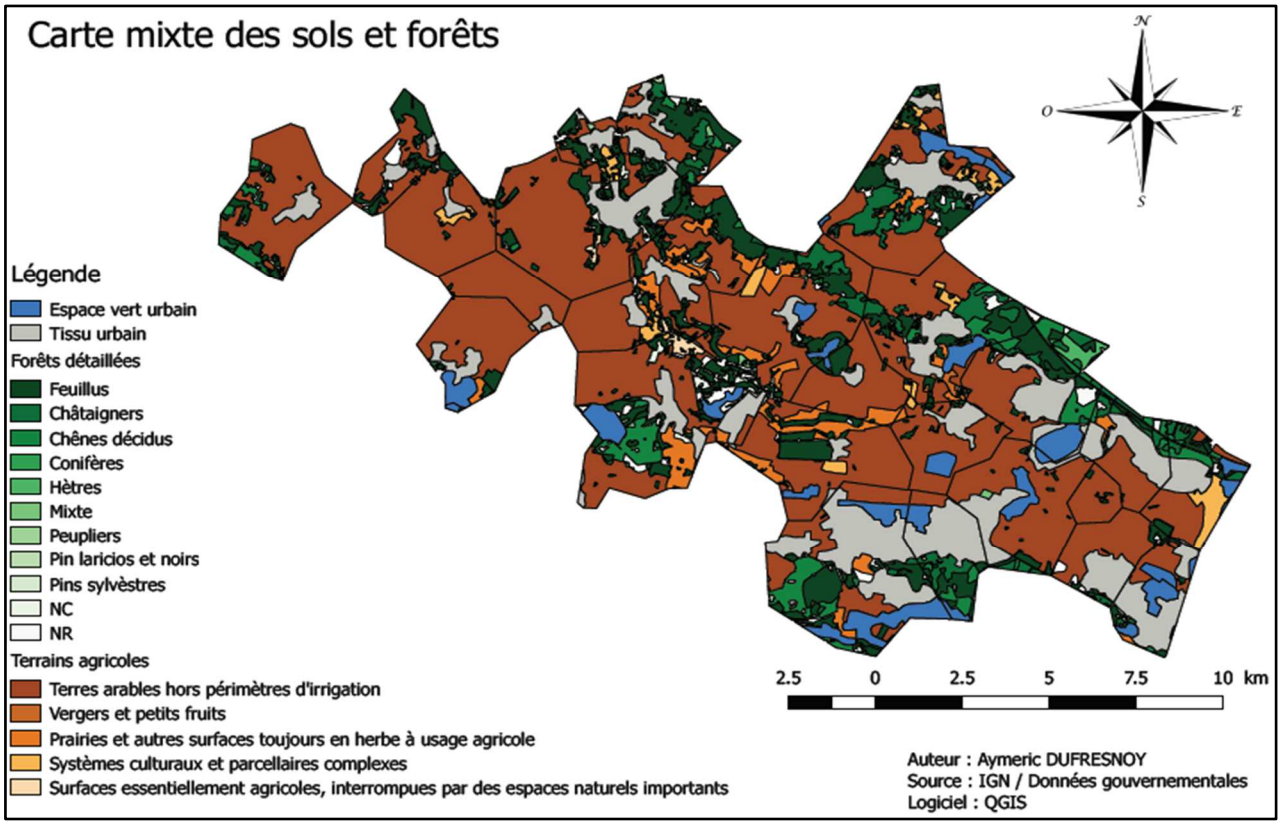


Figure 3 : Carte réalisée avec le système d'information géographique QGIS et la base de données CORINE LAND COVER 2012, représentant l'occupation des sols et les essences d'arbres des forêts sur le territoire de la Plaine de Versailles.

Nous observons une urbanisation plus importante à l'est du territoire. Une zone forestière longe la frontière nord des communes adhérentes. La proportion importante de cultures agricoles sur la moitié ouest de la plaine diffère avec la moitié est (Fig. 3).

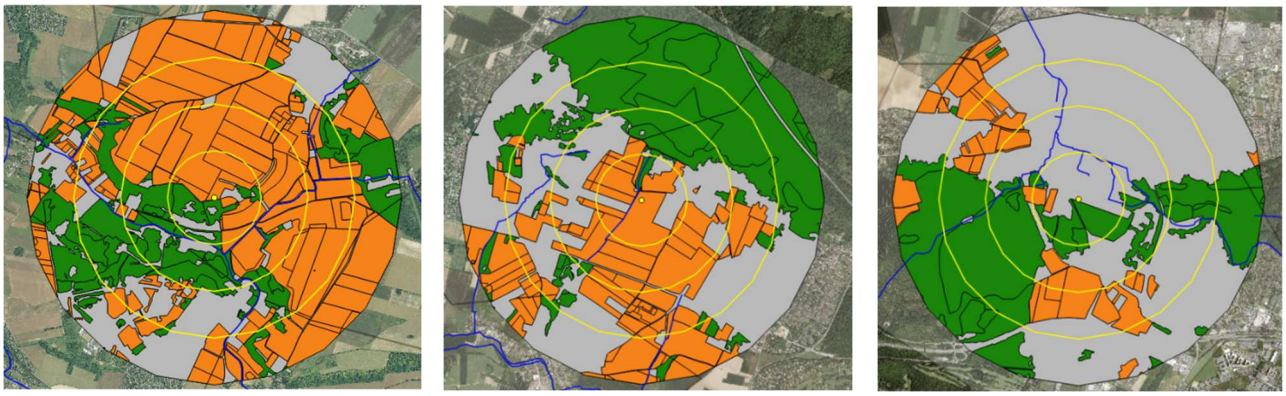


Figure 4 : De gauche à droite : les ruche 1, 2 et 3 avec en gris l'urbain, en vert la forêt et en orange l'agricole. Les lignes jaunes sont les délimitations des zones tampons à 2000 m, 1500 m, 1000 m, 500 m (point jaune : la ruche).

Trois zones potentielles pour des colonies d'abeilles mellifères ont été étudiées (Fig. 4). L'une est à majorité agricole (Ruche 1 à Thiverval : Fig. 5) l'autre est un mélange des trois zones (Ruche 2 à Feucherolles-Saint Nom la Bretèche : Fig. 5) et la troisième à majorité urbaine (Ruche 3 à Plaisir : Fig. 5).

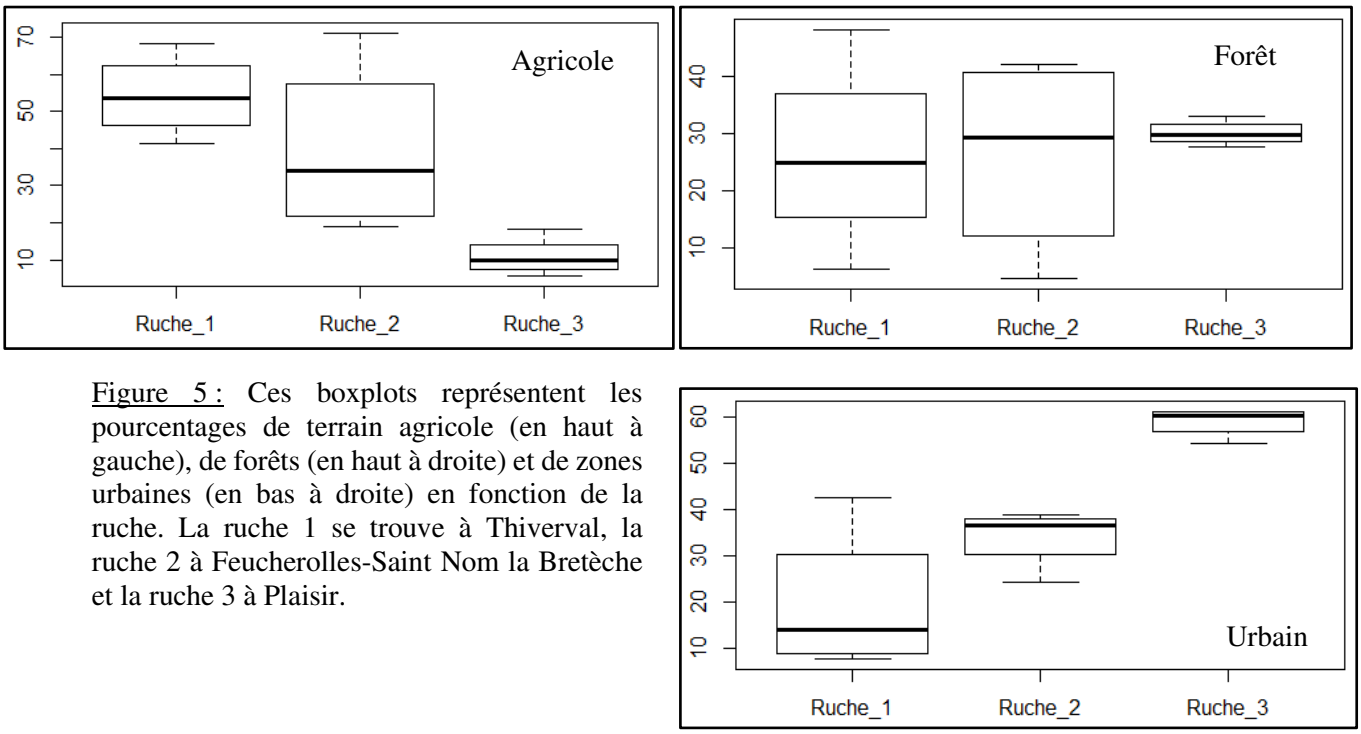


Figure 5 : Ces boxplots représentent les pourcentages de terrain agricole (en haut à gauche), de forêts (en haut à droite) et de zones urbaines (en bas à droite) en fonction de la ruche. La ruche 1 se trouve à Thiverval, la ruche 2 à Feucherolles-Saint Nom la Bretèche et la ruche 3 à Plaisir.

On teste s'il existe des différences de pourcentage de forêts, de terres agricoles ou de zones urbaines entre les trois ruches sur un tampon de 2 000 mètres. Les tranches tous les 500 mètres sont définis arbitrairement. S'il existe bien des différences, on testera les différences entre chaque ruche une à une.

Tableau II : Comparaison des pourcentages de sols en fonction des ruches

	p-value		
	% de forêt	% de terres agricoles	% de zones urbaines
Ruche 1 vs 2 vs 3	0.779	0.021 *	0.018 *
Ruche 1 vs 2	0.773	0.387	0.248
Ruche 1 vs 3	0.248	0.021 *	0.021 *
Ruche 2 vs 3	1	0.021 *	0.021 *

On retrouve donc, 26.2 % de forêts, 54.2 % de terres agricoles et 19.6 % d'urbain sur la ruche 1, 26.4 % de forêts, 39.5 % de terres agricoles et 34.1 % d'urbain sur la ruche 2 et 30.1 % de forêts, 10.9 % de terres agricoles et 59 % d'urbain sur la ruche 3. Il n'y a cependant pas de différences significatives entre les proportions de forêts des 3 ruches. Il n'y a pas non plus de différences significatives entre les ruches 1 (Thiverval) et 2 (Feucherolles-Saint Nom la Bretèche) sur les terrains agricoles et les zones urbaines. On observe des différences significatives entre les proportions de terres agricoles et zones urbaines entre les ruches 1 et 3

(Plaisir) et entre les ruches 2 et 3. On peut observer les mêmes résultats, graphiquement, sur les boxplots ci-dessus.

3. Choix des ruches expérimentales

Sur les trois prochains graphiques, le tissu urbain, qui possèdent une immense diversité spécifique floristique grâce aux jardins des particuliers, n'est pas quantifiable avec les données Corine Land Cover. On ne connaît pas la diversité florale et la quantité le pollen disponible dans les jardins privés.

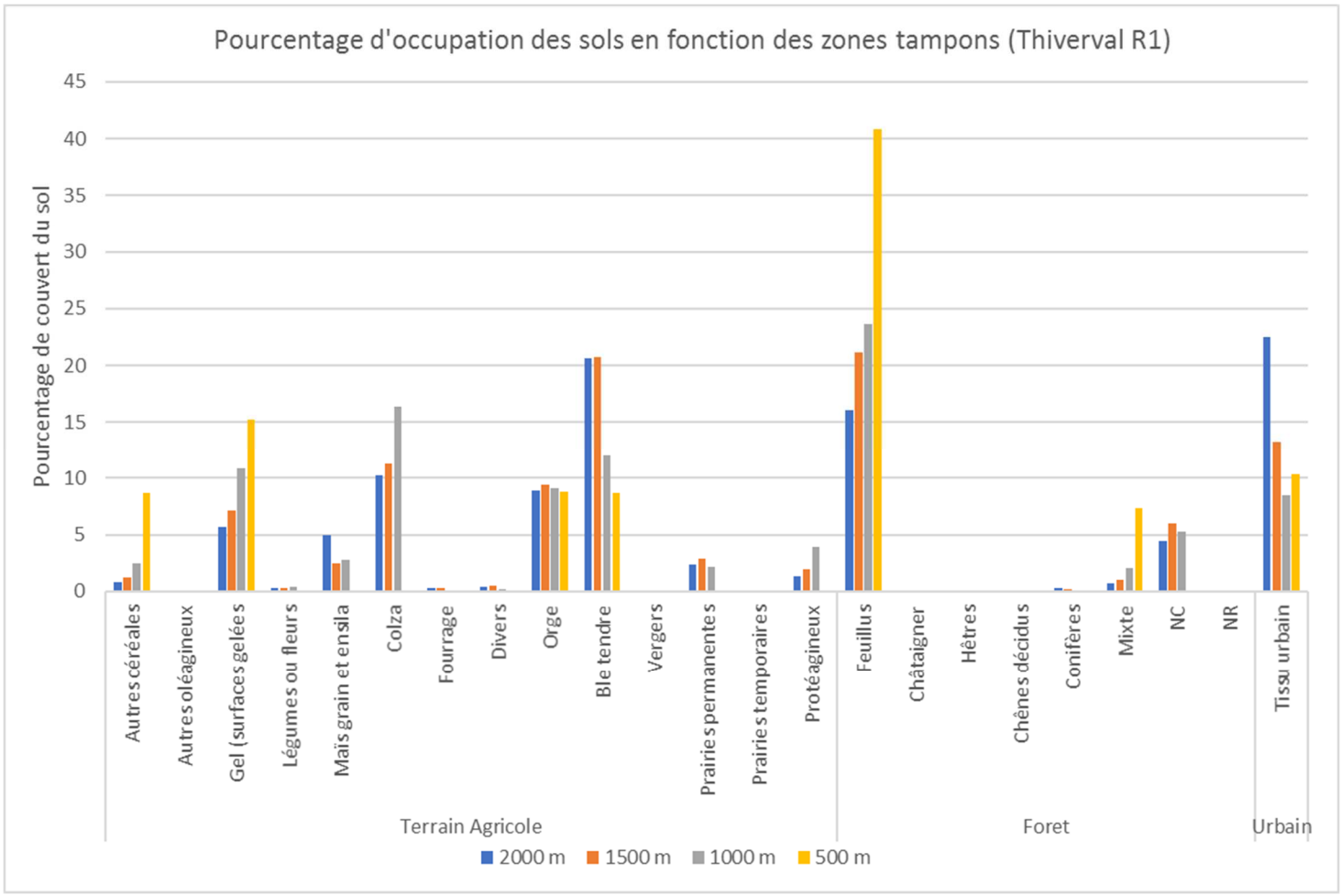


Figure 6 : Histogramme représentant le pourcentage de sol occupé par nature du sol en fonction de la zone tampon dans laquelle nous sommes (entre 0 et 500 mètres en jaune, entre 0 et 1 000 mètres en gris, entre 0 et 1 500 mètres en orange et entre 0 et 2 000 mètres en bleu) sur la ruche de Thiverval (ruche 1).

La ruche 1 de Thiverval est à 21.4 % recouverte de surface forestière, 56 % recouverte de surface agricole et 22.5 % recouverte de tissu urbain, dans la zone des 2000 mètres. Le trio agricole Colza-Blé-Orge représente 39.7 % de la surface autour de la ruche à 2000 mètres, et les abeilles sont notamment connues pour butiner ce genre de végétaux.

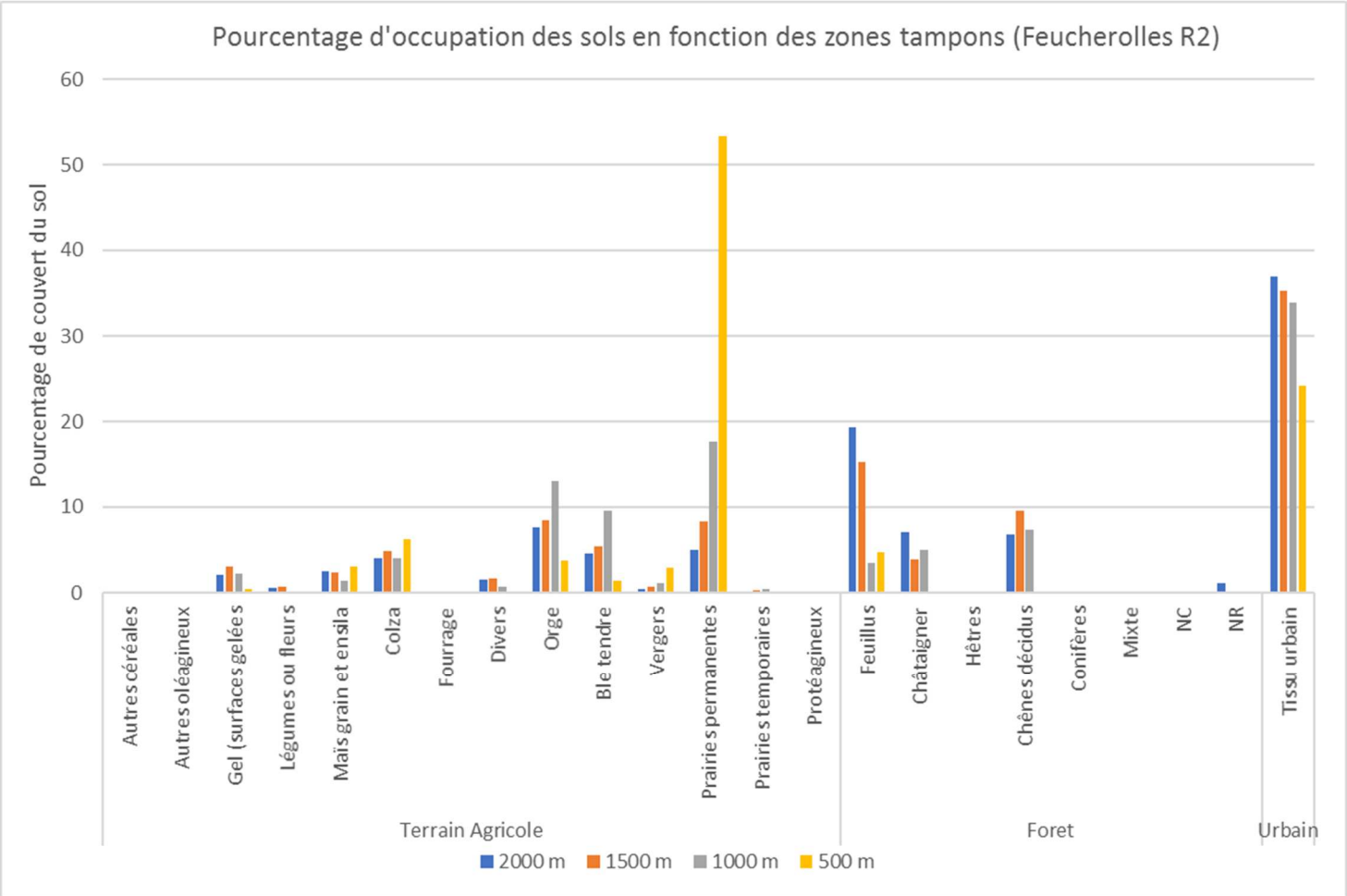


Figure 7 : Histogramme représentant le pourcentage de sol occupé par nature du sol en fonction de la zone tampon dans laquelle nous sommes (entre 0 et 500 mètres en jaune, entre 0 et 1 000 mètres en gris, entre 0 et 1 500 mètres en orange et entre 0 et 2 000 mètres en bleu) sur la ruche de Feucherolles-Saint Nom la Bretèche (ruche 2).

La ruche 2 de Feucherolles-Saint Nom la Bretèche est à 34.7 % recouverte de surface forestière, 28.4 % recouverte de surface agricole et 36.9 % recouverte de tissu urbain, dans la zone des 2000 mètres. Cette ruche regroupe de manière assez homogène de l'agricole et du forestier. La donnée « prairies permanentes », assez peu représentée à 2000, à 1500 et à 1000 mètres, représente 53.3 % de la surface à 500 mètres et est définie comme « Surfaces enherbées denses de composition floristique importante ». Cependant la composition floristique n'étant pas précisée nous ne pouvons rien dire de plus la dessus.

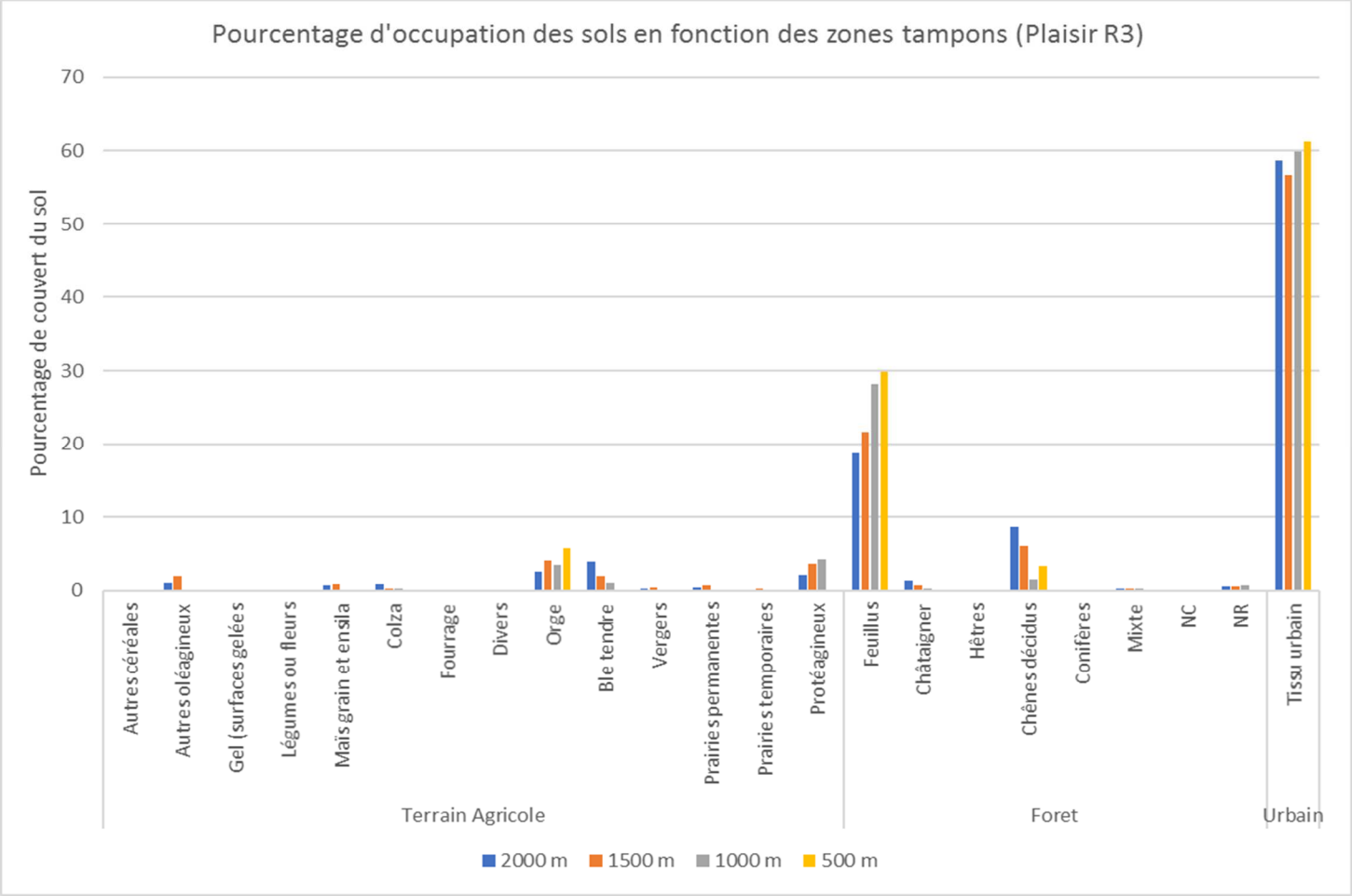
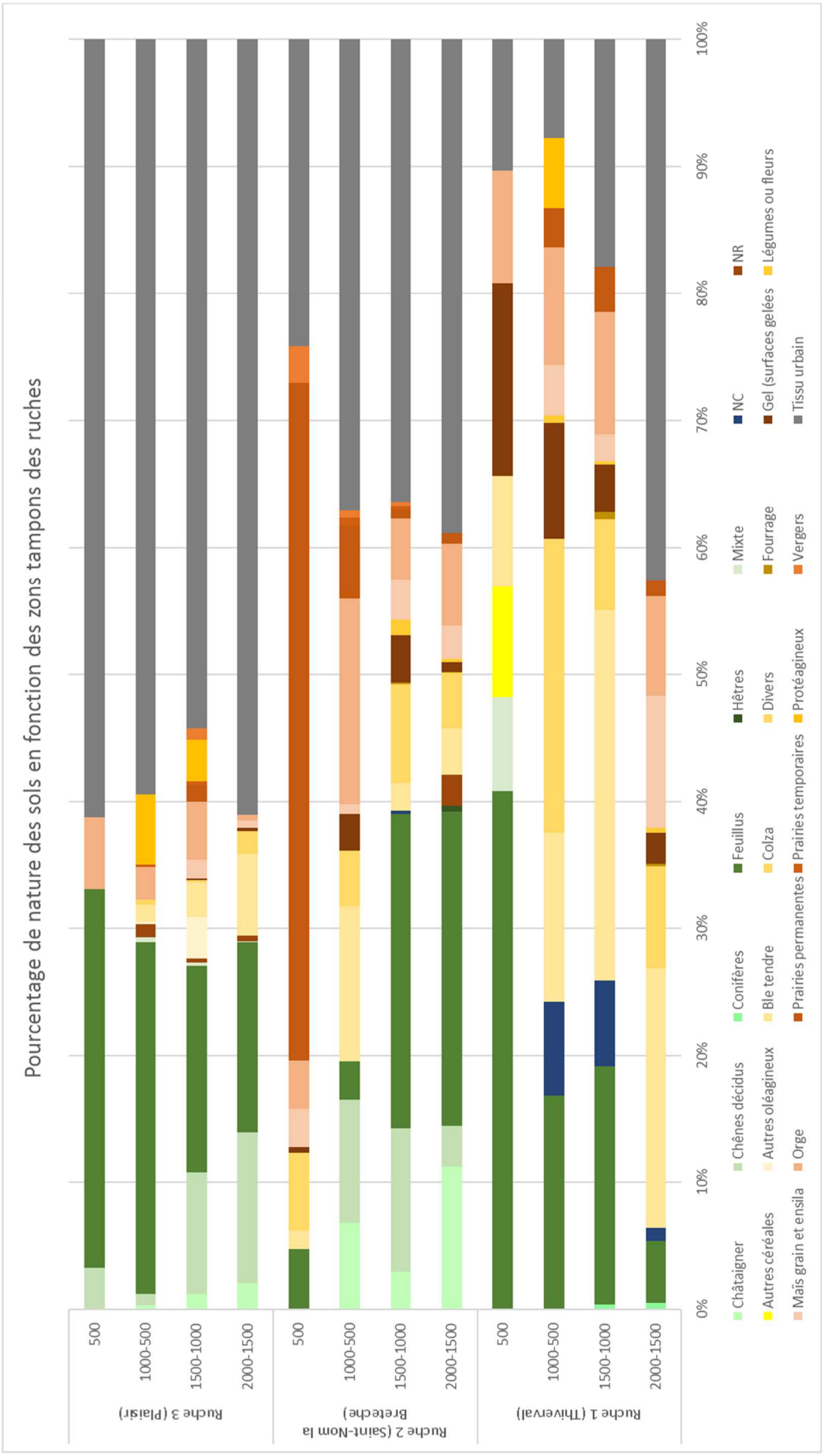


Figure 8 : Histogramme représentant le pourcentage de sol occupé par nature du sol en fonction de la zone tampon dans laquelle nous sommes (entre 0 et 500 mètres en jaune, entre 0 et 1 000 mètres en gris, entre 0 et 1 500 mètres en orange et entre 0 et 2 000 mètres en bleu) sur la ruche de Plaisir (ruche 3).

La ruche de Plaisir est à 29.3 % recouverte de surface forestière, 12.1 % recouverte de surface agricole et 58.6 % recouverte de tissu urbain, dans la zone des 2000 mètres. Sur les 29.3 % de surface forestière disponible à 2000 mètres, 18.7 % sont définis comme feuillus, soit, non quantifiable non plus en termes de diversité spécifique précise.

Le pourcentage de couverture du sol est lié au zone tampon. La zone tampon 1500 comprend les végétaux compris entre 0 et 500 mètres, entre 500 et 1 000 mètres et entre 1 000 et 1 500 mètres. Le graphique ci-dessous défini quant à lui, les zones indépendamment les unes des autres. La zone 1 500 – 1 000 ne recouvre pas la zone 1 000 – 500.

Figure 9 : L'histogramme ci-dessous représente le pourcentage de sol occupé par nature du sol en fonction de la zone tampon dans laquelle nous sommes (à 500 mètres, entre 500 et 1 000 mètres, entre 1 000 et 1 500 mètres, entre 1 500 et 2 000 mètres) sur les trois ruches : Thiverval (ruche 1), Feucherolles-Saint Nom la Bretèche (ruche 2) et Plaisir (ruche 3). Le dégradé de vert correspond au données forestières, le dégradé du jaune au rouge correspond aux données agricoles et la donnée grise représente la ville.


Pourcentage de nature des sols en fonction des zons tampons des ruches
0%
10%
20%
30%
40%
50%
60%
70%
80%
90%
100%
500
1000-500
1500-1000
2000-1500
Ruche 1 (Thiverval)
Ruche 2 (Saint-Nom la Breteche)
Ruche 3 (Plaisir)
Châtaigner
Chênes décidus
Conifères
Feuillus
Hêtres
Mixte
NC
NR
Autres céréales
Autres oléagineux
Ble tendre
Colza
Divers
Fourrage
Gel (surfaces gelées
Légumes ou fleurs
Maïs grain et ensila
Orge
Prairies permanentes
Prairies temporaires
Protéagineux
Vergers
Tissu urbain

Dans la ruche 1, on observe une quantité très faible de forêt (6.4 %) dans l'anneau extérieur (2000 / 1500) contre des quantités bien plus importante de zone urbaine (42.6 %) et de terres agricoles (51 %). Plus les anneaux se rapprochent de la ruche et plus la proportion de forêt augmente au dépend de l'urbain. Dans la ruche 2, le tissu urbain représente environ 37.9 % (EC +/- 0.9) de la surface de 2 000 à 500 mètres et chute légèrement dans les 500 mètres (24.2 %). Le conflit se joue plus entre les terres agricoles et la forêt. La proportion de forêt diminue au fur et à mesure que l'on se rapproche de la ruche (allant de 42.1 % dans l'anneau extérieur (2000 / 1500) à 4.7 % dans l'anneau intérieur (500 / 0)). Inversement, la proportion de terres agricoles augmente au fur et à mesure que l'on se rapproche de la ruche (allant de 19 % dans l'anneau extérieur (2000 / 1500) à 71.1 % dans l'anneau intérieur (500 / 0)). Dans la ruche 3, le tissu urbain évolue aussi peu, représentant environ 57.8 % (EC +/- 3.4) de la surface quelque soient l'anneau. Les terres agricoles et la forêt sont aussi peu influencées par les changements de zones tampons. La proportion de forêt représente environ 30.4 % (EC +/- 3.1) de la surface quelque soient l'anneau, et les terres agricoles 11.9 % (EC +/- 6.2).

6. Disponibilité des ressources florales

Corine Land Cover nous permet de visualiser la nature des sols parcellaires mais nous avons besoin d'aller plus loin dans l'analyse de la disponibilité en florale pour comprendre le levier d'action à mettre en place pour préserver la santé des abeilles. Des comptages d'espèces végétales sont fait pour connaître les périodes de floraisons et les périodes creuses des végétaux. Nous pouvons observer sur les graphiques ci-dessous que les patrons de floraison ne se différentient pas les uns des autres en fonction des emplacements des ruches sur la plaine. Un maximum de floraison est atteint au cours du mois de mai et la période creuse va de novembre à février. Cette période coïncide logiquement avec la période où les abeilles ne sortent pas de la ruche et restent au chaud pour protéger la reine des rigueurs de l'hiver.

Au cours des sorties terrains d'échantillonnage visuel, 142 espèces ont été identifiées dans les zones à 2 000 mètres autour des 3 ruches étudiées. Sur ces 142 espèces, 51 espèces (soit 35.9 %) de fort intérêt polliniques et nectarifères ont été recensées (Tableau III). Pour différencier les espèces recensées, les végétaux ont été définis selon 3 classes : « Arbre », « Arbuste et haie » et « Herbacé ». Toutes ruches confondues, on observe donc 19 arbres (soit 37.3 %), 11 arbustes (soit 21.5 %) et haies et 21 herbacés (soit 41.2 %) d'intérêt polliniques et nectarifères.

Tableau III : Liste des espèces de fort intérêt polliniques et nectarifères recensées

Acer campestre	Erable champêtre	Arbre
Acer platanoides	Erable plane	Arbre
Acer pseudoplatanus	Erable sycomore	Arbre
Allium sp	Allium	Herbacé
Alnus glutinosa	Aulne glutineux	Arbre
Betula pubescens	Bouleau pubescent	Arbre
Buxus sempervirens	Buis commun	Arbuste et haie
Calluna vulgaris	Bruyère commune	Herbacé
Castanea sativa	Châtaignier commun	Arbre
Clematis vitalba	Clématite vigne-blanche	Arbuste et haie
Cornus mas	Cornouiller mâle	Arbre
Corylus avellana	Noisetier commun	Arbuste et haie
Crataegus sp	Aubépine	Arbre
Cytisus sp	Genêts	Herbacé
Daucus carota	Carotte sauvage	Herbacé
Dipsacus fullonum	Cardère sauvage	Herbacé
Erica sp	Bruyères	Herbacé
Forsythia sp	Forsythia	Herbacé
Frangula alnus	Bourdaine	Arbuste et haie
Fraxinus excelsior	Frêne commun	Arbre
Fraxinus ornus	Orne	Arbre
Genista pilosa	Genêt poilu	Herbacé
Hedera helix	Lierre commun	Herbacé
Helianthus tuberosus	Topinambour	Herbacé
Ilex aquifolium	Houx	Arbuste et haie
Laburnum anagyroides	Cytise faux ébénier	Arbre
Lonicera sp	Chèvrefeuilles	Arbuste et haie
Malus domestica	Pommier	Arbre
Malva moschata	Mauve musquée	Herbacé
Medicago lupulina	Luzerne lupuline	Herbacé
Pastinaca sativa	Panais	Herbacé
Populus alba / nigra	Peuplier blanc / noir	Arbre
Prunus avium	Merisier	Arbre
Prunus domestica	Prunier	Arbre
Prunus laurocerasus	Laurier cerise	Arbuste et haie
Ribes sp	Groseillier / Cassissier	Herbacé
Robinia pseudoacacia	Robinier faux-acacia	Arbre
Rosa canina	Églantier	Arbuste et haie
Rubus sp	Ronces	Herbacé
Salix sp	Saules	Arbre
Salvia sp	Sauges	Herbacé
Sorbus sp	Sorbier	Arbuste et haie
Symphytum officinale	Consoude officinale	Herbacé
Taraxacum officinale	Pissenlit	Herbacé
Tilia platyphyllos	Tilleul à grandes feuilles	Arbre
Trifolium repens	Trèfle blanc	Herbacé
Trigonella sp	Trigonelle	Herbacé
Ulex europaeus	Ajonc d'Europe	Arbuste et haie

Ulmus minor	Orme champêtre	Arbre
Valeriana sp	Valériane	Herbacé
Viburnum lantana	Viorne cotonneuse	Arbuste et haie

Le détail des espèces végétales des figures 10, 11 et 12 est indiqué en annexe

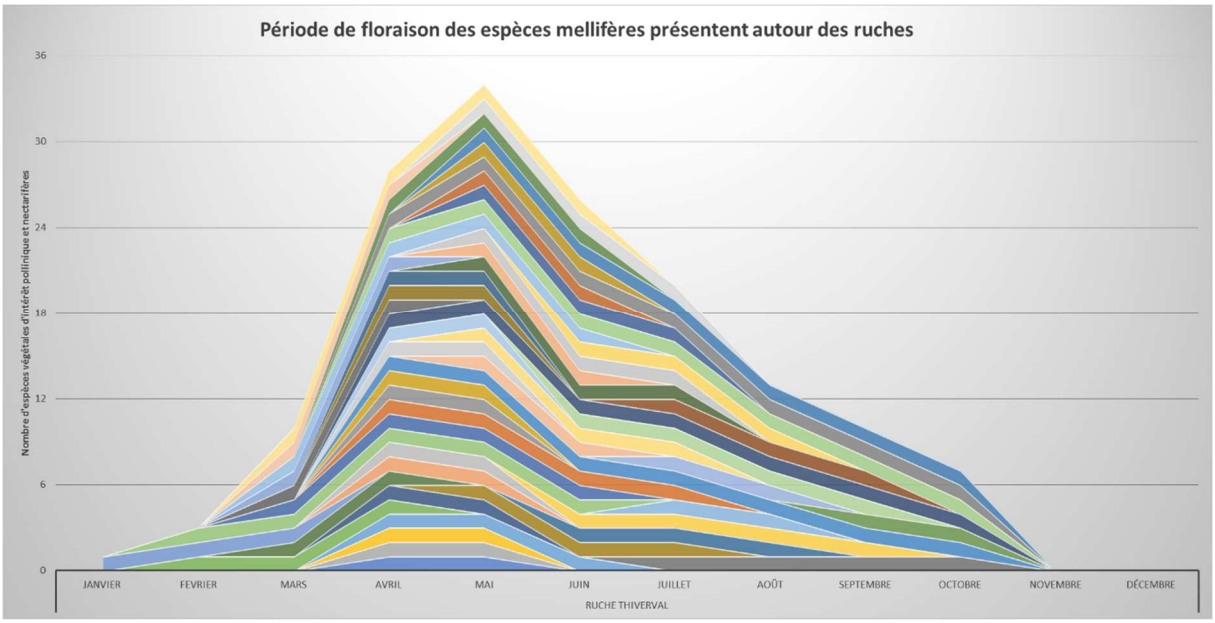


Figure 10 : Graphique représentant la période de floraison des espèces végétales observées lors des sorties terrains autour de la ruche de Thiverval. Ce graphique a été réalisé sur Excel et représente les présences et absences de fleurs sur les espèces identifiées en fonction de la période de l'année. En abscisse, la période de l'année, et en ordonnée, le nombre d'espèce végétale de fort intérêt pollinique et nectarifère (selon le Ministère de l'agriculture et de l'alimentation en Juin 2017)

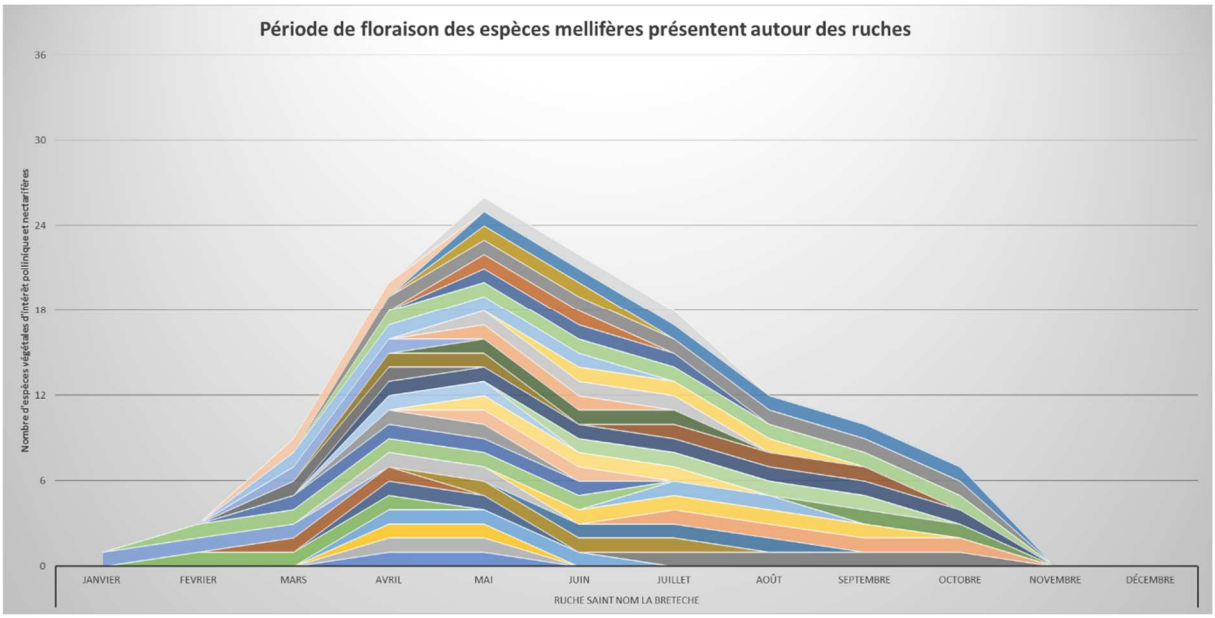


Figure 11 : Graphique représentant la période de floraison des espèces végétales observées lors des sorties terrains autour de la ruche de Feucherolles Saint Nom la Bretèche. Ce graphique a été réalisé sur Excel et représente les présences et absences de fleurs sur les espèces identifiées en fonction de la période de l'année. En abscisse, la période de l'année, et en ordonnée, le nombre d'espèce végétale de fort intérêt pollinique et nectarifère (selon le Ministère de l'agriculture et de l'alimentation en Juin 2017)

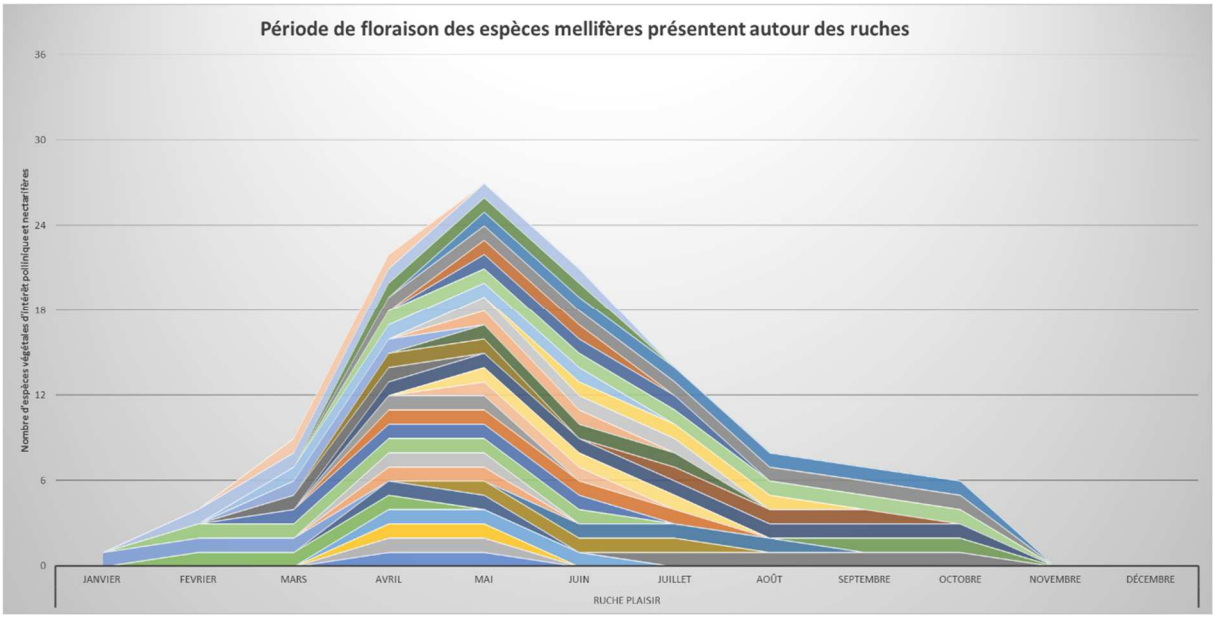


Figure 12 : Graphique représentant la période de floraison des espèces végétales observées lors des sorties terrains autour de la ruche de Plaisir. Ce graphique a été réalisé sur Excel et représente les présences et absences de fleurs sur les espèces identifiées en fonction de la période de l'année. En abscisse, la période de l'année, et en ordonnée, le nombre d'espèce végétale de fort intérêt pollinique et nectarifère (selon le Ministère de l'agriculture et de l'alimentation en Juin 2017)

A Thiverval, la ruche est à majorité agricole on observe un maximum de 34 espèces végétales d'intérêt pollinique et nectarifère fleurir au printemps (sur 96 espèces identifiées, soit 35.4 %), 26 sur la zone de Feucherolles-Saint Nom la Bretèche (sur 111 espèces identifiées, soit 23.4 %) et 27 à Plaisir (sur 89 espèces identifiées, soit 30.3 %). De plus, on observe 34 espèces présentes dans nos trois ruches confondues.

La plupart des espèces sont communes aux 3 ruches, mais :

- Buxus sempervirens n'est présente que à Feucherolles-Saint Nom la Bretèche (Ruche 2),
- Cornus mas, Fraxinus ornus, Prunus domestica, Genista pilosa, Helianthus tuberosus, Laburnum anagyroides ne sont présent que à Thiverval (Ruche 1),
- Ulex europaeus n'est présent que à Plaisir (Ruche 3),
- Daucus carota, Dipsacus fullonum, Valeriana sp, Malus domestica, Tilia platyphyllos, Malva moschata ne sont pas présente à Plaisir (Ruche 3),
- Viburnum lantana n'est pas présente à Thiverval (Ruche 1),
- Frangula alnus, Trigonella sp ne sont pas présente à Feucherolles-Saint Nom la Bretèche (Ruche 2).

IV) DISCUSSION

1) Evolution du paysage

D'après notre analyse paysagère, il semblerait que malgré la proportion significative de terres agricoles sur le territoire de la Plaine de Versailles, la ville prend petit à petit du terrain sur la campagne et les forêts, passant de 19,5 % de la superficie du territoire à 21,1 %. L'augmentation du nombre de parcelles et du pourcentage de couverture des zones urbaines face à la diminution de celles des forêts illustre bien ce propos. Avec une aire moyenne des parcelles de 5.62 km^2 (EC +/- 0.2) pour les terres agricoles, de 1.52 km^2 (EC +/- 0.06) pour les forêts et de 1.43 km^2 (EC +/- 0.03) pour les zones urbaines, nous pouvons considérer que l'habitat est fragmenté car les parcelles de forêts sont faibles. Nous ne parlons pas de fragmentation des zones urbaines donc nous ne calculons rien pour les données « Zones Urbaines ». De plus, nous constatons, grâce à la figure 5, que le pourcentage de foret sur les trois ruches monitorées diffère peu les uns des autres et que la différence est principalement sur les proportions de zones urbaines versus terres agricoles. Lorsque les terres agricoles sont majoritaire dan les zones tampons, le tissu urbain est minoritaire, et vice versa (Fig. 5). Il y a très peu de variabilité sur la ruche 3 alors qu'il y en a beaucoup plus sur la ruche 1 et 2.

Pour la ruche 1 (Thivernal), plus l'on se rapproche de la ruche et plus la présence de forêt au dépend des parcelles agricoles et du tissu urbain se constate (Fig. 5). En effet il y a 21.4 % de forêt contre 22.5 % d'urbain et 56 % d'agricole dans le tampon 2000 contre 48.2 % de forêt, 41.5 % de terres agricoles et 10.3 % de zones urbaines dans le tampon 500. Ceci permet notamment de diversifier l'apport nutritif. De plus, Thiverval est une petite commune (97 hab./km^2 en 2016) principalement habité par une classe sociale plutôt aisé (critère : prix du mètre carré, taille des propriétés, budget de la municipalité par rapport au nombre d'habitants). De ce fait, les jardins sont grands, bien fleuris et espacés de terrains vert municipaux. Il n'y a pas d'immeubles et la surface terrestre bétonnée est limitée. Très légèrement vallonné et sans grands axes routiers ou ferrés, il n'y a donc pas d'obstacles pour les abeilles. L'accessibilité aux ressources végétales est alors simplifiée par la typologie du lieu. Cependant, comme le village est aisé, la municipalité entretient les espaces verts municipaux. Si nous ne sensibilisons pas et ne formons pas les employés municipaux à un entretien raisonné des espaces verts pour favoriser la diversité entomophile, toutes ces niches écologiques potentielles ne seront pas « écologiquement exploitées ».

Pour la ruche 2 (Fig. 6), Feucherolles (223 hab./km^2 en 2016) et Saint Nom la Bretèche (418 hab./km^2 en 2016) sont toutes les deux, des petits villages agri-urbain, peu peuplés (et en baisse démographique depuis 2016) mais par une population aisée voire très aisée dans certains quartiers (même critères que pour la ruche 1). On observe donc une grande quantité de jardins fleuris et bien entretenu par des plantes ornementales (très colorées) potentiellement très attractives pour les abeilles. De plus, de nombreux particuliers font fleurir dans leurs jardins des arbres fruitiers, tels que des pommiers, groseilliers, cassissiers, cerisiers, pruniers, … qui sont des végétaux très attractifs pour les abeilles. Dans ce cadre, la proportion de tissu urbain est plutôt favorable au développement d'*Apis mellifera*. On peut remarquer la même observation dans les zones tampons de la ruche 1. La ruche 2 est assez bien représentée par une multitude de culture, de parcelles forestières et de jardins fleuris. La diversité végétale y est très riche, notamment grâce à une grande proportion de prairies (53.3 %) dans le périmètre direct (500 mètres) de la ruche qui sert de réservoir de biodiversité. Hormis la proportion de prairies permanentes (qui augmente plus l'on se rapproche de la ruche) et de feuillus (qui diminue plus l'on se rapproche de la ruche, 19.4 % à 2 000 mètres contre 4.7 % à 500 mètres), les autres catégories restent à peu près stables. De plus, sur la figure 4, dans le coin nord-est de la zone tampon des 2 000 mètres, la forêt est coupée par l'autoroute A13. Selon les apiculteurs de la région, il semblerait que l'autoroute puisse être une barrière pour les colonies d'abeilles si elles ont suffisamment de nourriture aux alentours. En cas de disette alimentaire, *Apis mellifera* a tout à fait capable de survoler l'autoroute, bien au-dessus du flux d'air en mouvement, pour ne pas risquer de chavirer lors du vol.

Pour la ruche 3 (figure 7), Plaisir est une ville bien plus grande que Thiverval ou Feucherolles, avec plus de 31 000 habitants (pour une densité de 1 696 hab./km^2 en 2016 et en hausse depuis). Malgré quelques quartiers résidentiels, les jardins privés sont beaucoup plus petits. La densité de la population et la surface bétonnée sont beaucoup plus importantes sur Plaisir que sur les ruches 1 et 2. Alors que le tissu urbain était plutôt favorable au développement d'Apis mellifera sur les ruches 1 et 2 (du fait de la présence de grands jardins fleuris), à Plaisir, les quartiers résidentiels sont plus modestes et les jardins, quand il y en a, sont plus petits et moins fleuris. L'influence de la présence urbaine sur la ruche 3 est donc plus néfaste que sur les ruches 1 et 2. D'autant que proportion de l'urbain est stable, quel que soit la distance à la ruche (59.9 % (EC +/- 1.3). La forêt de Saint-Apolline, sur le quart Sud-Ouest de la zone tampon (2000 mètres), est principalement composé d'érables, bouleaux, charmes, châtaigniers, hêtres, frênes, chênes, ormes. Or les espèces les plus intéressantes (châtaigniers ou d'érables) pour les abeilles

ne sont pas celles les plus répandues dans la forêt. Cela reste néanmoins une source de nourriture importante.

2) Ressources florales

Aux vues des comptages effectués, il en ressort que près d'un tiers des végétaux de la plaine de Versailles (29.4 %) ont un fort intérêt pollinique ou nectarifère. A noter que nous ne pouvons pas dire avec certitude que la richesse végétale spécifique (d'intérêt pollinique et nectarifère seulement) de la ruche 1 (Thiverval) est plus importante que la ruche 2 ou 3 (comme vu sur les graphiques) car les types de végétation dans nos zones tampons au sein des 3 ruches sont quasi similaires. Un biais lié à l'échantillonneur est peut-être possible au niveau de l'identification des végétaux. En effet, il est souvent plus facile de reconnaitre des espèces que l'on connait et ne pas prendre en compte des espèces non connues. Les variations graphiques sont certainement dues à un manque de données lors de l'échantillonnage. Cependant, la plus grande limite de l'étude concerne certainement les échantillonnages qui n'ont été entrepris que sur une période limitée (34 jours) et dans un endroit restreint.

La variabilité que l'on retrouve entre les zones tampons des 3 ruches peut s'expliquer par l'emplacement de la ruche. Dans le cas de Thiverval par exemple, la ruche est positionnée à l'orée de la forêt et d'un champ. Ceci explique donc pourquoi il y a une faible proportion de tissu urbain dans la zone des 0 à 1000 mètres (21 %) et un grand bon lorsque l'on passe la zone des 1500 – 2000 mètres (42.5 %). Inversement avec les zones forestières, très présentes proche de la ruche (48.2 % entre 0 et 500 mètres) et diminue à mesure que l'on s'éloigne (6.4 % entre 1500 et 2000 mètres). L'emplacement des ruches dépend uniquement du terrain sur lequel elles sont placées, et donc, du propriétaire. La disponibilité florale et nutritive dépend donc de l'emplacement de la ruche, il faut un trouver un secteur où il y a une belle diversité de terrains : plusieurs cultures agricoles, des prairies, de la forêt et des zones urbaines (dans l'idéale peu peuplée).

Au cours de cette étude, le pâturage par des ongulés sauvages dans la région est probable, mais aucune preuve directe du pâturage n'a été trouvée lors des prospections sur le terrain dans les parcelles sélectionnées. De plus, l'eau ne semble pas être un facteur limitant, même un cas de grosses chaleurs, quel que soit la ruche. En effet, de nombreux affluents de la rivière principale de la Plaine (La Mauldre) traversent les alentours des ruches.

De plus, notre échantillonnage de terrain sur la disponibilité des ressources florales confirme bien ce qu'écrit le docteur Henry et son équipe (INRA, 2017) sur l'alimentation des abeilles domestiques et sauvages en système de grandes cultures : les abeilles n'ont pas de problèmes dans leur recherche de nourriture au printemps et en été mais au cours de l'automne, au moment où elles font leurs derniers prélèvements de pollen et de nectar pour se préparer à l'hiver, les plantes d'intérêts polliniques et nectarifères ont fini leurs floraisons. Ces données sur les périodes de floraison ont été récoltées grâce aux agriculteurs impliqués dans l'étude. Ils nous ont appris beaucoup de choses sur les périodes de floraison de leurs cultures et les périodes de « disettes entomologiques ». En augmentant la longueur des bordures (EL) des forêts, on favoriserait la disponibilité florale des abeilles. Les lisières forestières où les abeilles peuvent trouver du lierre, principale source de pollen à la sortie de l'été, et des aménagements floristiques tels que les couverts intercultures mellifères (moutarde, tournesol, phacélie, trèfle, vesce) apportés par les agriculteurs sur les parcelles en jachère permettraient aux colonies de survivre à l'hiver. Il faut donc replanter un maximum de fleur en été pour une floraison riche à l'automne et une meilleure survie des colonies durant l'hiver.

Même si notre étude ne s'est concentrée que sur l'abeille domestique, nous pouvons légitimement considérer que les facteurs qui influent sur la dynamique des populations d'abeilles sauvages influent aussi sur les abeilles domestiques. Le déclin des abeilles sauvages observé depuis les années 1980 est étroitement associé au déclin des plantes à fleurs dans les campagnes (Biesmeijer et al., 2006). Les parcelles agricoles sont une source de nourriture pour les abeilles mais aussi une source de pression (pesticides, métaux lourds, …). Les ressources florales nécessaires aux abeilles sauvages sont principalement trouvées dans les milieux dits semi-naturels (haies, prairies, lisières forestières) (Westrich, 1996). Même si une grande partie du territoire de la Plaine est occupée par des parcelles agricoles, la diversité des cultures, la petitesse des parcelles, la proximité avec les zones forestières et des villes globalement bien fleuri apportent des ressources aux abeilles, sous la forme de plantes adventices des cultures, des jachères fleuries mises en place par certains agriculteurs et de la diversité florale au sein des municipalités. De plus, les mosaïques cultivées présentes sur la Plaine (colza, blé, orge, ...) peuvent représenter une ressource alimentaire importante pour les abeilles domestiques et sauvages. Durant les échantillonnages, l'échantillonneur a pu observer, au début du printemps, qu'un grand nombre d'hyménoptères (abeilles domestiques, abeilles sauvages mais aussi lépidoptères et quelques espèces de coléoptères) butinait dans les milieux boisés (châtaigniers, érables, ronces, aubépines, prunus, …) et en milieu urbain fleuri.

D'un point de vue richesse spécifique, les insectes représentent près de 75 % de la faune (Collen et al.,2012) et les angiospermes, près de 85 % de la flore (Chapman, 2009) mondiale. Une proportion remarquable des insectes étant floricole et nectarivore, la disponibilité florale est une pièce maitresse dans les problématiques écologiques de conservation de la biodiversité. Le taxon « Hexapoda » comprenant des consommateurs primaires, secondaires ou décomposeurs. Les insectes floricoles structurent les chaînes alimentaires de manière significative.

Une étude mondiale (sur 5 continents et 400 cultures), publiée dans Science Magazine a confirmé que les abeilles sauvages (plus de 900 en France, contre une seule domestique) pollinisaient la plupart des terrains agricoles, sans, ou avec la présence d'Apis mellifera. Selon des chercheurs de Cambridge dans la revue Science : « Les abeilles domestiques contribuent au déclin des abeilles sauvages par la concurrence des ressources ». Encore une fois, plus il y aura de ressources (apportées notamment par les agriculteurs) moins il y aura de concurrence entre les espèces d'abeilles et meilleurs seront leur santé (toutes espèces confondues). Comme les fleurs sont aussi à la base d'une chaine alimentaire complexe et plurispécifique, nous pouvons prédire sans trop d'erreur que toute la cascade trophique liée aux angiospermes bénéficiera de cette augmentation de la diversité florale.

3) Conclusion et perspectives

Ce stage était une première partie d'une étude à plus long terme sur la santé écologique du territoire. Nous avons pu voir que les ressources alimentaires autour des ruches étudiées était suffisante à certains moments de l'année et il faut maintenant travailler sur les périodes de disettes alimentaires (deuxième moitié de l'automne). Certaines perspectives peuvent être envisagées :

En utilisant LecoS sur plusieurs années, en suivant les valeurs étudiées dans nos résultats, nous pourrions quantifier spatialement nos avancées sur la disponibilité florale. Nous pourrions utiliser ces données comme guide de plantation d'espèces mellifères.

Les changements de superficie du couvert végétal induites par l'étalement urbain, la densification des réseaux de transport et les mutations agricoles fragmentent les habitats de certaines espèces et déstabilisent la viabilité des populations animales et végétales. L'intégration des questions de réseau écologique et de connectivité paysagère dans l'aménagement et la gestion du territoire (Trame Verte et Bleue dans les SCoTs et les régions) est donc un enjeu crucial à l'association de la Plaine de Versailles et permet aussi de maintenir

une biodiversité en bonne santé. Dans ce contexte, le logiciel Graphab permet de modéliser les réseaux écologiques. Cet outil informatique permet de réunir « la construction et la visualisation des graphes, les analyses de connectivité, les liens avec des données externes ». Une modélisation des réseaux écologiques des abeilles pourrait donner un aspect dynamique de la mobilité des pollinisateurs sur la connectivité des patchs du territoire. Nous pourrions utiliser une nouvelle couche « beescape » au lieu de « landscape » pour cartographier le territoire. Cette approche peut permettre de diagnostiquer, hiérarchiser et comparer les actions à mener (exemple d'action de l'association : renaturation du Ru de Gally) pour proposer la meilleure manière d'aménager le territoire et conserver les espèces qui s'y trouvent. Cette forme de modélisation est complémentaire des approches de terrain menées par les experts naturalistes. D'autant que le logiciel Graphab est facilement interfacé avec les Systèmes d'Information Géographique tel que QGIS (utilisé dans cette étude).

Et enfin, une prochaine étude pourrait définir une quantité de pollen produit sur la période de floraison par espèce végétale pour connaître de manière précise les périodes creuses pour la nutrition des abeilles.

Avec près de 30 % d'espèces d'intérêt mellifère sur le territoire, il semble tout à fait raisonnable de dire que si nous mettons une volonté et des moyens plus conséquents, nous pouvons sauvegarder de manière significative, une diversité florale, et par conséquence, une forte diversité de pollinisateurs (toutes espèces confondues) dans la zone d'étude. Pour préserver la nourriture disponible pour les abeilles, il faut donc protéger la végétation et replanter de la diversité florale au minimum dans les 2 000 mètres autour des ruches, quelques soient l'emplacement de ces dernières sur la Plaine de Versailles. Pour résoudre le problème actuel des insectes et de l'érosion de la biodiversité (en France tout du moins), il faudra, dans un futur le plus proche possible, refleurir nos villes en évitant d'empiéter sur des territoires encore peu touchés par l'expansion humaine (forêts, prairies, …). Pour cela, l'association a un merveilleux levier d'action : son influence. 3 collèges de décideurs prévoient les actions à venir de l'Association : agriculteurs, société civile et élus locaux. Pour la biodiversité urbaine, trop souvent mise à l'écart dans la conservation, il faut mettre en place de grands espaces verts urbains et fleurir un maximum pour que la cohabitation « humains - vie sauvage » puissent progresser. Un exemple simple de changement à entreprendre serait que les mairies arrêtent de tondre aux abords de route (hors du centre urbain dans un premier temps) sur les quelques mètres qui séparent les routes départementales et communales des champs privés. En effet, de nombreuses plantes d'intérêt polliniques et nectarifères poussent le long des routes et ne gênent

ni les agriculteurs ni les habitants. La justification de ces tontes n'est qu'esthétique alors qu'aucune habitation n'entoure les bordures de routes.

Pour survire, les abeilles domestiques et sauvages doivent butiner des fleurs et trouver des habitats pour nidifier. Les actions favorisant l'abondance des fleurs ou la disponibilité des nichoirs conviennent aux insectes pollinisateurs et ainsi à toutes les autres plantes et animaux qui en dépendent (prédateurs et parasites).

L'agriculteur peut contribuer aux besoins alimentaires en semant un mélange mellifère et/ou en conservant des milieux d'accueil favorables (prairies fleuries, prairies extensives, talus enherbés, haies fleuries). Les méthodes agro-environnementales (MAE) peuvent servir à cela. Il faut absolument conserver ou recréer des habitats sauvages fleuris. Voici quelques conseils de base pour une bande fleurie :

- Ne pas installer de bandes fleuries dans un champ chargé de produits phytosanitaires. S'il n'y a que cela, il faut privilégier les parcelles où les produits phytosanitaires ont un cycle de vie court. Les herbicides avec la persistance dans le sol plus rapide seront les mieux.
- Il faut installer de bandes fleuries qui permettent aux pollinisateurs de butiner pendant les périodes creuses naturelles (automne), là où les ressources alimentaires sont les plus difficiles à trouver. Cela assure une floraison variée et ininterrompue pendant toute l'année (hors hiver).
- Il est essentiel de préserver une large zone refuge non fauchée (au minimum 25 %) afin d'éviter toute pénurie brutale en ressources florales et de sauvegarder une partie des nids présents dans la végétation. ex : moins faucher ou tondre plus haut (pour les nids au sol protégés)

Les pollinisateurs sont plus nombreux sur les bandes bien ensoleillées et qui longent les linéaires du paysage : bords de routes, talus, haies, ...

ATTENTION : les fausses « bonnes » pratiques à éviter !

- Les bandes monospécifiques (une seule espèce de fleurs), ou trop peu diversifiées sont à proscrire car elles peuvent entraîner la mort par défaut de nourriture une fois la bande fanée ou détruite (jachères). Ne pas replanter de longues bandes de phacélies ou de moutardes seules !
- Ne pas replanter de plantes horticoles hybrides ou stériles, souvent utilisées à des fins décoratives. En effet, elles ne produisent pas de pollen et sont donc sans intérêt, voire même nuisibles aux pollinisateurs.

- Il faut aussi faire attention à ne pas replanter de plantes exotiques. Prioriser les espèces de la Plaine directement

Enfin concernant les deux modèles d'étude : l'abeille de Buckfast produit plus de miel, est plus douce à l'élevage, consomme plus de ressources et de temps pour les apiculteurs et meurt plus facilement. Au contraire, l'abeille noire vit plus longtemps, est légèrement plus agressive, est plus adaptée aux variations environnementales de nos régions et consomme moins de ressources et de temps pour les apiculteurs. Cependant, elles produisent moins de miel. D'un point de vue purement objectif, les deux sous-espèces d'abeilles utilisées par les apiculteurs de la Plaine de Versailles se valent. Cependant, lorsqu'une abeille de Buckfast se reproduit avec une abeille noire, l'hybride qui nait est très dangereuse, très agressive. Ainsi l'association de la Plaine de Versailles devrait non seulement s'intéresser à la qualité environnementale de son territoire mais aussi à la préservation des abeilles sauvages. En effet : veut-on produire un miel de qualité et respectueux de l'environnement mais en petite quantité (abeille noire) ou veut-on un miel mortifère pour des abeilles endémiques du Nord de l'Europe mais en grande quantité (abeille de Buckfast) ?

VI) Bibliographie

- Aizen M.A., Garibaldi L., Cunningham S.A., & Klein A.M. (2009). How much does agriculture depend on pollinators ? Lessons from long-term trends in crop production. *Annals of Botany*, 103, 1579–1588.

- Banaszak J., Banaszak-Cibicka W., Szefer P. (2013). Guidelines on sampling intensity of bees (Hymenoptera: Apoidea : Apiformes). *Journal Insect Consery*.

- Banaszak-Cibickaa W., Ratynska H., Dylewski L. (2016). Features of urban green space favourable for large and diverse bee populations (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes). *Urban Forestry & Urban Greening*, 448–452

- Beekman M., Ratnieks F. (2000). Long-range foraging by the honey-bee Apis mellifera. *Funct. Ecol.* 14, 490–496

- Biesmeijer J.C., Roberts S.P.M., Reemer M., Ohlemuller 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 the Netherlands. *Science* 313: 351–354.

- Biri M. Le grand livre des abeilles. Paris : Ed. De Cecchi, 2002, 260p.

- Buchmann S., & Ascher J.S. (2005). The plight of pollinating bees. *Bee World*, 86, 71–74

- Cane J.H. (2005). Pollination Potential of the Bee Osmia aglaia for Cultivated Red Raspberries and Blackberries (Rubus : Rosaceae). HortScience. *American Society for Horticultural Science.*

- Carrié R (2016). « Hétérogénéité des paysages et des pratiques agricoles : effets sur la diversité des abeilles sauvages et la pollinisation » Thèse de l'Institut National Polytechnique de Toulouse, 250 p.

- Chapman A. D. (2009). *Numbers of living species in Australia and the world. Report for the Australian Biological Resources Study (2nde édition),* Australian Government, Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts : 1-80

- Collen B., Böhm M., Kemp R. & Baillie J.E.M. (2012). Spineless : status and trends of the world's invertebrates. Zoological Society of London, Royaume-Uni, 86p.

- Deguines N., Julliard R., de Flores N., Fontaine C. (2012). The whereabouts of flower visitors : contrasting land-use preferences revealed by a country-wide survey based on citizen science. *Plos One.*

- Fresnaye J. (1965). Étude biométrique de quelques caractères morphologiques de l'abeille moire française (*Apis mellifera mellifera*). *Les Annales de l'Abeille, INRA Editions, 8* (4), pp.271-283

- Garbuzov M., Couvillon M.J., Schürch R., Ratnieks F. (2015). Honey bee dance decoding and pollen-load analysis show limited foraging on spring-flowering oilseed rape, a potential source of neonicotinoid contamination. *Agriculture, Ecosystems and Environmen*t 62–68

- Garratt M.P., Coston D.J., Truslove C.L., Lappage M.G. & Dean R. (2014b). The identity of crop pollinators helps target conservation for improved ecosystem services. *Biological Conservation* 169 : 128-135

- Hardy C. (2012), Apis mellifera, histoire d'une espèce, *Abeilles & cie n°146*

- Henry M., Odoux J.F., Alaux C., Aupinel P., Bretagnolle V., et al. Alimentation des abeilles domestiques et sauvages en système de grandes cultures. Innovations Agronomiques, INRA, 2016, 53, pp.39-47.

- Hudewenz A., Pufal G., Bögeholz A.L. & Klein A.M. (2014). Cross-pollination benefits differ among oilseed rape varieties. *Journal of Agricultural Science* 152 (5) : 770-778

- Jeanne F., Bocquet M. (2006). Principales caractéristiques de l'abeille noire. *Bull Tech. Apic.,* 33(3), 107-110

- Kremen C., Williams N.M. & Thorp, R.W. (2002). Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99, 16812–16816

- Michez D. (2006). La nouvelle classification des abeilles (Hymenoptera, Apoidea, Apiformes) ou la chute de l'abeille mellifère (*Apis mellifera L.*) de son piédestal. *OSMIA*

- Ollerton J., Winfree R. & Tarrant S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals ? *Oikos,* 120 : 321-326

- Sánchez-Bayoa F., Wyckhuys K.A.G. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation* 232, 8–27

- Steffan-Dewenter I., Potts S.G. & Packer L. (2005). Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. *Trends in Ecology & Evolution*, 20, 651–652

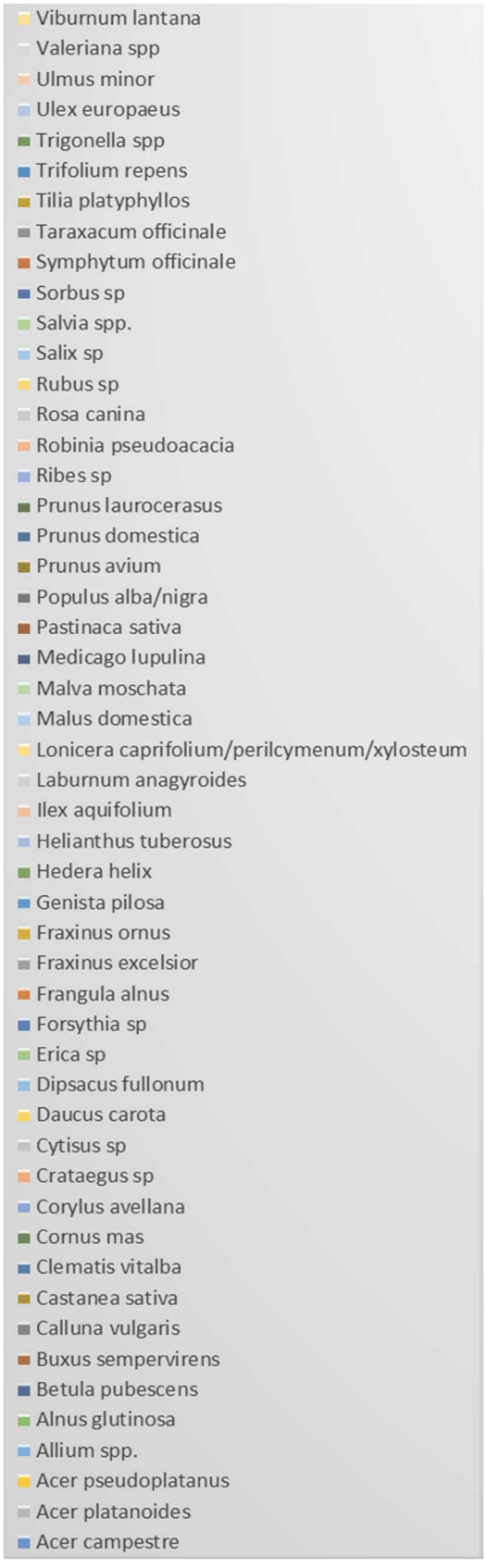
- Toullec A.N.K. (2008). « Abeille Noire, Apis mellifera mellifera, Historique et sauvegarde. » Thèse de l'École Nationale Vétérinaire D'Alfort, 168 p.

- Westrich P. (1996). Habitat requirements of central European bees and the problems of partial habitats. *Linnean Society Symposium Series*.

- Winfree R., Aguilar R., Vazquez P., LeBuhn G. & Aizens M.A. (2009). A meta-analysis of bee's responses to anthropogenic disturbance. *Ecology*, 90, 2068–2076

- Zurbuchen A., Landert L., Klaiber J., Müller A. (2010). Maximum foraging ranges in solitary bees: only few individuals have the capability to cover long foraging distances. *Biol. Conserv.* 143, 669–676

ANNEXE :


Viburnum lantana
Valeriana spp
Ulmus minor
Ulex europaeus
Trigonella spp
Trifolium repens
Tilia platyphyllos
Taraxacum officinale
Symphytum officinale
Sorbus sp
Salvia spp.
Salix sp
Rubus sp
Rosa canina
Robinia pseudoacacia
Ribes sp
Prunus laurocerasus
Prunus domestica
Prunus avium
Populus alba/nigra
Pastinaca sativa
Medicago lupulina
Malva moschata
Malus domestica
Lonicera caprifolium/perilcymenum/xylosteum
Laburnum anagyroides
Ilex aquifolium
Helianthus tuberosus
Hedera helix
Genista pilosa
Fraxinus ornus
Fraxinus excelsior
Frangula alnus
Forsythia sp
Erica sp
Dipsacus fullonum
Daucus carota
Cytisus sp
Crataegus sp
Corylus avellana
Cornus mas
Clematis vitalba
Castanea sativa
Calluna vulgaris
Buxus sempervirens
Betula pubescens
Alnus glutinosa
Allium spp.
Acer pseudoplatanus
Acer platanoides
Acer campestre