

ETUDE DE LA POLLINISATION DE FLEURS LOCALES ET HORTICOLES EN REGION TOULOUSAINE



**DONNEES INFORMATIONS RELAIS SUR
L'ENVIRONNEMENT**

4 Rue Claude Chappe, 31520 Ramonville-Saint-Agne
Tél : 06.26.11.62.89 - <http://www.dire-environnement.org/>
- dire.asso@free.fr

Tuteur organisme : Simone Grinfeld



**ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE
AGRONOMIQUE DE TOULOUSE**

Avenue de l'Agrobiopole - BP 32607 - Auzeville-Tolosane
31326 CASTANET-TOLOSAN Cedex
Tél : 05 34 32 39 00 - www.ensat.fr -
agrotoulouse@ensat.fr

Tuteur ENSAT : Aude Vialatte

ABSTRACT

Study of native and horticultural flowers' pollination in the area of Toulouse

During this internship, I have worked with an urban agriculture association in Toulouse called DIRE. During 10 weeks, I was involved in a research project coordinated by Simone Grinfeld, doctor in biology, working in the association. The aim of this study was to look at the influence of the type of flower we plant in cities, on the amount of pollinating insects. To do that, I was helped by Lise Marchal, doing her civic service in the association. The goal of this project was to see if native plants are more attractive for insects than plant species not originary from south-west of France, coming from an horticultural seed mix provided by Nova-Flore company. The local mix of seeds is provided by Semence Nature firm, located in Labassère, near Lourdes.

To conduct this research project, flowers from both mixes were planted side by side on various fields, located in different areas of Toulouse : in Ramonville Saint-Agne, in Labège and in Bellefontaine. Once flowers grown, we counted from July until the end of August the number of insects present on both local and horticultural flowers, visiting each field every week. We also included plants growing spontaneously on our experimental fields to our study. All the data collected were then analysed in order to compare the amount of pollinating insects on each type of flowers.

Keywords : Pollination, Native flowers, Horticultural flowers, Spontaneous flowers, Plant-Insects interaction

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier ma maître de stage Simone Grinfeld pour son accueil au sein de l'association Dire, pour m'avoir fait découvrir le milieu associatif et permis de m'impliquer dans un travail de recherche fort intéressant. Merci beaucoup pour le temps accordé à la relecture de mon rapport de stage et aux corrections et remarques apportées.

Je remercie ensuite Lise Marchal en service civique au sein de l'association, avec qui il a été très agréable de faire équipe pendant ces deux mois, ainsi que Paul Morère stagiaire en master de géographie au Mirail ayant participé à la première partie du projet.

Un grand merci à tous les jardiniers des jardins partagés « Graines de Monlong » où règne une bonne humeur tous les mercredis matin.

Merci à l'ensemble des acteurs rencontrés lors de ce stage : associations Toulousaines, école de Bellefontaine et la Régie de quartier de Bellefontaine, avec qui il a été il a été plaisant de travailler de temps à autre.

Je tiens également à remercier les habitants de Bellefontaine venus participer aux animations organisées par l'association. Un merci particulier à Déborah accompagnée de ses deux filles, pour son implication dans les évènements associatifs organisés par Dire, et pour sa grande motivation à améliorer l'environnement de son quartier.

Merci à Mme Aude Vialatte, enseignante à l'ENSAT pour l'intérêt porté au sujet de mon stage, et pour avoir suivi son déroulement.

Je remercie enfin l'ENSAT de m'avoir donné l'opportunité de réaliser ce stage.

TABLE DES MATIERES

ABSTRACT	
REMERCIEMENTS	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
GLOSSAIRE	1
LISTE DES ABREVIATIONS	1
Introduction	2
I. Présentation de l'association Dire	3
1. Acteurs de l'association.....	3
2. Activités de l'association.....	3
3. Travail effectué au sein de l'association	4
II. Généralités et contexte	5
1. Evolution du nombre d'insectes pollinisateurs.....	5
2. Développement de l'horticulture.....	6
3. Choix des plantes par les pollinisateurs.....	7
III. Méthodologie : Matériel et méthode	11
1. Les parcelles	11
2. Les espèces de fleurs étudiées	12
3. Les insectes étudiés	15
4. Protocole.....	18
IV. Résultats	19
1. Vue globale sur l'ensemble des parcelles.....	19
2. Zoom sur chacun des lieux d'étude	21
3. Etude spécifique des espèces florales et des différents mélanges floraux.....	23
V. Discussion	27
1. Analyse critique des résultats et proposition d'améliorations	27
2. Expériences tirées de ce stage	29
Conclusion.....	29
BIBLIOGRAPHIE	31

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Ateliers sur la pollinisation et la biodiversité.....	4
Figure 2 : Motifs observés sur des coquelicots © University of Bristol, (Sciences et avenir, en ligne)	10
Figure 3 : Inventaires d'insectes réalisés par Paul Morère et Lise Marchal sur la parcelle de Niki de St Phalle.....	11
Figure 4 : Parcelle du parc municipal de Labège	11
Figure 5 : Mélange de fleurs locales.....	12
Figure 6 : Mélange de fleurs horticoles	14
Figure 7 : Inventaires d'insectes réalisés par Paul Morère et Lise Marchal sur la parcelle de Le Parc .	18
Figure 8 : Parcelle de la MESS	18
Figure 9 : Abondance des différentes espèces florales sur l'ensemble des parcelles (%).....	20
Figure 10 : Fréquentation des fleurs par différentes espèces d'insectes sur l'ensemble des parcelles..	21
Figure 11 : Abondance des différents types d'insectes sur chaque parcelle.....	21
Figure 12 : Abondance moyenne d'insectes en milieu urbain et périurbain	22
Figure 13 : Diagrammes circulaires du pourcentage d'espèces d'insectes observés sur les espèces florales sur lesquelles l'insecte le plus fréquemment observé est l'abeille sauvage	23
Figure 14 : Diagrammes circulaires du pourcentage d'espèces d'insectes observés sur les espèces florales sur lesquelles les insectes les plus fréquemment observés sont l'abeille à miel (B), le bourdon (C), l'abeille à miel et l'abeille solitaire (D).	24
Figure 15 : Diagrammes circulaires du pourcentage d'espèces d'insectes observés sur les espèces florales dont plusieurs espèces d'insectes sont observées en majorité (E), et sur lesquelles les coléoptères et les névroptères sont principalement présents (F).	25
Figure 16 : Abondance totale d'insectes sur chaque espèce de fleur (en %).....	26
Figure 17 : Diagramme circulaire représentant l'abondance d'insectes observés sur chacun des mélanges (en %)	27

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Espèces de fleur du mélange local.....	13
Tableau 2 : Espèces de fleur spontanées étudiées	14
Tableau 3 : Espèces de fleur du mélange horticole	15
Tableau 4 : Tableau descriptif des insectes étudiés.....	16

GLOSSAIRE

Butinage : intense activité de récolte de nectar et de pollen (A. Pouvreau, 2004)

Cycle nyctémère : cycle de 24 heures réglé par alternance entre le jour et la nuit (A. Pouvreau, 2004).

Héliotropisme : phénomène d'orientation d'une plante vers le soleil afin de mieux capter les rayons lumineux (Linternaute, en ligne)

Monolectique : insectes qui se limitent strictement à une seule espèce de fleur, ou, à la rigueur, à quelques espèces très étroitement apparentées (A. Pouvreau, 2004).

Monophile : fleur qui n'est visitée que par une seule espèce de pollinisateur (P. Pesson & J. Louveaux, 1984).

Mutualisme : interaction entre plusieurs espèces, dans laquelle chacune d'entre elle tire profit de cette relation qui est obligatoire pour les deux espèces (Futura planète, en ligne).

Oligolectique : insectes qui n'exploitent que quelques espèces de fleurs, le plus souvent apparentées (A. Pouvreau, 2004).

Oligophile : fleur visitée par seulement quelques espèces de pollinisateurs (P. Pesson & J. Louveaux, 1984).

Polylectique : insectes qui exploitent un grand nombre d'espèces de plantes à fleurs, appartenant à différents genres ou à différentes familles (A. Pouvreau, 2004).

Polyphile : fleur fréquentée par de nombreuses espèces de pollinisateurs (P. Pesson & J. Louveaux, 1984).

Service écosystémique : bénéfice matériel ou immatériel que l'homme retire des écosystèmes (Actu Environnement, en ligne)

Thermogenèse : désigne la production de chaleur par un organisme, afin de maintenir sa température interne constante, malgré les variations de l'environnement (Futura Planète, en ligne).

LISTE DES ABREVIATIONS

CNRS : Centre National de Recherche Scientifique

DIRE : Données Informations Relais Environnement

GNIS : Groupement interprofessionnel des semences et des plants

INRA : Institut National de Recherche Agronomique

IPBES : Plateforme Intergouvernementale sur la Biodiversité et les Services Ecosystémiques

MES : Maison de l'économie Solidaire

SPW : Service public de Wallonie

Introduction

Environ 225 000 espèces de plantes à fleurs sont pollinisées par 200 000 espèces d'animaux dans le monde. Les principaux pollinisateurs sont les insectes de l'ordre des hyménoptères (principalement abeilles et guêpes), des diptères (majoritairement mouches et syrphes), des lépidoptères (papillons) ainsi que de nombreux coléoptères. Ce type de pollinisation est appelée entomophilie. A travers la pollinisation, les insectes jouent un rôle essentiel dans la reproduction sexuée des plantes à fleurs. L'ensemble des interactions positives ou négatives pour la plante ou l'insecte, contribuent d'une façon générale au maintien d'un équilibre écologique et de la biodiversité des plantes et de l'entomofaune. Or, les insectes pollinisateurs sont de plus en plus menacés (INRA, en ligne).

Cette réduction du nombre de pollinisateurs n'est pas sans impact sur les activités de production humaine. 80% des cultures dans le monde sont en effet dépendantes de cette activité. En France, 70 % des espèces recensées de plantes, sauvages et horticoles, s'y sont totalement inféodées. Sans insectes pollinisateurs, celles-ci seraient donc incapables de se reproduire, et par conséquent de former des graines et des fruits utilisés pour notre alimentation. La disparition des pollinisateurs impacterait donc nettement les équilibres alimentaires mondiaux, en particulier pour le marché des fruits et des légumes, dont 80% de la production mondiale en dépend directement (SPW – Service public de Wallonie, en ligne). L'effet se ferait aussi ressentir sur la production de stimulants tels que le café et le cacao. Notre source d'alimentation serait en majorité restreinte aux céréales, principalement pollinisées par le vent (INRA, en ligne).

Au vu de cette tendance, il est essentiel de prendre conscience de la nécessité de protéger les insectes pollinisateurs, et d'agir en faveur des espaces verts et des jardins, notamment en milieu urbain. *Quelles pratiques peut-on alors employer afin de favoriser la venue d'insectes pollinisateurs en ville et de réduire leur déclin ?*

Se pose par ailleurs la question de l'origine des plantes composant nos jardins. Au fil des siècles, l'ensemble de cette végétation a subi une sélection variétale à travers la pratique de l'horticulture. La recherche de plantes horticoles destinées à orner nos espaces verts a incité à choisir les fleurs selon certains critères : couleur, taille, forme, parfum, ou encore résistance aux parasites, au détriment d'autres aspects essentiels à l'équilibre des écosystèmes tels que la biodiversité ou l'abondance de pollen produit par ces fleurs (Biodiversité, en ligne). *Quel est donc l'impact de cette sélection variétale sur la pollinisation ?*

Au cours de ce stage, nous allons tenter de répondre à ces questions, au travers d'un projet de recherche organisé par l'association Dire « Données Informations Relais Environnement » au sein de l'agglomération de Toulouse. L'objectif de cette étude est de réaliser des inventaires d'insectes pollinisateurs sur des parcelles comportant sur une partie de fleurs indigènes à la région Occitanie, et

sur une autre partie des fleurs horticoles, dont la provenance est inconnue. Nous comparerons et analyserons au terme de cette étude l'abondance de pollinisateurs observés durant les mois de juillet et août sur le mélange local et horticole.

Pour ce faire, nous présenterons dans un premier temps les activités de l'association Dire au sein de l'aire urbaine de Toulouse. Nous rappellerons ensuite quelques généralités relatives à la pollinisation, nécessaires à cette étude. Nous présenterons dans une troisième partie la méthode adoptée pour mener à bien ce projet de recherche. Nous présenterons ensuite les résultats obtenus et réfléchirons à des améliorations possibles de la méthode employée. Nous discuterons également des expériences retirées et de l'apprentissage réalisé tout au long de ce travail. Enfin, nous concluons par un bilan des résultats obtenus lors de ce projet de recherche.

I. Présentation de l'association Dire

1. Acteurs de l'association

L'association DIRE rassemble des scientifiques, des enseignants et des éducateurs à l'environnement. Simone Grinfeld, docteur en biologie ayant travaillé durant plusieurs années en tant que responsable pédagogique en éducation à l'environnement coordonne l'association et est à l'origine de ce projet de recherche. Véronique de Saint-Front, docteur en physiologie et nutritionniste œuvre à la réalisation de programmes sur le thème de l'alimentation de la santé. Trois autres membres sont enseignants en Université, et apportent leurs connaissances en biologie, physique et chimie de l'environnement (Dire, en ligne). Dire travaille en partenariat avec d'autres associations de la ville, les collectivités, les centres sociaux, ainsi que des bailleurs sociaux.

2. Activités de l'association

L'association DIRE vise à informer tous types de publics sur l'environnement, ainsi qu'à inciter le public à agir en faveur de son environnement proche et de la biodiversité. Une de ses principales vocations est de ramener la nature au plus près des habitants sur le plus de lieux possibles, y compris en milieu urbain. L'association tente également de sensibiliser les citoyens et les décideurs à l'importance de préserver la nature et les surfaces sauvages existantes. Dire apporte pour ce faire aux citoyens une meilleure connaissance de l'écologie et des sciences de la vie et de la terre.

Afin de toucher un public de tout âge, ses actions pédagogiques comprennent des ateliers, des conférences, mais aussi des expositions, jeux et conception de plaquettes pédagogiques présentés lors

d'animations. L'association intervient également dans des établissements scolaires de différents niveaux, sur les thèmes du développement durable et de la biologie. Par ailleurs, l'association participe à des animations jardin organisées dans plusieurs structures du quartier de Bellefontaine : la médiathèque Grand M, Centre Culturel, ou résidence Le Parc de Reynerie – Milan.

Des espaces verts respectueux de la biodiversité sont aussi mis à disposition des citoyens dans la ville, afin d'impliquer les Toulousains de manière concrète à cette thématique et de replacer les habitants et surtout les enfants au contact de la nature. Ainsi, avec le projet « la nature à vos pieds », Dire a développé depuis quelques années une dizaine d'écoparc participatifs au sein de l'agglomération toulousaine. Il s'agit d'espaces verts écologiques, conçus en concertation avec les principaux intéressés (habitants, résidents d'hôpitaux, salariés d'entreprises) à propos de la façon dont le parc sera concrétisé. Ces projets permettent aux citoyens un partage d'idées pour l'amélioration de leur bien être quotidien et des actions concrètes dans les espaces verts de leur quartier (Vidéo La nature à vos pieds, en ligne). Par ailleurs, les graines de ces espaces verts sont récoltées et peuvent être apportées dans une grainothèque pour que d'autres personnes puissent ensuite en profiter et les semer dans leurs jardins. La récolte des graines sur nos parcelles d'études fut également partie de notre travail tout au long de l'été.

3. Travail effectué au sein de l'association

Durant ce stage, mon travail a consisté à mener à bien un projet de recherche sur les insectes pollinisateurs (protocole détaillé par la suite), aidée de Lise Marchal en service civique au sein de l'association Dire et supervisée par Mme Simone Grinfeld. Nous avons en parallèle de ce travail organisé au mois de juillet quelques ateliers d'animation pour le public sur le thème de la pollinisation et de la biodiversité (cf. figure 1).



Figure 1 : Ateliers sur la pollinisation et la biodiversité

Une fois la majorité des fleurs fanées sur les différentes parcelles (fin août), mon travail a consisté à récolter des graines sur chacun des lieux, et d'effectuer le traitement et l'analyse des données issues de nos inventaires.

II. Généralités et contexte

1. Evolution du nombre d'insectes pollinisateurs

La pollinisation est un phénomène naturel qualifié de mutualisme¹ obligatoire entre les plantes et les insectes. Il s'agit d'un des services écosystémiques de production végétale les plus importants. Plus de 35 % de la population humaine mondiale dépend de cette activité, (Klein et al., 2007, Schulp et al., 2014) dont 84% au sein de l'Union Européenne (Potts et al., 2010), et cette tendance ne fait qu'augmenter depuis ces dernières années (Lautenbach et al., 2012). Bien qu'il existe différents modes de pollinisation : par les animaux tels que les oiseaux ou les chauves-souris, ou manuelle pour la vanille ou le cacao par exemple, les insectes réalisent la majeure partie de ce travail (Lautenbach et al., 2012). Il existe toutefois des preuves d'une diminution de l'abondance des pollinisateurs, dont l'impact serait tant économique qu'écologique (Bommarco et al., 2011, Ghazoul, 2005, Ollerton et al., 2011, Potts et al., 2010). Des travaux menés par l'INRA et le CNRS en 2005 avaient chiffré le service écosystémique² rendu par les insectes pollinisateurs à 153 milliards d'euros, soit 9,5% de la valeur de l'ensemble de la production alimentaire mondiale. Cette contribution économique est probablement sous-estimée par l'attribution de la totalité des effets bénéfiques de la pollinisation aux seules abeilles domestiques, et non pas à tous les autres agents pollinisateurs (INRA, en ligne).

Les insectes pollinisateurs peuvent être regroupés en deux catégories : les pollinisateurs naturels et les abeilles domestiques, aussi appelées abeilles à miel ou mellifères (*Apis mellifera*). Face à l'inquiétante tendance de réduction du nombre d'abeilles, l'installation de ruches sur les toits, les balcons et les jardins en ville est de plus en plus courante. Pensant œuvrer en faveur de la conservation de la biodiversité et la protection de l'environnement, particuliers, entreprises, administrations et autres structures se lancent dans l'apiculture. Or, il s'avère que l'effet produit ne serait pas aussi bénéfique que celui escompté. En effet, des chercheurs de l'université de Cambridge soutiennent que l'abeille domestique n'est qu'un pollinisateur parmi d'autres. Favoriser à outrance cette seule espèce génère une concurrence rude et déloyale pour le reste des butineurs vis-à-vis de la ressource constituée par les fleurs pollinifères adaptées, elles aussi en voie de raréfaction, en particulier pour les nombreuses espèces d'abeilles sauvages tout aussi menacées. Contrairement aux abeilles domestiques,

¹ Le mutualisme est une interaction entre plusieurs espèces, dans laquelle chacune d'entre elle tire profit de cette relation qui est obligatoire pour les deux espèces (Futura planète, en ligne).

² Les services écosystémiques sont des bénéfices matériels ou immatériels que l'homme retire des écosystèmes (Actu Environnement, en ligne)

la majorité des espèces sauvages d'abeilles sont solitaires mais jouent un rôle également essentiel de pollinisation (Geldmann et al., 2018).

Selon Robert Watson, l'un des vice-présidents de l'IPBES (Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques), « ce déclin des pollinisateurs sauvages est dû à des changements dans l'utilisation des terres, aux pratiques de l'agriculture intensive, à l'utilisation de pesticides, [mais aussi] aux espèces invasives, à des agents pathogènes et au changement climatique ». La fragmentation des habitats ainsi que la disparition des fleurs sauvages et locales auxquelles les insectes sont inféodés sont également en partie responsables de ce déclin (Actu environnement, en ligne).

Aucune évaluation à l'échelle mondiale, de l'ordre de grandeur du volume de disparition des insectes pollinisateurs n'est disponible, du fait d'un manque de données. Des estimations locales et régionales mettent toutefois en avant un niveau de menace très élevé, avec la plupart du temps plus de 40% des espèces d'invertébrés localement menacées, en particulier les abeilles et les papillons. Ce déclin de pollinisateurs sauvages touche particulièrement l'Amérique du Nord et l'Europe de l'Ouest. Ces deux types d'insectes sont en chute libre : diminution de 37% pour les abeilles sauvages et domestiques, et réduction de 31% pour les papillons. 9% de ces insectes sont quant à eux menacés d'extinction. Les scientifiques estiment des tendances similaires en Amérique latine, en Asie et en Afrique, malgré des données incomplètes (Actu environnement, en ligne).

2. Développement de l'horticulture

Les fleurs horticoles sont de plus en plus courantes au sein des villes. Or, nombreuses d'entre elles sont originaires de pays lointains, et ont parfois un intérêt limité pour la faune locale. En effet, certaines fleurs ne sont capables d'être fécondées que par l'intermédiaire d'une seule espèce de pollinisateur. Un des exemples les plus connus est celui de la vanille. Originnaire d'Amérique Centrale, cette plante ne peut à notre connaissance être fécondée de manière naturelle par aucun autre insecte que par l'abeille *Mélipone*, endémique du Mexique (Planet Vie, en ligne). Pour la majorité des plantes, un développement dans un environnement autre que celui dont elles sont natives a donc pour risque de réduire leur attraction pour les pollinisateurs présents dans ce nouveau milieu. En effet, les pollinisateurs de cet autre environnement ne seront pas identiques à ceux retrouvés dans la région originaire de la plante, ou pas suffisamment adaptés à ces espèces non indigènes.

Se pose donc la question de la provenance des fleurs composant les mélanges horticoles utilisés dans les villes, dans notre cas à Toulouse. Or, les mélanges horticoles fournis par les horticulteurs ne renseignent pas l'origine de leurs fleurs. Ainsi, dans le cadre d'aménagements dits écologiques ou favorisant les pollinisateurs, il est nécessaire de choisir avec vigilance les mélanges. En effet, certains

d'entre eux proposés par les semenciers contiennent une majorité d'espèces florales exotiques et horticoles. Cependant, du fait de la sélection des fleurs selon des critères visuels et olfactifs, leur production de pollen et de nectar est parfois relativement faible ou inaccessible par les insectes. De plus, ces plantes dérivées d'espèces sauvages ne présentent souvent aucun signal attractif pour la faune pollinisatrice (Laurence & Palmaerts, 1991). Il est donc nécessaire de s'assurer du caractère à la fois mellifère (dont le pollen est utilisé par les insectes pour produire du miel), mais aussi invasif des espèces non indigènes composant les mélanges (SPW, en ligne). Le bleuet horticole contient par exemple 82 % de nectar en moins que le bleuet local. Des risques d'hybridations sont par ailleurs possibles entre ces deux espèces (Conservatoire régional de botanique d'Occitanie, en ligne).

3. Choix des plantes par les pollinisateurs

Les insectes sont connus pour sélectionner les fleurs sur lesquelles se poser selon certains critères tels que leur couleur, leur forme ou encore leur parfum, mais également selon d'autres indices invisibles par l'homme.

a. Nectar et pollen

L'intérêt premier de la pollinisation étant un apport nutritif aux insectes, le pollen et le nectar sont de toute évidence des facteurs de variation de l'activité de butinage. Ceux-ci influent donc sur le choix des plantes par les insectes.

Le nectar est un liquide sucré sécrété par de petites glandes situées sur les fleurs, les nectaires. Celles-ci transforment la sève du végétal en nectar pour attirer les insectes. Les insectes sont ainsi préférentiellement intéressés par certains types de glucides présents dans le nectar. En effet, quelques plantes contiennent des glucides toxiques pour des espèces et non pour d'autres. Par exemple, le lactose et le galactose sont nocifs pour l'abeille, et inoffensifs pour la mouche. Les sucres dominant quantitativement dans les nectars sont le saccharose, le glucose, et le fructose. La proportion de ces trois sucres est caractéristique d'une espèce ou d'une famille de plante. Par exemple, la centaurée et la vipérine ont un nectar à saccharose dominant, tandis que la phacélie et la bourrache sont à fructose dominant. Les fleurs à nectaires peu profonds ou peu protégés, ont un nectar qui contient peu de saccharose, et principalement du glucose et du fructose et sont visitées par les abeilles à langue courte et les mouches. Les abeilles domestiques recherchent quant à elles des nectars dont la concentration en sucres dépasse 30%, afin de subvenir aux besoins du couvain. (A. Pouvreau, 2004)

Si la composition en sucres du nectar est relativement fixe pour une espèce végétale donnée, la concentration de ceux-ci peut en revanche varier pour une même fleur, en fonction des conditions

météorologiques (vent, pluie, changements d'humidité relative, température). Les nuages ralentissent, voire arrêtent l'activité des butineuses. Les abeilles domestiques maintiennent une activité normale tant que l'intensité lumineuse n'est pas inférieure à 500 lux. En dessous de ce seuil, elle diminue et est interrompue à 10 lux. L'approche d'une pluie ou d'un orage annoncé par l'obscurité du ciel, provoque un retour massif à la ruche. Actifs par temps ensoleillé, les papillons et syrphidés ont aussi tendance à réduire leur activité par temps couvert. Peu importe la température ambiante, la plupart des abeilles solitaires ont une activité plutôt matinale. Le butinage de cette espèce est principalement influencé par la température à la surface du sol. De plus, ces dernières réduisent nettement leur activité par temps venteux, et cessent de butiner lorsque la vitesse du vent dépasse 30 km/h. (A. Pouvreau, 2004)

L'attrait d'une espèce végétale varie donc tout au long de la journée et aux divers stades de la floraison. Une sécrétion de nectar maximale implique un attrait optimal des pollinisateurs. D'autres paramètres tels que l'âge ou la fécondation de la fleur influencent également la sécrétion de nectar. La fécondation inhibe la sécrétion de nectar, et résorbe les sucres produits.

En conditions normales, le nectar n'est pas sécrété de façon régulière. Il existe chez la plupart des plantes non seulement une différence jour-nuit, mais aussi un cycle nyctémère, c'est-à-dire un cycle de 24 heures réglé par alternance entre le jour et la nuit, caractéristique de la sécrétion. Chez certaines plantes telles que la bourrache, le niveau de sécrétion nectarifère reste constant durant la journée, tandis que chez d'autres, le niveau de sucre varie. C'est le cas de la sauge (A. Pouvreau, 2004).

Le pollen est lui aussi un composé influant l'attraction des pollinisateurs pour certaines fleurs. Constitué de protéines, lipides, glucides, amidon, de quelques matières minérales, et riche en vitamines, principalement vitamines B, mais aussi C, E et H, le pollen constitue une source nutritive à fort potentiel pour les insectes. Selon des études, la présence de proline, un acide aminé en forte concentration dans la plupart des pollens, exercerait une influence sur l'attractivité de la fleur. Cette attractivité résulte de l'odeur dégagée par le pollen. (A. Pouvreau, 2004)

De même que pour le nectar, l'offre de pollen par la plante varie au cours de la journée. Celle-ci s'échelonne des premières heures de la journée (ex : tournesol) à la fin de l'après-midi (féverole). Les heures de pointes de présentation du pollen tendent à être caractéristiques d'une espèce donnée, même si le pollen d'un certain nombre d'espèces est disponible pendant la plus grande partie de la journée. Par exemple, le maximum de pollen présent sur le liseron est entre 8 heures et 14 heures. Ces horaires n'ont toutefois rien d'absolu. Comme pour le nectar, il existe une corrélation entre le moment de la journée où le pollen est le plus abondant, et sa récolte par les insectes. (A. Pouvreau, 2004)

On remarque par ailleurs aisément que chaque type d'insecte est préférentiellement attiré vers certaines espèces de fleurs. Ainsi, les abeilles à longue langue telles que les bourdons se posent sur des fleurs à corolles profondes, tandis que les abeilles à langue courte visent

préférentiellement les inflorescences aux corolles peu développées dont le pollen et le nectar sont facilement accessibles (SPW, en ligne).

b. Signaux de communication et capacité d'apprentissage

Il existe des signaux de communication permettant à l'insecte de percevoir ce que la plante a à lui offrir. L'expérience de Lubbock montre en effet que l'abeille trouve sa nourriture par l'intermédiaire d'un signal, par exemple une forme colorée sans aucune valeur alimentaire, mais qui peut être associée à la présence de miel. De plus, des chercheurs ont trouvé que cette association signal-nectar ou signal-pollen à priori innée pouvait aussi résulter d'un apprentissage par les insectes (Von Frisch, 1950 ; Leroy, 1987). Von Frisch a également mis en évidence dans une expérience la capacité d'apprentissage des abeilles à se référer à un signal olfactif n'ayant lui non plus aucune valeur alimentaire, mais lié à la présence des aliments. L'étude comparative de différentes races et espèces d'abeilles met en avant une variation de cette capacité d'apprentissage suivant les races et les espèces. Ces expériences révèlent donc que les relations abeille/fleur sont orchestrées par des signaux de communication, sans lesquels ni le butinage ni la pollinisation croisée ne seraient possibles. Elles montrent également que l'association signal-aliment peut être apprise par modulation d'une réaction innée. Cette aptitude favorise par ailleurs les possibilités d'adaptations des insectes pollinisateurs au milieu. Les résultats de ces expériences sont de ce fait intéressants dans le cadre de notre étude. En effet, la capacité des insectes à s'adapter à de nouveaux milieux comportant d'autres fleurs que les espèces locales ou indigènes pourrait atténuer l'effet escompté des plantes horticoles sur les butineurs.

c. Motifs thermiques

Des scientifiques de l'Université de Bristol ont démontré que les abeilles et les bourdons sont capables de voir des « motifs thermiques », représentant les variations de température entre les différentes parties des fleurs. L'absorption des rayons lumineux et le dégagement de chaleur sont en effet influencés par la pigmentation de la fleur, sa structure, et son héliotropisme³. Grâce à des détecteurs thermiques situés dans leurs antennes, les abeilles sont capables de distinguer les différentes espèces de fleurs par la chaleur qu'elles dégagent. Cette capacité leur permet de sélectionner les fleurs les plus abondantes en nectar parmi les différentes espèces. La chaleur des fleurs a aussi pour effet de réchauffer les insectes lors du butinage, et de maintenir la température de leur corps au-dessus du

³ Héliotropisme : phénomène d'orientation d'une plante vers le soleil afin de mieux capter les rayons lumineux (Linternaute, en ligne)

seuil minimal nécessaire au vol. Les dépenses énergétiques de thermogenèse⁴ sont ainsi limitées, et les insectes sont en mesure de poursuivre leurs activités de pollinisation par temps froid. La majorité

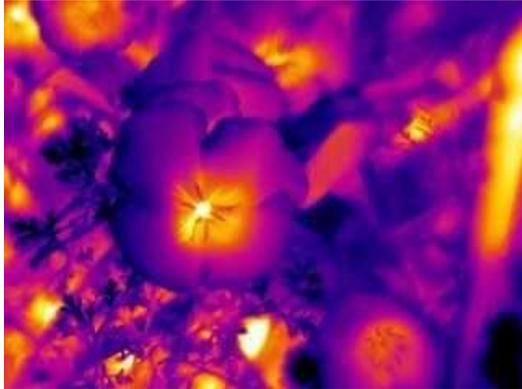


Figure 2 : Motifs observés sur des coquelicots © University of Bristol, (Sciences et avenir, en ligne)

des fleurs présentent ces variations de température. Ces motifs sont, selon les scientifiques britanniques, en moyenne quatre à cinq degrés plus chauds que le reste de la plante, et peuvent même atteindre onze degrés de plus (eLife, en ligne). Voici ci-contre un exemple de motifs thermiques observés sur des coquelicots (Figure 2).

Cette découverte fait malgré tout craindre l'impact du réchauffement climatique sur l'entomophilie. Les chercheurs supposent en effet que si les pollinisateurs sont influencés par de minimes variations de température à la surface des pétales, un infime changement de température dans l'environnement pourrait modifier grandement et de manière non prévisible l'activité pollinisatrice des insectes (eLife, en ligne).

d. Fidélité des insectes à une espèce florale

La fidélité des insectes dépend de l'espèce à laquelle ils appartiennent. On les classe ainsi en trois groupes : oligolectique, dont la pollinisation est réduite à une espèce de fleur ou à quelques espèces apparentées, polylectique, insectes qui exploitent un grand nombre d'espèces de fleurs appartenant à différentes familles, ou encore monolectique, rassemblant les insectes se limitant strictement à une seule espèce de fleur, ou, à la rigueur, à quelques espèces très étroitement apparentées.

Parmi les espèces polylectiques, on retrouve les abeilles domestiques, les bourdons, de nombreux papillons et quelques abeilles solitaires. N'ayant pas un couvain aussi abondant à nourrir que les abeilles sociales, et se satisfaisant d'une ressource moins importante en pollen et en nectar, les abeilles solitaires sont pour la plupart oligolectiques. Les mouches sont dans l'ensemble peu fidèles à une espèce donnée. Les syrphidés montrent quant à eux une certaine constance à visiter des fleurs, à condition que la plante nourricière soit abondamment représentée. Il est important de préciser qu'une espèce d'insectes peut être oligolectique pour sa recherche de pollen, et polylectique pour celle du nectar, et inversement. De façon similaire, les fleurs peuvent être polyphiles, oligophiles ou monophiles, suivant qu'elles sont visitées par de nombreux insectes, par quelques-uns ou par une seule espèce.

⁴ Thermogenèse : désigne la production de chaleur par un organisme, afin de maintenir sa température interne constante, malgré les variations de l'environnement (Futura Planète, en ligne).

III. Méthodologie : Matériel et méthode

1. Les parcelles

Pour cette étude, nous avons travaillé sur des parcelles réparties dans différents lieux de l'agglomération toulousaine : une située près de la mairie de Labège, deux à Ramonville Saint-Agne, (l'une au Périscope et l'autre à la maison de l'économie solidaire (la MES)), cinq parcelles dans le quartier de Bellefontaine (sur la place Niki de Saint-Phalle, à la Médiathèque Grand M, aux jardins partagés « Graines de Monlong » du parc de Monlong, ainsi qu'à la résidence Le Parc, et près de la résidence Le Tintoret). Ces parcelles ont été mises à la disposition de l'association par des collectivités. Les parcelles du parc municipal de Labège et de Monlong ont été respectivement prêtées par la Mairie de Labège et de Toulouse depuis plusieurs années. La parcelle de Monlong a été acquise afin d'animer le parc Monlong, et celle de Bellefontaine en vue d'une occupation positive du bas des immeubles. Cette dernière est en effet principalement destinée à faire reculer les trafics illicites autour du vaste immeuble Tintoret-Titien Goya, dans le cadre de « Animons Bellfon », en partenariat avec les bailleurs sociaux et la Régie de quartier de Bellefontaine.



Figure 3 : Inventaires d'insectes réalisés par Paul Morère et Lise Marchal sur la parcelle de Niki de St Phalle



Figure 4 : Parcelle du parc municipal de Labège

La Maison de l'économie solidaire a été créée dans le but de doter la ville de Ramonville d'un pôle d'économie sociale et solidaire. Celle-ci a pour objectif de créer une synergie entre différents acteurs, tout en leur fournissant un lieu de référence et une aide à démarrer certains projets (RTES – Réseau des collectivités Territoriales pour une Economie Solidaire, en ligne). L'association Dire, dont le siège social est situé à la MES, a investi le parc de ce lieu, et souhaite créer une sorte de jardinerie alternative en mettant à disposition du public des plantes et graines locales afin d'encourager les gens à réfléchir à la biodiversité de leurs jardins.

Le Périscope est lui aussi un pôle d'économie solidaire et d'innovations sociales, dédié à la coopération économique. Cet établissement accompagne la création d'entreprises, mutualise les

emplois et les services, et possède un pôle de formation, de recherche et d'animation des locaux d'activités (Le Périscope, en ligne).

Le parc public Le jardin de Monlong abrite une zone boisée parcourue par un ruisseau, ainsi qu'un jardin partagé et 64 parcelles individuelles. La zone boisée et le jardin partagé, géré par le centre social de Bellefontaine-Mairie de Toulouse, sont à la fois accessibles au public et aux associations du quartier de Bellefontaine. Ce lieu convivial et de mixité sociale favorise les rencontres ainsi que la réappropriation des espaces verts par les habitants, tout en œuvrant pour une valorisation durable de la ville (Aua Toulouse - L'agence d'urbanisme et d'aménagement, en ligne). Les semis de fleurs que l'association a effectués sur la parcelle qui lui est attribuée, n'ont toutefois donné que très peu de fleurs, probablement du fait de son manque d'ensoleillement. Pour cette raison, nous n'avons pas réalisé d'inventaires sur ce lieu.

2. Les espèces de fleurs étudiées

Durant notre étude, nous nous sommes intéressés à des plantes à fleurs d'origine diverses, regroupées en trois classes : les fleurs issues d'un mélange de graines locales, celles de nature horticole, mais également quelques espèces ayant poussé de façon spontanée sur les parcelles.

a. Les espèces du mélange local

Les graines du mélange local sont issues de l'entreprise Semence Nature. Il s'agit d'une structure émergente spécialisée dans la récolte, la production et la commercialisation de semences d'espèces sauvages locales au sein de leur aire géographique d'origine (Zone sud-ouest, Massif central, Bassin parisien sud et massif armoricain). Convaincu de l'importance de l'utilisation des espèces autochtones du territoire national, Semence Nature propose plus de 100 espèces sauvages labellisées « Végétal local » et « Vraies messicoles⁵ » garantissant des origines locales françaises et n'appartenant pas au catalogue du GNIS (Groupement interprofessionnel des semences et des plants) (Semence Nature, en ligne). Cette labellisation graines locales est impulsée par le Conservatoire botanique régional des Pyrénées et de Midi-Pyrénées.

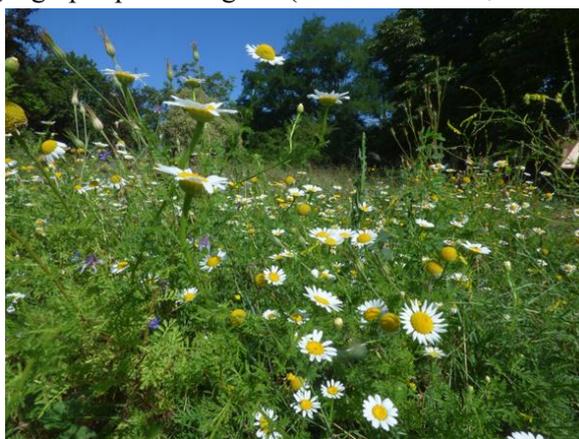


Figure 5 : Mélange de fleurs locales

⁵ Les espèces messicoles sont des plantes annuelles à germination préférentiellement hivernale poussant dans les champs de céréales (Larousse, en ligne)

Voici ci-dessous un tableau rassemblant l'ensemble des espèces composant le mélange de semences locales utilisées.

b. Les espèces spontanées

Nom commun	Non scientifique	Photographie	Nom commun	Non scientifique	Photographie
Achillée millefeuille	<i>Achillea millefolium</i>		Millepertuis	<i>Hypericum perforatum</i>	
Nielle des blés	<i>Agrostemma githago</i>		Marguerite commune	<i>Leucanthemum vulgare</i>	
Guimauve faux-chanvre	<i>Althaea cannabina</i>		Grande mauve	<i>Malva sylvestris</i>	
Anthémis géante	<i>Anthemis altissima</i>		Camomille sauvage	<i>Anthemis inodora</i>	
Anthémis fétide	<i>Anthemis cotula</i>		Origan	<i>Origanum vulgare</i>	
Souci des champs	<i>Calendula arvensis</i>		Coquelicot	<i>Papaver rhoeas</i>	
Bleuet des champs	<i>Centaurea cyanus</i>		Verveine officinale	<i>Verbena officinalis</i>	
Centaurée jacée	<i>Centaurea jacea</i>		Compagnon blanc	<i>Silene latifolia</i>	
Carotte sauvage	<i>Daucus carota</i>		Chrysanthème des moissons	<i>Glebionis segetum</i>	
Benoîte commune	<i>Geum urbanum</i>		Saponaire des vaches à floraison relativement précoce	<i>Vaccaria hispanica</i>	

Tableau 1 : Espèces de fleur du mélange local

Des espèces sauvages ayant poussé sur nos parcelles ont été incluses à notre analyse. Voici la liste des espèces le plus fréquemment rencontrées (voir tableau 2).

Tableau 2 : Espèces de fleur spontanées étudiées

Nom commun	Non scientifique	Photographie	Nom commun	Non scientifique	Photographie
Lotier corniculé	<i>Lotus corniculatus</i>		Trèfle des prés / Trèfle violet	<i>Trifolium pratense</i>	
Plantain	<i>Plantago</i>		Laiteron maraîcher	<i>Sonchus oleraceus</i>	
Bourrache officinale (Reprise de semis précédents)	<i>Borago officinalis</i>		Aneth (Reprise de semis précédents)	<i>Anethum graveolens</i>	
Fenouil commun	<i>Foeniculum vulgare</i>		Myosotis	<i>Myosotis</i>	
Phacélie à feuilles de tanaïsie	<i>Phacelia tanacetifolia</i>		Liseron	<i>Convolvulus</i>	
Pissenlit commun	<i>Taraxacum officinale</i>		Vipérine commune	<i>Echium vulgare</i>	

c. Les espèces horticoles

Le mélange de semences planté (illustré sur la figure 6), provient de la société Nova-Flore située dans le Pays De La Loire. Parmi ces espèces, seulement six ont été observées. Le tableau 3 présente ces espèces horticoles qui feront l'objet de notre étude.



Figure 6 : Mélange de fleurs horticoles

Tableau 3 : Espèces de fleur du mélange horticole

Nom commun	Non scientifique	Origine	Photographie
Coreopsis	<i>Coreopsis</i>	Mexique, Amérique du Nord	
Cosmos	<i>Cosmos</i>	Mexique	
Camomille Romaine horticole	<i>Chamaemelum nobile</i>	Europe du Nord, Afrique du Nord	
Mauve rouge horticole	<i>Malva</i>	Europe	
Lin rouge	<i>Linum grandiflorum</i>	Afrique	
Bleuet horticole rose/bleu/blanc/mauve	<i>Centaurea</i>	Europe	
Chrysanthème des moissons horticole	<i>Glebionis segetum</i>	Europe	

3. Les insectes étudiés

Lors de cette étude, nous nous sommes intéressés à certains insectes en particulier, à savoir : l'abeille à miel, l'abeille solitaire, le bourdon, la guêpe, le papillon, la chrysope, la mouche, et le syrphe. En effet, il ne suffit pas qu'une fleur soit visée par des insectes, même si ceux-ci sont abondants et appartiennent à de nombreuses espèces, pour que tous soient des pollinisateurs vrais, c'est-à-dire efficaces dans ce rôle (POUVREAU A., 2004). Ainsi, friandes de substances sucrées, nombreuses familles de fourmis récoltent du nectar. Toutefois, dans la plupart des cas, leurs manières de parvenir à la fleur ne leur permettent pas d'effectuer la pollinisation. De ce fait, malgré le grand nombre de fourmis observées sur les fleurs lors de nos inventaires, nous ne les prendrons pas en compte. De plus, une identification précise des insectes nécessite des connaissances poussées en entomophilie et de réaliser des manipulations en laboratoire (capture des insectes, observation sous microscope, etc.) que nous n'avons pas effectué. Nous nous sommes donc limités à répartir les insectes observés au sein de classes englobant une grande variété d'insectes. Ceux-ci sont rassemblés dans le tableau 4, présentant les caractéristiques de chaque ordre d'insectes étudiés.

Ordre	Description					
<u>Hyménoptère</u> <i>(Hymenoptera)</i>	<p>Taille et aspect plus ou moins différent d'une espèce à l'autre. Certaines espèces ne dépassent pas 4 mm de long (Halictidés), d'autres atteignent 2,5 cm (abeille charpentière). Leur pilosité est variable. (POUVREAU A., 2004). Tous possèdent quatre ailes membraneuses dépourvues d'écailles et de longues soies avec peu de nervures.</p> <p style="text-align: center;">Insectes étudiés</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td data-bbox="384 286 603 495"> Abeille à miel  </td> <td data-bbox="608 286 826 495"> Abeille charpentière  </td> <td data-bbox="831 286 1050 495"> Bourdon  </td> <td data-bbox="1054 286 1273 495"> Osmie / Abeille solitaire  </td> <td data-bbox="1278 286 1469 495"> Guêpe  </td> </tr> </table>	Abeille à miel 	Abeille charpentière 	Bourdon 	Osmie / Abeille solitaire 	Guêpe 
Abeille à miel 	Abeille charpentière 	Bourdon 	Osmie / Abeille solitaire 	Guêpe 		
<u>Diptère</u> <i>(Diptera)</i>	<p>Petits insectes (maximum 60 mm) caractérisés par la possession d'une seule paire d'ailes, les ailes antérieures. Les postérieures sont transformées en balanciers ou petites « haltères ». On distingue deux groupes : les Nématocères (moustiques) aux antennes généralement courtes, et les Brachycères (mouches, taons) aux antennes courtes. Appareil buccal suceur ou piqueur-suceur. Corps (y compris yeux) très coloré, à reflets métalliques. On connaît environ 85 000 espèces de diptères dans le monde, et on en distingue 8 000 en France (W. Wolfgang & W. Ring, 2009).</p> <p style="text-align: center;">Insectes étudiés</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td data-bbox="384 801 932 976"> Mouche  </td> <td data-bbox="936 801 1469 976"> Syrphe  </td> </tr> </table>	Mouche 	Syrphe 			
Mouche 	Syrphe 					
<u>Névroptère</u> <i>(Neuroptera)</i>	<p>Insectes de dimension et formes variées. Pièces buccales broyeuses, antennes filiformes ou claviformes, pattes semblables et ailes peu différentes à nervation dense. Autant de diversité de forme que de modes de vie. 4 500 espèces dont environ 114 en Europe centrale (W. Wolfgang & W. Ring, 2009).</p> <p style="text-align: center;">Insectes étudiés</p> <p style="text-align: center;">Chrysope</p> 					
<u>Lépidoptère</u> <i>(Lepidoptera)</i>	<p>Dimensions très variables. Ailes recouvertes d'écailles imbriquées. Pièces buccales transformées en trompe (à l'exception de quelques espèces primitives). Presque tous les papillons ont les ailes très colorées, et il y a souvent un dimorphisme à cet égard. On connaît environ 140 000 espèces de Lépidoptères dans le monde, dont environ 4 750 en France (W. Wolfgang & W. Ring, 2009).</p> <p style="text-align: center;">Insectes étudiés</p> <p style="text-align: center;">Papillon</p> 					
<u>Coléoptères</u> <i>(Coleoptera)</i>	<p>Ordre rassemblant un grand nombre d'espèces, dont l'aspect varie énormément. Ils sont presque toujours reconnaissables grâce à leurs ailes antérieures transformées en élytres rigides joints le long d'une ligne dorsale. Ils possèdent des ailes postérieures membraneuses cachées sous les élytres, servant au vol actif. Les élytres et ailes sont absents chez certaines espèces, ce qui les empêche de voler. Pièces buccales broyeuses. Cet ordre est le plus vaste de tout le règne animal, avec plus de 500 000 espèces, dont au moins 9 500 en France (W. Wolfgang & W. Ring, 2009).</p>					

Tableau 4 : Tableau descriptif des insectes étudiés

L'ordre des Hyménoptères rassemble les abeilles, les bourdons, les guêpes, les fourmis, etc. Il s'agit d'un groupe d'insectes très varié, avec plus de 8 000 espèces en France, dont environ 1 200 abeilles, 200 fourmis, et plus de 6 000 autres espèces dont les guêpes. Parmi les Hyménoptères, le rôle de pollinisateurs revient essentiellement à la grande famille des abeilles, les Apoïdes. Ces insectes appelés « mellifères » par Latreille comprennent plus de 25 000 espèces dans le monde, dont 1 200 environ en France, y compris les Bourdons. Parmi les sept familles d'abeilles, seule une d'entre elle compte des espèces sociales, comme les abeilles domestiques et les bourdons. Ainsi, contrairement aux idées reçues, la grande majorité des abeilles vit de façon solitaire (85% environ). Les femelles fabriquent aussi du miel, mais pour quelques larves seulement (POUVREAU A., 2004).

Pour ce qui est des Diptères (mouches, syrphes), les mouches jouent un rôle important de pollinisation, en raison de leur grand nombre de genres, familles et espèces attirés par les fleurs. Beaucoup d'espèces de petite taille sont particulièrement utiles pour la pollinisation croisée de petites fleurs, peu attractives pour la plupart des autres pollinisateurs du fait de leurs très faibles ressources en nectar. De plus, on retrouve souvent cet insecte dans des zones géographiques ou des conditions saisonnières défavorables, où les pollinisateurs traditionnels (abeille, papillon, etc.) sont absents ou inactifs. (POUVREAU A., 2004).

L'ordre des Névroptères (ascalaphes, mantispes, fourmilions et chrysopes) est anciennement connu sous le nom de Planipennes qui incluait les Mégaloptères et Raphidioptères. Bien que l'on observe la chrysope sur de nombreuses fleurs, celle-ci est connue pour son rôle d'auxiliaire, se nourrissant de pucerons présents sur les cultures, plus que pour son action pollinisatrice (Bastida C., 2006).

Parmi les Lépidoptères (papillons), on peut distinguer trois grandes familles de pollinisateurs : les papillons de jour ou Rhopalocères (vanesse, piéride, etc.), les papillons nocturnes ou Hétérocères (Noctuelles, Géométridés, etc.), et les sphynx. Les papillons de jour visitent en général des fleurs parfumées. Celles en forme de tube, plutôt étroites, sont aussi particulièrement recherchées, car elles constituent une ressource de nectar inaccessible à d'autres butineurs. Des observations dans la nature ont montré que certaines espèces de papillons sont particulièrement attirées par la couleur jaune ou bleue des fleurs, tandis que d'autres préfèrent les fleurs violettes ou pourpres. Les papillons ont pour atout majeur dans l'activité pollinisatrice de pouvoir butiner de jour comme de nuit suivant l'espèce à laquelle ils appartiennent.

Les Coléoptères visitent majoritairement deux types de fleurs, leur offrant un accès facile au nectar : celles de petites tailles réunies en une large inflorescence (ex : sureau, achillée, Apiacées, etc.), facilitant l'atterrissage de ces insectes généralement un peu lourdauds ; ainsi que des fleurs isolées possédant une large corolle ouverte en cupule telles que les Renonculacées ou les Rosacées (POUVREAU A., 2004)

4. Protocole

Pour réaliser ce travail de recherche, j'ai été aidée par plusieurs acteurs : Mme Simone Grinfeld, coordinatrice du projet ainsi que Lise Marchal en service civique au sein de l'association Dire, avec qui j'ai effectué les inventaires d'insectes sur les différentes parcelles de fleurs, ainsi que Paul Morère en Master 2 de géographie et urbanisme (cf. figure 7).



Figure 7 : Inventaires d'insectes réalisés par Paul Morère et Lise Marchal sur la parcelle de Le Parc



Figure 8 : Parcelle de la MESS

Afin de comparer l'attrait des pollinisateurs pour les deux mélanges de fleurs, chacune des parcelles a été divisée en deux parties juxtaposées : l'une comportant le semis de graines indigènes, et l'autre de graines horticoles, comme illustré sur la figure 8. Sur chaque lieu, la surface de plantes locales et horticoles était à peu près égale, avoisinant 5 m².

Pour réaliser les inventaires d'insectes, nous avons visité chacun des lieux de plantation au moins une fois par semaine durant les mois de juillet et d'août. Lors de ces visites, nous avons défini un temps d'observation de 30 minutes, durant lequel nous avons dénombré les insectes se posant sur chaque espèce de fleur de la parcelle. Pour nos premiers inventaires, Lise et moi étions à tour de rôle en charge d'un mélange (local ou horticole). Nous avons par la suite modifié notre manière de procéder, afin de réduire l'effet de l'observateur sur les résultats obtenus. Nous avons donc décidé de nous occuper toutes les deux de l'ensemble des espèces, locales et horticoles confondues.

Les différentes espèces n'ayant pas poussé dans les mêmes proportions, nous avons également tenté d'évaluer le pourcentage de chaque espèce présente lors de notre visite de manière visuelle, donc approximative, afin d'établir un comptage plus « équitable » entre les différentes espèces. En effet, si la parcelle est majoritairement recouverte d'un type de plante, le nombre d'insecte relevé sur celle-ci

ne serait pas comparable à celui présent sur une espèce minoritaire si l'abondance (exprimée en pourcentage) n'était pas prise en compte. L'ensemble des inventaires sont ensuite reportés dans un tableau Excel, comportant le nombre d'insectes observés sur chaque parcelle, pour chaque type de pollinisateurs, sur chaque espèce de fleur et ce, pour chacune des visites. Une moyenne du nombre d'insectes observés par Lise et moi est ensuite effectuée dans les tableaux d'inventaires. Les résultats obtenus sont alors divisés par le pourcentage d'abondance estimé pour l'espèce en question. Nous avons enfin réalisé des graphiques à partir de ces données, afin d'analyser les résultats obtenus.

IV. Résultats

1. Vue globale sur l'ensemble des parcelles

Etant donné que l'abondance de chaque espèce de fleur est très variable, tant entre les différentes parcelles qu'au sein même d'une parcelle, il a été nécessaire d'affecter un coefficient d'abondance à chaque espèce. Nous avons pour cela estimé le pourcentage de chaque type de fleur présent sur l'ensemble des parcelles. Il s'agit d'un coefficient non précis mais permettant comparer les différentes espèces florales entre-elles et d'analyser les résultats de façon plus pertinente. En effet, si une espèce de fleur occupe la majorité d'une parcelle, il est normal que l'abondance totale d'insectes sur cette espèce soit plus élevée que celle observée sur une espèce représentée par quelques individus seulement. Chaque effectif d'insectes relevé sur une fleur a donc été multiplié par le coefficient de la fleur en question. Le pourcentage d'abondance par espèce florale sur l'ensemble des parcelles est illustré graphiquement sur la figure 9.

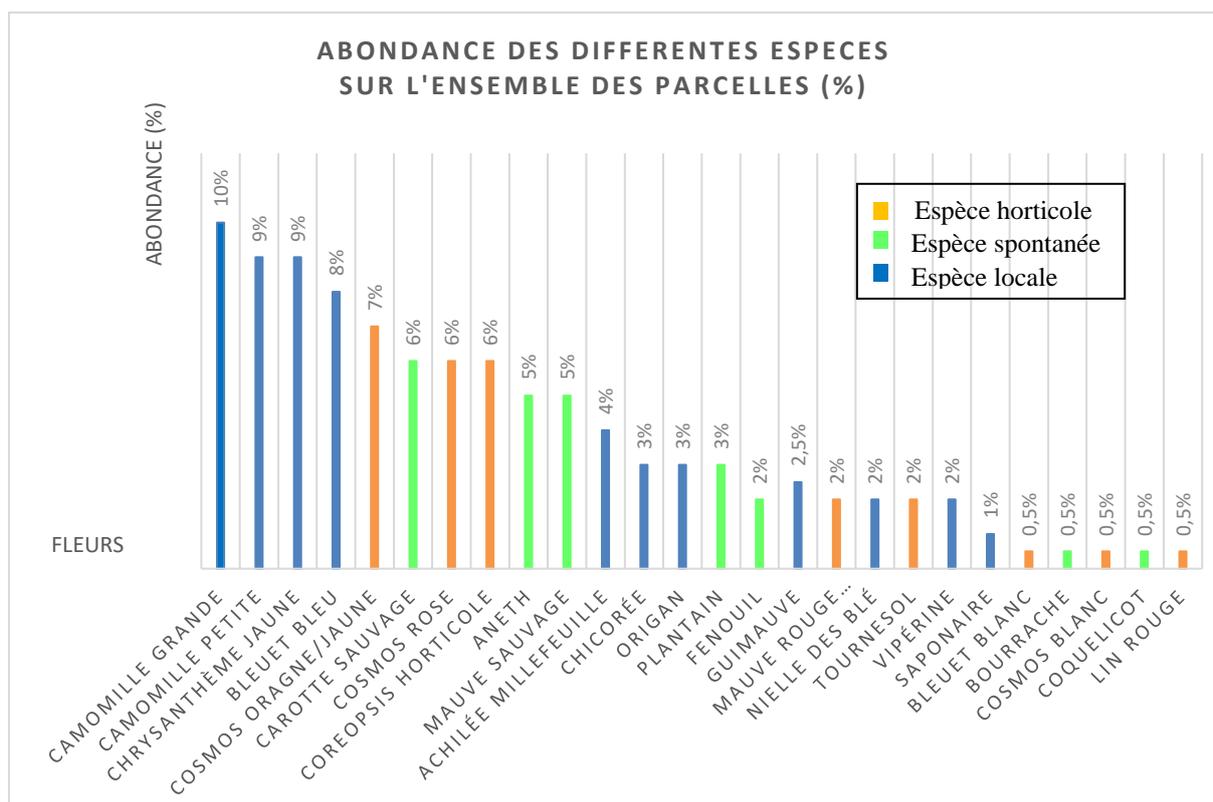


Figure 9 : Abondance des différentes espèces florales sur l'ensemble des parcelles (%)

Cette figure montre que les espèces majoritaires sur les parcelles sont la camomille (grande et petite), le chrysanthème jaune, le bleuet bleu et le cosmos orange ou jaune. Certaines espèces de fleur sont au contraire présentes qu'en très faible quantité, c'est le cas du bleuet blanc, de la bourrache, du cosmos blanc, du coquelicot et du lin rouge. Le millepertuis, la verveine officinale, le compagnon blanc et la saponaire des vaches sont présents sur quelques parcelles, mais en trop faible effectif pour que les inventaires effectués sur ces espèces aient été pris en compte dans ces résultats. D'autres plantes n'ont quant à elles pas été observées. C'est le cas du bleuet rose, de la phacélie, de la marguerite, de la centaurée, ou encore de la benoîte commune et de l'anthémis (géante et fétide). Comme l'illustre la figure 9, les plantes du mélange local sont présentes en majorité sur les parcelles et représentent plus de la moitié des fleurs observées, avec une abondance totale de 54 %. Les plantes issues du mélange horticole sont un peu moins nombreuses. Leur abondance totale est estimée à 25 %. Les espèces ayant poussé de manière spontanée sont quant à elles observées avec une abondance totale de 22 % sur les parcelles. Ces résultats mettent donc en avant une meilleure adaptation des fleurs originaires du sud-ouest de la France aux conditions pédo climatiques de ce milieu, en faveur de leur développement.

Nous nous sommes ensuite intéressés à l'abondance totale de chaque type d'insectes sur l'ensemble des fleurs présentes sur les parcelles.

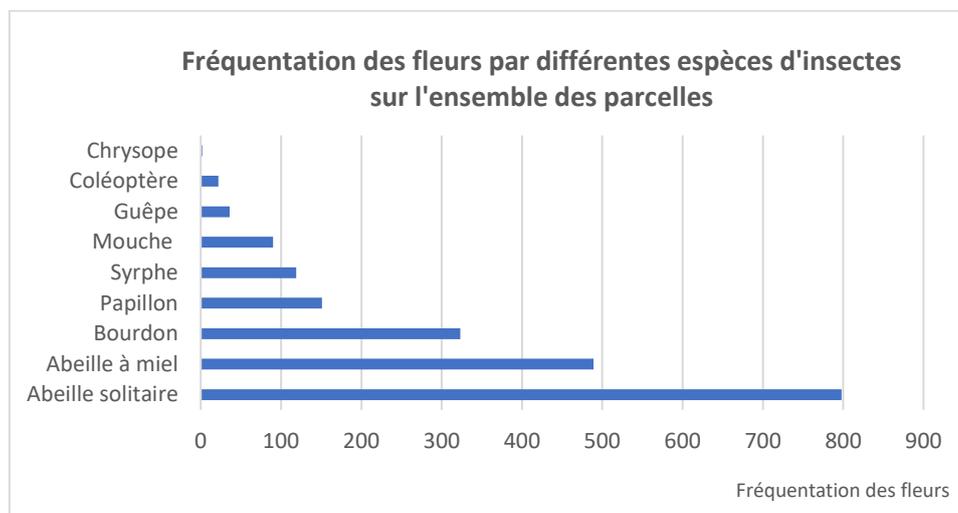


Figure 10 : Fréquentation des fleurs par différentes espèces d'insectes sur l'ensemble des parcelles

On constate ainsi sur la figure 10 que les principaux insectes pollinisateurs observés sont l'abeille solitaire (avec 798 individus observés), l'abeille à miel (490 individus) et le bourdon (321 individus). Viennent ensuite les papillons (155 individus), suivis des syrphes (111 individus) et les mouches (97 individus). Une trentaine seulement de guêpes et de coléoptères ont été observés, ainsi que de rares chrysope.

2. Zoom sur chacun des lieux d'étude

L'abondance de chaque type d'insecte présente sur chacune des parcelles a ensuite été calculée, afin de voir si les tendances sont similaires d'un lieu à un autre. La figure 11 présente les résultats obtenus.

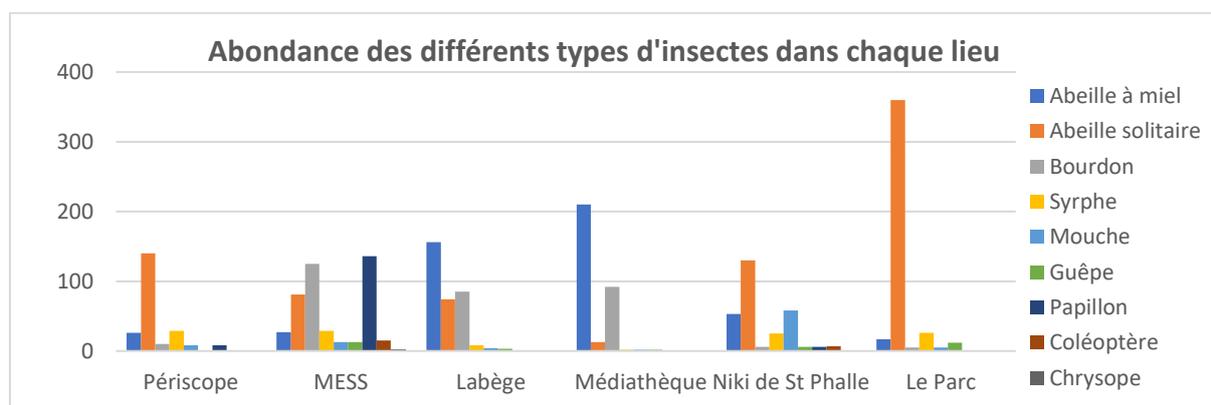


Figure 11 : Abondance des différents types d'insectes sur chaque parcelle

Nous constatons sur ce graphique une nette variation de l'abondance de chaque espèce d'insecte selon la parcelle. Cette variation s'explique en effet par la différence d'espèces de fleurs présentes sur

chacune d'elle. Les abeilles solitaires dominent très nettement sur la parcelle de Le Parc, et sont également majoritaires au Périscope et à Niki de St-Phalle. Les abeilles à miel sont quant à elles principalement présentes à la Médiathèque grand M et à Labège. Il en est de même pour les bourdons, aussi présents en grand nombre à la MES. Le papillon, espèce la plus abondante à la MES, n'est observé qu'en très faible effectif sur les autres lieux. Les chrysopes, syrphes, coléoptères et guêpes sont quant à eux faiblement représentés sur l'ensemble des parcelles.

Afin de réduire l'influence du type de fleurs sur le type de pollinisateurs observés, nous avons rassemblé les inventaires effectués sur les différents lieux en deux groupes : ceux réalisés en milieu périurbain (Labège, la MES le Périscope), et ceux provenant d'un milieu urbain (le Parc, Niki de St Phalle, la Médiathèque). La figure 12 obtenue permet donc de voir si l'environnement dans lequel évolue la parcelle influence le type d'insectes présents.

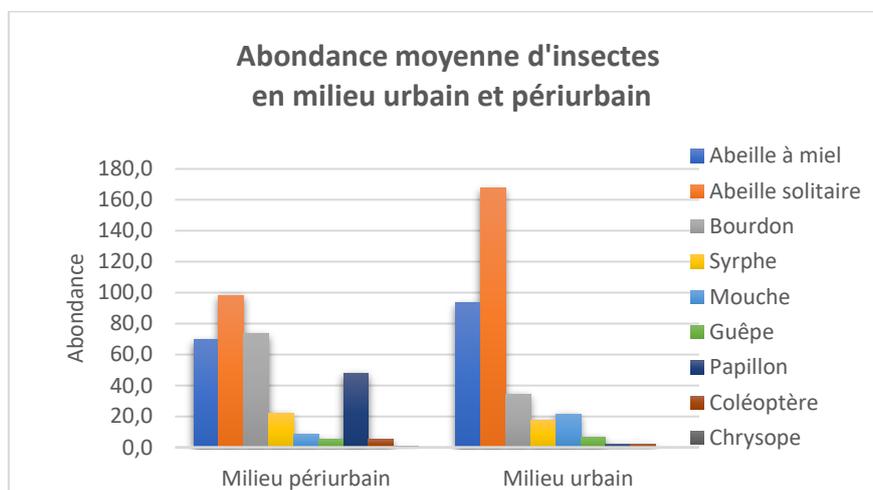


Figure 12 : Abondance moyenne d'insectes en milieu urbain et périurbain

On constate ainsi que les abeilles solitaires dominent sur les deux milieux. De nombreuses abeilles à miel sont également observées dans les deux milieux. L'abondance majoritaire de ces dernières en zone urbaine s'explique peut-être par la présence de ruches en ville. Le milieu périurbain attire quant à lui une grande quantité de bourdons et de papillons, très peu présents en milieu urbain. Les syrphes et coléoptères sont un peu plus nombreux hors de la ville, contrairement aux mouches que l'on retrouve un peu plus souvent dans le quartier de Bellefontaine.

Nous nous sommes ensuite intéressés aux différentes espèces de fleur de manière individuelle. Nous avons donc effectué des graphiques circulaires représentant le pourcentage d'insectes pollinisateurs présents sur chacune des espèces de fleur, illustrés sur les figures 13, 14 et 15. Plusieurs groupes de fleurs ont ainsi été dégagés : les fleurs sur lesquelles l'insecte le plus fréquemment observé est l'abeille solitaire (figure 13), celles attirant le plus les abeilles à miel (figure 14) ou les bourdons (figure 14), celles dont l'attrait majeur est à la fois de la part des abeilles solitaires et des abeilles à

miel (figure 14), celles sur lesquelles plus de deux espèces sont observées en majorité (figure 15), et enfin celles attirant le plus les coléoptères et les chrysopes (figure 15).

3. Etude spécifique des espèces florales et des différents mélanges floraux

A. Fleurs sur lesquelles l'insecte le plus fréquemment observé est l'abeille solitaire

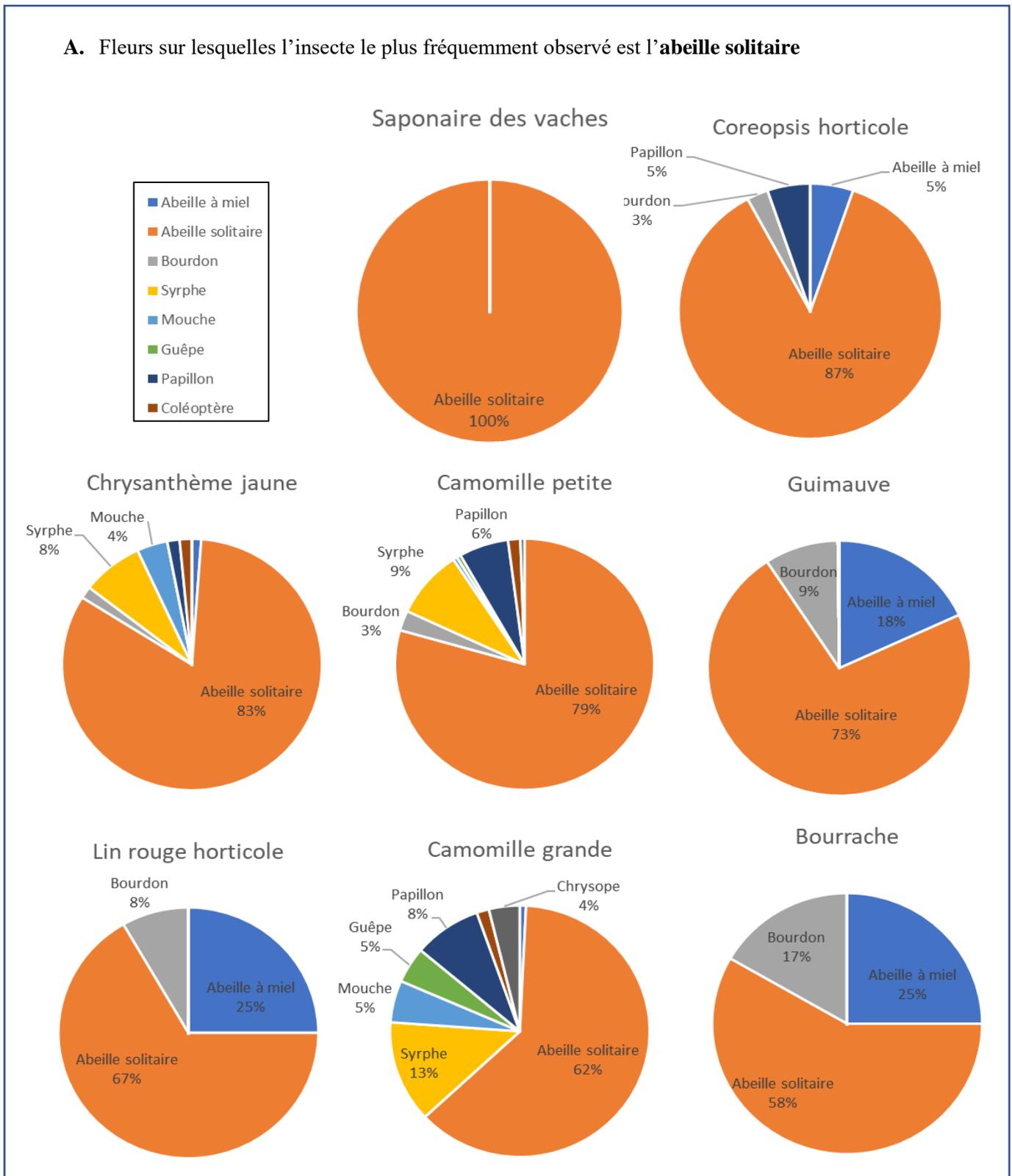
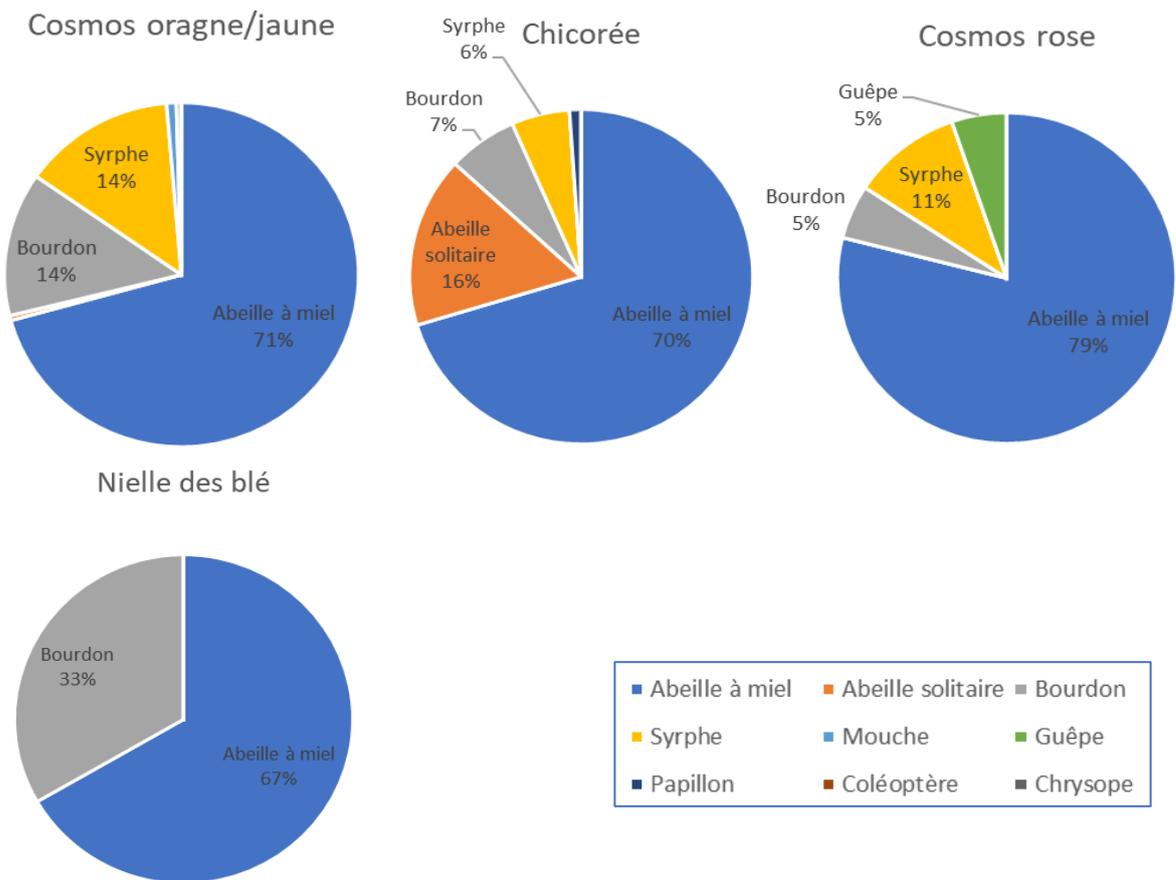
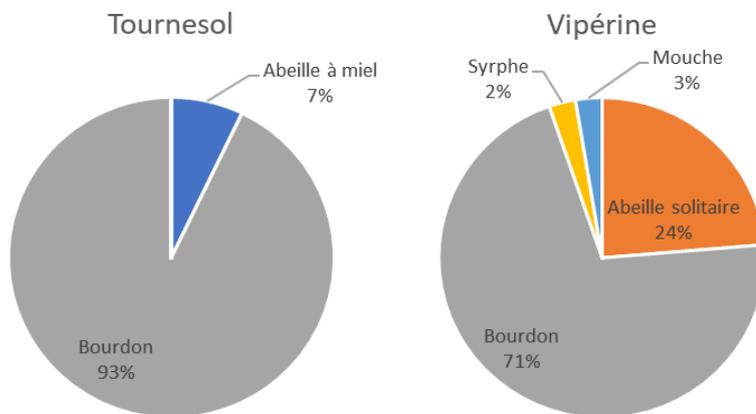


Figure 13 : Diagrammes circulaires du pourcentage d'espèces d'insectes observés sur les espèces florales sur lesquelles l'insecte le plus fréquemment observé est l'abeille sauvage

C. Fleurs sur lesquelles l'insecte le plus fréquemment observé est l'abeille à miel



B. Fleurs sur lesquelles l'insecte le plus fréquemment observé est le bourdon



D. Fleurs sur lesquelles les insectes les plus fréquemment observés sont l'abeille à miel et l'abeille solitaire

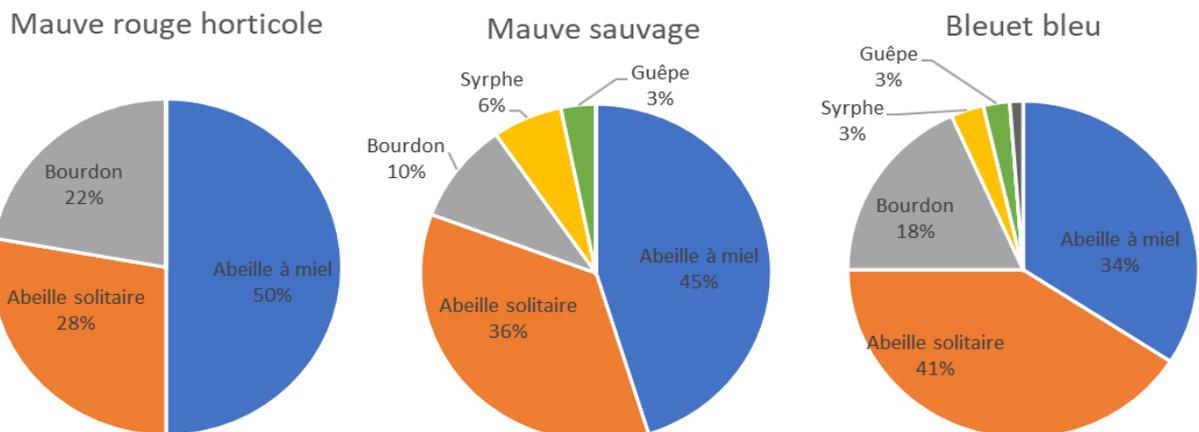
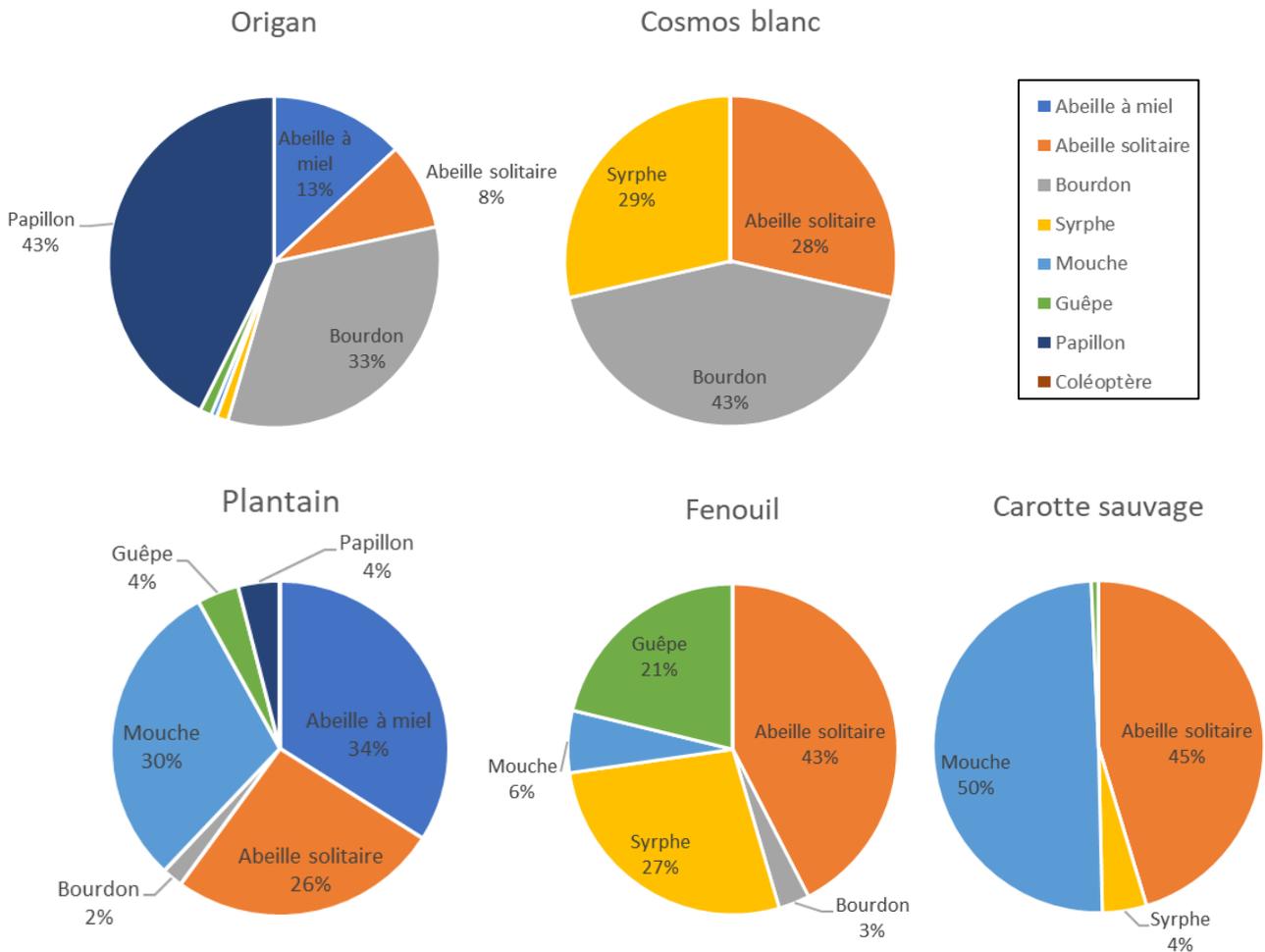


Figure 14 : Diagrammes circulaires du pourcentage d'espèces d'insectes observés sur les espèces florales sur lesquelles les insectes les plus fréquemment observés sont l'abeille à miel (B), le bourdon (C), l'abeille à miel et l'abeille solitaire (D).

E. Fleurs sur lesquelles plusieurs espèces d'insectes sont observées en majorité



F. Fleurs sur lesquelles les insectes les plus observés sont les coléoptères et les névroptères (chrysope)

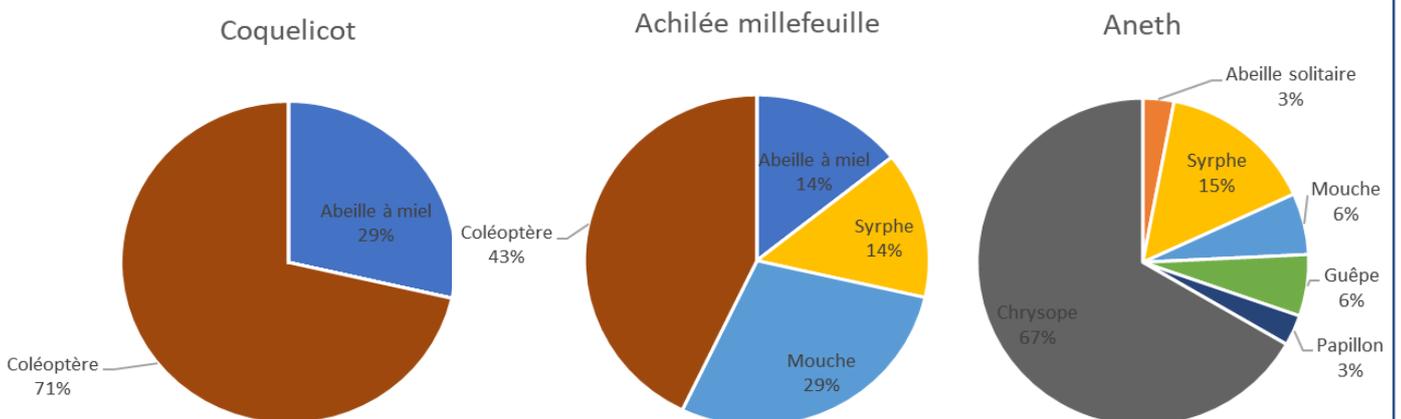


Figure 15 : Diagrammes circulaires du pourcentage d'espèces d'insectes observés sur les espèces florales dont plusieurs espèces d'insectes sont observées en majorité (E), et sur lesquelles les coléoptères et les névroptères sont principalement présents (F).

Les figures 13 à 15 montrent ainsi que les fleurs attirant principalement des abeilles solitaires sont la saponaire des vaches, le coréopsis, la chrysanthème jaune, la camomille (grande et petite), la guimauve, le lin rouge et la bourrache. Celles attirant le plus les abeilles à miel sont le cosmos orange, jaune et rose, la chicorée et la nielle des blé. Les bourdons sont quant à eux communs sur le tournesol et la vipérine, mais également nombreux sur le cosmos blanc et l'origan. Les coléoptères ont une attirance préférentielle pour le coquelicot et l'achillée millefeuille, tandis que les chrysopes sont fréquentes sur l'aneth. Le bleuet bleu et les variétés de mauve sauvage et horticoles possèdent deux principaux insectes pollinisateurs : les abeilles à miel et les abeilles solitaires. L'attrait de ces abeilles est à peu près similaire, avec une petite préférence des abeilles solitaires pour la variété de mauve sauvage, et des abeilles à miel pour la variété horticole. Les bourdons semblent également plus attirés par cette dernière variété. Les mouches sont quant à elles majoritairement observées sur la carotte sauvage et le plantain, représentant respectivement 50% et 30% des insectes pollinisateurs présents sur ces plantes. Les papillons ont quant à eux une attirance préférentielle pour l'origan.

Nous nous sommes enfin intéressés à l'abondance totale d'insectes sur chaque espèce de fleur, toutes parcelles confondues. Le graphique ci-dessous (figure 16) permet d'observer l'attrait des insectes pollinisateurs pour les différentes espèces de fleur, afin de comparer l'attrait pour les espèces horticoles, spontanées et locales (représentées respectivement en orange, vert et bleu sur la

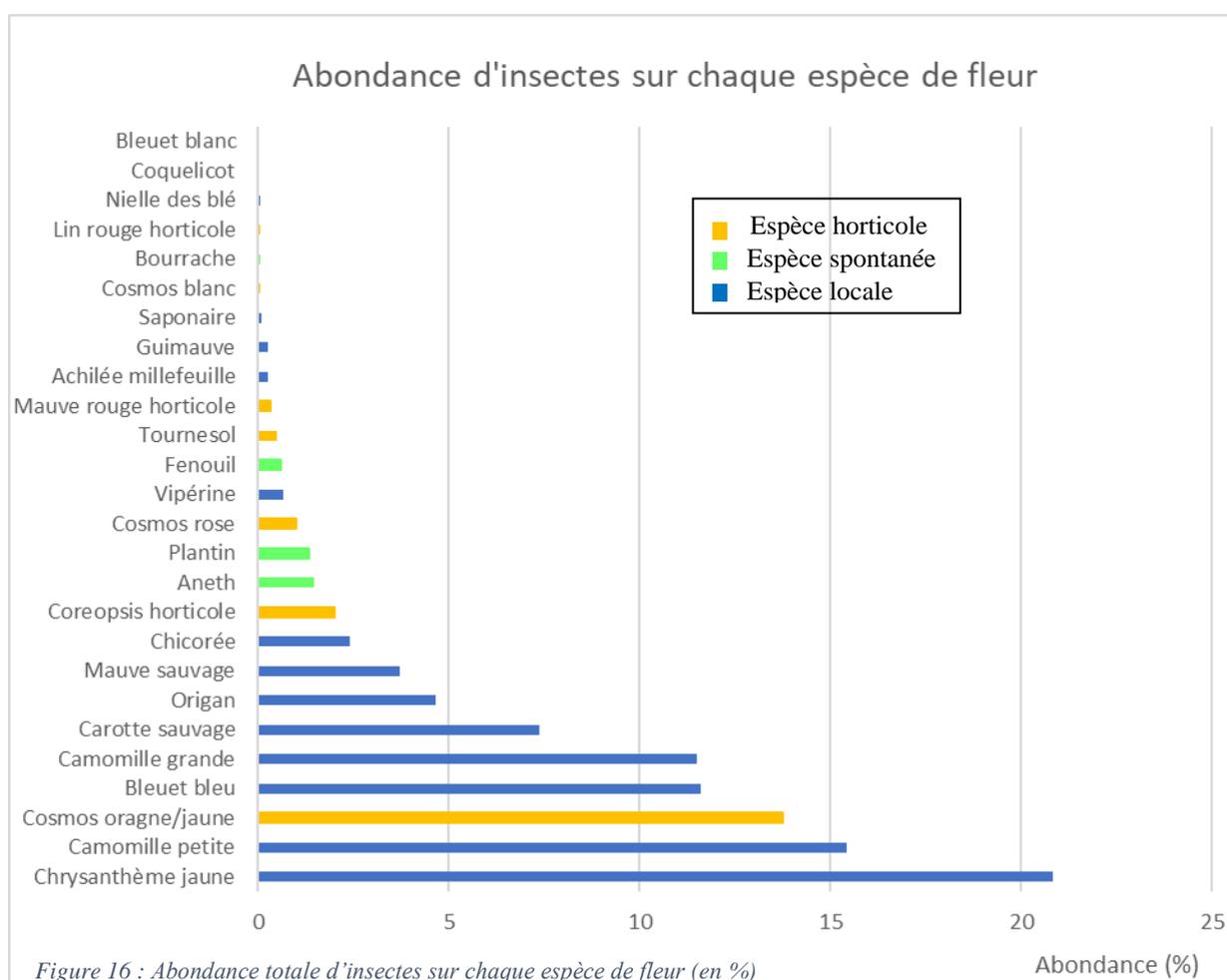


figure 16.) Les résultats obtenus révèlent une présence plus importante des pollinisateurs sur les espèces locales que horticoles et spontanées, à l'exception des variétés ornementales de cosmos orange et jaune, bien que le cosmos orange attire seulement trois espèces en majorité.

Parmi l'ensemble des espèces étudiées, les plantes locales qui attirent le plus les pollinisateurs sont : le chrysanthème jaune, la camomille grande et petite, le bleuet bleu et la carotte sauvage, avec une abondance totale de 67 % des insectes.

La figure 17 ci-dessous présente l'abondance totale d'insectes observés sur chacun des mélanges.

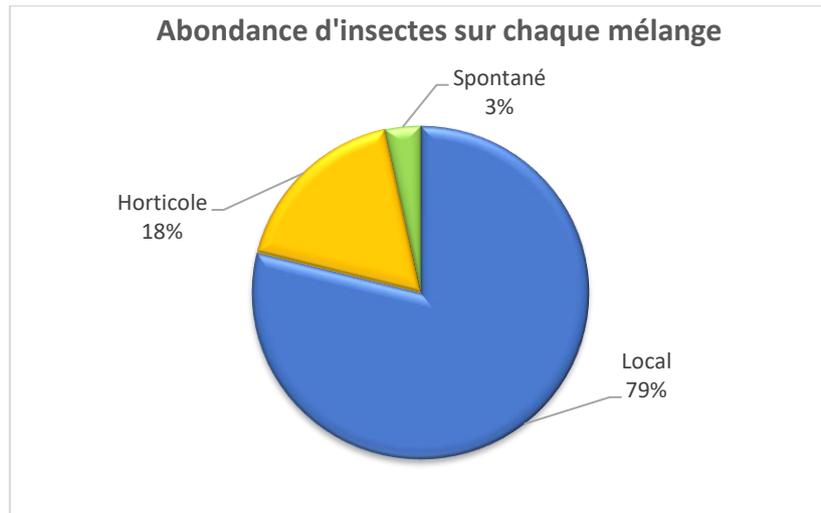


Figure 17 : Diagramme circulaire représentant l'abondance d'insectes observés sur chacun des mélanges (en %)

On constate aisément que le mélange local est celui qui attire le plus les insectes pollinisateurs, avec une abondance plus de quatre fois plus importante sur ces espèces.

V. Discussion

1. Analyse critique des résultats et proposition d'améliorations

Les résultats illustrés par la figure 10 et 12 tendent à relativiser l'effet de concurrence des abeilles à miel sur les abeilles solitaires par leur nombre croissant en milieu urbain du fait de l'installation de ruches en ville. D'après la figure 10, environ 800 abeilles solitaires ont en effet été comptées sur toute la durée des inventaires, contre 500 abeilles à miel environ (soit 1,6 fois plus d'abeilles solitaires). Cet effectif est relativement élevé pour une espèce qui ne pollinise que 15 à 20 % des espèces de fleurs (Conservatoire botanique national, en ligne). De plus, les abeilles solitaires sont nettement plus abondantes en milieu urbain qu'en milieu rural, avec une abondance d'environ 40% supérieure selon la figure 12. Il est toutefois essentiel de prendre en compte le fait que la classe « abeilles solitaires » regroupe un très grand nombre d'espèces. Afin de pouvoir comparer l'abondance réelle des abeilles à

miel à celle des abeilles solitaires, il serait de ce fait nécessaire d'effectuer des inventaires plus précis où chaque espèce d'abeille solitaire serait identifiée. Une identification plus rigoureuse des autres espèces d'insectes serait également à prévoir dans une future étude. Ceci passerait par une identification visuelle faite par un(e) spécialiste, voire une capture d'insectes et une observation sous microscope.

Par ailleurs, il serait intéressant de mettre à profit les résultats des figures 13 à 15 afin d'augmenter la diversité de pollinisateurs en ville. Il suffirait pour cela de semer les espèces de fleurs très attractives pour l'espèce d'insecte dont on souhaite agrandir la population. Faire pousser de l'origan est par exemple un très bon moyen d'attirer de nombreux bourdons ou papillons moins nombreux en milieu urbain, à condition de prévoir également des nichoirs.

Pour ce qui est de l'attrait comparatif des insectes pour chacun des mélanges de plantes, la figure 16 révèle une attirance nettement préférentielle des insectes pour les espèces de fleurs locales. Sur ce mélange ont en effet été comptés 79 % des insectes, contre 18 % pour le semis horticole et 3 % environ sur les espèces spontanées. Ces résultats sont donc en accord avec l'hypothèse que nous cherchions à vérifier, à savoir « les insectes pollinisateurs sont plus attirés par les espèces florales indigènes à leur milieu que par des variétés horticoles ». Cette attirance préférentielle peut s'expliquer par une meilleure adaptation des insectes présents en région Toulousaine à ces espèces, mais aussi par le caractère mélifère possiblement réduit pour certaines espèces horticoles.

Afin de savoir si cette différence d'attractivité résulte plutôt de la sélection variétale des plantes, (conduisant à une accessibilité plus difficile au nectar et à une diminution de l'abondance de nourriture offerte aux insectes), ou plutôt de la région d'origine des plantes, il aurait été intéressant de comparer à la fois le nombre d'insectes et les espèces observés sur une même espèce de fleur, issue d'un mélange horticole et d'un mélange local. Ceci n'était toutefois réalisable que sur les variétés de mauve sauvage et horticoles, selon nos connaissances au moment des relevés. Cette comparaison révèle une légère préférence des pollinisateurs pour la variété de mauve sauvage, avec une abondance moyenne d'insectes ayant visité cette plante de 3,71%, contre une fréquentation de 0,32% sur les mauves rouges horticoles, comme le montre la figure 16. Cela qui équivaut à une fréquentation d'environ 11,7 fois plus importante de la variété sauvage de mauve.

Afin de pouvoir attribuer un lien de cause à effet entre la transformation horticole des plantes et un attrait plus faible des pollinisateurs sur ces espèces, il aurait été nécessaire d'effectuer ce même type de comparaison sur d'autres espèces. Cela aurait été possible sur le bleuet, la camomille, et le chrysanthème, présentes à la fois dans le mélange horticole et local. La différenciation entre les variétés locales et horticoles pour ces espèces a toutefois été difficile du fait de leur forte ressemblance morphologique, et de la croissance de plantes horticoles dans la parcelle de fleurs locales et inversement, dû au transport de graines par le vent, voire des hybridations sur une parcelle

anciennement exploitées comme celle de Labège. Une séparation plus marquée des parcelles horticoles et locales serait donc nécessaire afin d'effectuer cette comparaison dans le cadre d'une prochaine étude.

2. Expériences tirées de ce stage

Ce stage a été pour moi l'occasion de découvrir le travail associatif. J'ai effectué un grand nombre de recherches bibliographiques relatives à la pollinisation, ce qui fut très enrichissant. J'ai également appris à distinguer un certain nombre de fleurs et d'insectes. Ces connaissances plus approfondies en botanique et en entomologie seront utiles à mon projet professionnel. Ce stage m'a également entraînée à travailler de manière autonome, assez libre de l'organisation de mon emploi du temps, de la gestion de mon travail, et de la manière dont traiter et analyser les données. Cela fut très intéressant de pouvoir mener à bien un projet de recherche plus ou moins dans sa totalité, et de constater que les résultats obtenus seront je l'espère utiles à un certain nombre de personnes.

Conclusion

Compte tenu des résultats obtenus, les plantes issues du mélange de graines locales possèdent aux alentours de Toulouse, un meilleur taux de croissance que celles provenant du mélange de graines horticoles. Ces dernières étaient en effet en moyenne moins abondantes sur les parcelles étudiées selon les coefficients d'abondance attribués à chacune des espèces, présentés sur la figure 9. Cela peut s'expliquer par une meilleure adaptation des fleurs originaires du Sud-Ouest de la France aux conditions pédoclimatiques présentes dans ce milieu.

Par ailleurs, les résultats obtenus lors de ce projet de recherche montrent que les principaux insectes pollinisateurs présents sur les parcelles d'étude appartiennent à l'ordre des hyménoptères, avec une grande majorité d'abeilles solitaires et d'abeilles à miel, mais également un nombre important de bourdons (cf. figure 8). Les abeilles à miel et solitaires ainsi que les mouches privilégient les parcelles les plus urbaines, tandis que les papillons et les bourdons sont principalement observés en périphérie de la ville, dans des milieux plus ruraux (cf. figure 10).

Cette étude montre enfin un attrait plus important des insectes pollinisateurs pour les espèces de plantes originaires de la région toulousaine, avec une abondance d'insectes avoisinant 80% sur le semis de fleurs locales d'après la figure 17. Ces résultats confirment donc notre hypothèse. Nous pouvons alors considérer que les plantes locales constituent une ressource plus intéressante pour ces insectes, ce qui est un facteur indispensable à prendre en compte pour leur protection.

Il est de ce fait essentiel de promouvoir l'emploi de semences locales, afin de contribuer à la fois à la conservation de la biodiversité, de favoriser l'attrait d'insectes pollinisateurs mais également de limiter le risque de propagation d'espèces exotiques envahissantes (Semence Nature, en ligne).

Diminuer l'utilisation des pesticides, aménager les espaces verts avec une diversité de plantes à fleurs, mais également choisir des espèces à fleuraison précoces et d'autres tardives dans le but de satisfaire une variété de butineurs et de leur fournir des ressources essentielles riches en protéines et en sucres pour pouvoir passer l'hiver sont autant de pratiques à promouvoir (SPW - Service public de Wallonie en ligne).

BIBLIOGRAPHIE

- Actu environnement, *Pollinisateurs : le Giec de la biodiversité tire la sonnette d'alarme*, [en ligne], disponible sur : <https://www.actu-environnement.com/ae/news/ipbes-pollinisateurs-declin-abeilles-neonicotinoides-alerte-26331.php4>, consulté le 23/07/18
- R. Alarcon, J.C. Scout, and S. Tarrant. *Overplaying the role of honey bees as pollinators : A comment on aebi and neumann* (2011). Trends in Ecology and Evolution, 2011.
- Aua Toulouse, 2016, Des jardins partagés pour un nouveau lien urbain, Perspectives villes : observatoire partenarial environnement, [en ligne], disponible sur : http://www.aua-toulouse.org/sites/www.aua-toulouse.org/IMG/pdf/4p_jardinspartages_light.pdf, consulté le 08/08/18
- C. Bastida, Fiche technique auxiliaires, les chrysopes. La Fertilidad de la tierra, 2006, n°25.
- Biodiversité, 2018, *Plantes sauvages vs plantes horticoles : quelles différences pour nos écosystèmes ?* [en ligne], disponible sur : <https://www.biodivercite.fr/2018/01/23/plantes-sauvages-plantes-horticoles-differences-nos-ecosystemes/>, consulté le 25/07/18.
- Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, [en ligne], disponible sur : <http://cbnmpm.blogspot.com/>
- W. Dierl, W. Ring, *Guide des insectes*, Delachaux et Niestlé, 2009, 237 p.
- Dire, *Sensibiliser à l'Environnement et aux sciences de la vie - Participer à la protection de l'Environnement*, [en ligne], disponible sur : <http://www.dire-environnement.org/>, consulté le 28/07/18
- R. Bommarco, O. Lundin, H.G. Smith, and M. Rundlöf. *Drastic historic shifts in bumblebee community composition in sweden*. Proceedings of the Royal Society B, 2011.
- eLife, 2017, Michael JM Harrap, Sean A Rands, Natalie Hempel de Ibarra, Heather M Whitney, *The diversity of floral temperature patterns, and their use by pollinators*, [en ligne], disponible sur : <https://elifesciences.org/articles/31262>, consulté le 23/07/18
- K. Frisch von, 1950. *Bees, their vision, chemical senses and language*, Cornell University Press, Ithaca, N.Y.
- Futura Planète, *Thermogénèse*, [en ligne], disponible sur : <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/animaux-thermogenese-15561/>, consulté le 15/09/18
- Futura Planète, *Mutualisme*, [en ligne], disponible sur : <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/zoologie-mutualisme-11462/>
- J. Geldmann, and J-P. González-Varo, *Conserving honey bees does not help wildlife*, Science 26 Jan 2018: Vol. 359, Issue 6374, pp. 392-393, DOI: 10.1126/science.aar2269.
- J. Ghazoul. *Buzziness as usual ? questioning the global pollination crisis*. Trends in Ecology and Evolution, 20(7), 2005.
- INRA, 2013, *Abeilles, reines de la survie*, [en ligne], disponible sur : <http://www.inra.fr/Grand-public/Ressources-et-milieus-naturels/Tous-les-dossiers/Abeilles-pollinisation-biodiversite-pesticides/Abeilles-pollinisation-et-biodiversite>, consulté le 23/07/18

- INRA, 2015, *Seulement 2% des espèces d'abeilles sauvages participent significativement à la pollinisation des cultures*, [en ligne], disponible sur : <http://presse.inra.fr/Communiqués-de-presse/abeille-et-pollinisation-des-cultures>, consulté le 01/09/18
- A-M. Klein, B.E. Vaissière, J.H. Cane, I. Steffan-Dewenter, S.A. Cunningham, C. Kremen, and T. Tscharntke. *Importance of pollinators in changing landscapes for world crops*. Proceedings of the Royal Society B, 274, 2007.
- A. Laurence, Palmaerts N., 1991. *Refuges naturels*. J.P Herremans, Bruxelles.
- S. Lautenbach, R. Seppeelt, J. Liebscher, and C.F. Dormann. *Spatial and temporal trends of global pollination benefit*. PLoS ONE, 7(4), 2012.
- Le Périscope, *Notre projet*, [en ligne], disponible sur : <https://www.le-periscope.coop/>, consulté le 26/07/18
- Y. Leroy, 1987. *L'univers odorant de l'animal*, Société nouvelle des éditions boubée, Paris.
- L'internaute, Dictionnaire Français, *Héliotropisme*, [en ligne], disponible sur : <https://www.linternaute.fr/dictionnaire/fr/definition/heliotropisme/>, consulté le 15/09/18
- J. Ollerton, V. Price, W.S. Armbruster, J. Memmott, S. Watts, N.M. Waser, O. Totland, D. Gouldson, R. Alarcon, J.C. Scout, and S. Tarrant. Overplaying the role of honey bees as pollinators : A comment on aebi and neumann, 2011. *Trends in Ecology and Evolution*, 2011.
- Planet Vie, 2018, *Tout sur la vanille*, [en ligne], disponible sur : <https://planet-vie.ens.fr/article/2062/vanille>, consulté le 27/07/18
- P. Pesson et J. Louveaux, 1984. *Pollinisation et productions végétales*. Institut national de recherche agronomique, Paris. 637 p.
- S.G. Potts, S.P.M. Roberts, R. Dean, G. Marris, M.A. Brown, R. Jones, P. Neumann, and J. Settele. *Declines of managed honey bees and beekeepers in europe*. Journal of Apicultural Research, 49(1) :15–22, 2010.
- A. Pouvreau, 2004. *Les insectes pollinisateurs*. Delachaux et Niestlé, Paris. 190 p.
- RTES - Réseau des collectivités Territoriales pour une Economie Solidaire, *Création d'une Maison de l'économie solidaire*, [en ligne], disponible sur : <http://rtes.fr/SICOVAL-Toulouse-Est-Creation-d>, consulté le 26/07/18
- C.J.E. Schulp, S. Lautenbach, and P.H. Verburg. *Quantifying and mapping ecosystem services : Demand and supply of pollination in the european union*. *Ecological Indicators*, 2014.
- Sciences et avenir, © University of Bristol, *Motifs observés sur des coquelicots*, [en ligne], disponible sur : https://www.sciencesetavenir.fr/animaux/insectes/les-pollinisateurs-choisissent-aussi-les-fleurs-en-fonction-de-la-chaueur-qu-elles-degagent_119302, consulté le 23/07/18
- Semence Nature, [en ligne], disponible sur : <http://www.semence-nature.fr/index.php/l-entreprise>, consulté le 28/08/2018
- SPW – Service public de Wallonie, *Fleurs sauvages et prairies fleuries pour nos pollinisateurs, guide technique et choix des mélanges*, [en ligne], disponible sur : http://environnement.wallonie.be/publi/education/prairies_fleuries_fr.pdf, consulté le 25/07/18