

## MÉMOIRE

Présenté par : **Honorine ROCHE**

Dans le cadre de la dominante d'approfondissement :

**IE2V (Ingénierie des espaces végétalisés en ville)**

*Utilisation des traits écologiques pour analyser la réponse des communautés végétales et de leurs pollinisateurs à la gestion des espaces verts en milieu urbain*

Pour l'obtention du :  
**DIPLÔME D'INGÉNIEUR D'AGROPARISTECH**



Stage effectué du : 01/03/2016 au 30/09/2016

A Natureparif, l'Agence régionale pour la biodiversité et la nature en Île-de-France

Adresse : 90-92 avenue du Général Leclerc – 93 500 PANTIN

**Enseignante-responsable:** Marie-Reine FLEISCH

**Maître de stage :** Audrey MURATET

**Soutenu le 21 septembre 2016 à Paris**

**ILLUSTRATIONS DE COUVERTURE :**

A gauche : Prairie du Val Maubuée (Loriane Mameli, 2014)

A droite : Une Sylvaine (*Ochlodes sylvanus*) (Lucile Dewulf, 2015)

## ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

### ① Principes

- Le plagiat se définit comme l'action d'un individu qui présente comme sien ce qu'il a pris à autrui.
- Le plagiat de tout ou parties de documents existants constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée
- Le plagiat concerne entre autres : des phrases, une partie d'un document, des données, des tableaux, des graphiques, des images et illustrations.
- Le plagiat se situe plus particulièrement à deux niveaux : Ne pas citer la provenance du texte que l'on utilise, ce qui revient à le faire passer pour sien de manière passive. Recopier quasi intégralement un texte ou une partie de texte, sans véritable contribution personnelle, même si la source est citée.

### ② Consignes

- Il est rappelé que la rédaction fait partie du travail de création d'un rapport ou d'un mémoire, en conséquence lorsque l'auteur s'appuie sur un document existant, il ne doit pas recopier les parties l'intéressant mais il doit les synthétiser, les rédiger à sa façon dans son propre texte.
- Vous devez systématiquement et correctement citer les sources des textes, parties de textes, images et autres informations reprises sur d'autres documents, trouvés sur quelque support que ce soit, papier ou numérique en particulier sur internet.
- Vous êtes autorisés à reprendre d'un autre document de très courts passages in extenso, mais à la stricte condition de les faire figurer entièrement entre guillemets et bien sûr d'en citer la source.

③ **Sanction** : En cas de manquement à ces consignes, le département SIAFEE se réserve le droit d'exiger la réécriture du document, dans ce cas la validation de l'Unité d'Enseignement ou du diplôme de fin d'études sera suspendue.

### ④ Engagement :

Je soussigné (e) Honorine ROCHE  
Reconnaît avoir lu et m'engage à respecter les consignes de non plagiat

A Pantin le 29 août 2016



# Sommaire

<b>SOMMAIRE.....</b>	<b>I</b>
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS.....</b>	<b>III</b>
<b>TABLE DES TABLEAUX .....</b>	<b>IV</b>
<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>V</b>
<b>ABREVIATIONS.....</b>	<b>VI</b>
<b>GLOSSAIRE (MOT SIGNALÉ PAR UN ASTÉRISQUE).....</b>	<b>VII</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>1 LES TRAITs BIOLOGIQUES ET ECOLOGIQUES COMME INDICATEURS DE LA QUALITE ECOLOGIQUE DES ESPACES VERTS URBAINS .....</b>	<b>4</b>
1.1 NOTIONS DE QUALITE ECOLOGIQUE ET DE TRAITs DANS LES ESPACES VERTS URBAINS.....	4
1.1.1 <i>Diversité des milieux rencontrés dans les espaces verts urbains .....</i>	4
1.1.2 <i>Focus sur les zones herbacées.....</i>	4
1.1.3 <i>Vers une définition de la notion de « qualité » écologique des prairies urbaines.....</i>	6
1.1.4 <i>Les traits biologiques et écologiques : définition et utilisation dans la littérature .....</i>	6
1.2 LES TRAITs FONCTIONNELS PERTINENTS A ETUDIER DANS UN CONTEXTE URBAIN .....	8
1.2.1 <i>Réponses des traits des végétaux en milieu urbain .....</i>	8
1.2.2 <i>Réponses des papillons à l'urbanisation et aux pratiques de gestion .....</i>	12
1.2.3 <i>Les traits des végétaux en relation avec les insectes pollinisateurs .....</i>	13
<b>2 MATERIEL ET METHODES : CONSTRUCTION D'UNE BASE DE DONNEES EN LIEN AVEC LES PROTOCOLES DE SCIENCES PARTICIPATIVES .....</b>	<b>14</b>
2.1 LES PROGRAMMES DE SCIENCES PARTICIPATIVES : DU NATURALISTE AU GRAND PUBLIC EN PASSANT PAR LES GESTIONNAIRES D'ESPACES VERTS.....	14
2.1.1 <i>Principes des sciences participatives .....</i>	14
2.1.2 <i>Le programme Vigie-Nature .....</i>	14
2.1.3 <i>Propage et Florilèges – prairies urbaines pour les gestionnaires d'espaces verts.....</i>	15
2.2 CONSTRUCTION D'UNE BASE DE DONNEES SUR LES TRAITs ECOLOGIQUES ET BIOLOGIQUES DES PAPILLONS ET DES PLANTES EN ÎLE-DE-FRANCE. ....	19
2.2.1 <i>Collecte des données : Quels traits ? Quelles espèces ? Où les chercher ?.....</i>	19
2.2.2 <i>Structuration de la base de données.....</i>	25
2.3 PREPARATION DES DONNEES A ANALYSER ET METHODES D'ANALYSES.....	29
2.3.1 <i>Traitements préliminaires des données Propage et des traits des papillons.....</i>	29
2.3.2 <i>Traitements des données Florilèges et des traits des végétaux .....</i>	30
2.3.3 <i>Méthodes d'analyses statistiques .....</i>	32

<b>3</b>	<b>ANALYSE DES DONNEES : ETUDE DE L'INFLUENCE DES PRATIQUES DE GESTION SUR LES PAILLONS ET LES VEGETAUX A TRAVERS LES TRAITS.....</b>	<b>34</b>
3.1	STATISTIQUES DESCRIPTIVES SUR LES DONNEES ISSUES DES SCIENCES PARTICIPATIVES ET SUR LES TRAITS A ANALYSER .....	34
3.1.1	<i>Description des données sur les papillons .....</i>	34
3.1.2	<i>Description des données sur les végétaux.....</i>	36
3.2	ANALYSE DES EFFETS DE LA GESTION ET D'AUTRES PARAMETRES ENVIRONNEMENTAUX SUR LES TRAITS DES PAILLONS ET DES VEGETAUX.....	38
3.2.1	<i>Analyse des effets de la gestion des prairies sur les traits des papillons et des végétaux .....</i>	38
3.2.2	<i>Analyse des effets du paysage et des caractéristiques des prairies sur les traits des végétaux.....</i>	44
<b>4</b>	<b>INTERPRETATION ET DISCUSSION DES RESULTATS.....</b>	<b>46</b>
4.1	INTERPRETATION DES RESULTATS .....	46
4.1.1	<i>Rôle des pratiques de gestion à l'échelle locale.....</i>	46
4.1.2	<i>Rôle du contexte paysager.....</i>	48
4.1.3	<i>Rôle de deux caractéristiques des prairies : l'âge et la surface.....</i>	48
4.2	LIMITES DES ANALYSES EFFECTUEES.....	48
	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>50</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>51</b>
	ARTICLES ET OUVRAGES (PAR ORDRE ALPHABETIQUE) .....	51
	SITES INTERNET ET RESSOURCES EN LIGNE (PAR ORDRE D'APPARITION DANS LE TEXTE) .....	53
	<b>LISTE DES CONTACTS .....</b>	<b>55</b>
	<b>TABLE DES ANNEXES .....</b>	<b>56</b>
	<b>ANNEXES .....</b>	<b>57</b>
	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>64</b>
	<b>RESUME .....</b>	<b>65</b>

# Table des illustrations

<i>Figure 1: de gauche à droite : un gazon (photo Myr Muratet), une prairie (photo Fiona Lehane), une friche (photo Myr Muratet).....</i>	<i>4</i>
<i>Figure 2 : Schéma représentant la structuration des communautés végétales par rapport aux conditions environnementales (traits de réponse) et son rôle dans la production des services écologiques (traits d'effet) (Burylo, 2011).....</i>	<i>7</i>
<i>Figure 3 : Les différentes configurations pour placer les carrés suivant la forme de la prairie - Extrait de la fiche « Localisation et historique » du protocole Florilèges - prairies urbaines.....</i>	<i>17</i>
<i>Figure 4 : Restitution des résultats des années précédentes à Cergy Pontoise (95) lors d'une formation (photo Audrey Muratet, juin 2016).....</i>	<i>18</i>
<i>Figure 5 : Application du protocole sur le terrain avec des gestionnaires lors d'une formation dans le bois de Boulogne (Photo Audrey Labonde, mai 2016).....</i>	<i>18</i>
<i>Figure 6: Dessins d'illustrations du guide réalisés par Vanessa Damianthe - A gauche, la planche pour Arrhenaterum eliatius ; à droite, la planche pour Holcus lanatus.....</i>	<i>18</i>
<i>Figure 7: Schéma des différentes bases de données consultées et leur étendue .....</i>	<i>22</i>
<i>Figure 8 : Illustrations des mesures à effectuer sur différents profils. Les flèches rouges représentent le diamètre et les bleues la longueur du tube. De gauche à droite : une fleur actinomorphe sans tube, la Potentille rampante – une fleur actinomorphe avec tube, le Compagnon blanc – une fleur zygomorphe avec tube, la Brunelle commune (photo G.Arnal).....</i>	<i>23</i>
<i>Figure 9 : Schémas des différentes tables de la base de données Traffif, ainsi que les liens entre les tables .....</i>	<i>28</i>
<i>Figure 10 : Description des sites étudiés en termes de gestion .....</i>	<i>34</i>
<i>Figure 11: Composition sur les prairies Propage des espèces de papillons pour les sept traits observés .....</i>	<i>35</i>
<i>Figure 12 : Caractéristique du mode de gestion et des prairies du protocole Florilèges - prairies urbaines. Entre parenthèse le taux de prairies renseignées pour chacun des paramètres. ....</i>	<i>37</i>
<i>Figure 13 : Répartition pour les sites Florilèges - prairies urbaines du type d'habitat préférentiel des espèces observées et de leur durée de vie .....</i>	<i>38</i>
<i>Figure 14 : Comparaison deux à deux des différents types de gestion sur le pourcentage de petits papillons (1), le pourcentage de papillons monovoltins (2), le pourcentage de papillons à dispersion moyenne (3) et enfin le pourcentage de papillons non migrateur(4) .....</i>	<i>39</i>
<i>Figure 15: Comparaison deux à deux des différents types de gestion sur le degré moyen de spécialisation à l'habitat chez les papillons et sur l'indice moyen de la sensibilité à la disponibilité florale .....</i>	<i>40</i>
<i>Figure 16 : Comparaison deux à deux des différents types de gestion sur le pourcentage d'espèces prairiales ..</i>	<i>41</i>
<i>Figure 17 : Comparaison deux à deux des différentes classes de hauteur sur le pourcentage d'espèces prairiales. Classe 1 : &lt; 20 cm, classe 2 : 20 cm – 50 cm, classe 3 : 50 cm – 1 m, classe 4 : &gt; 1 m.....</i>	<i>42</i>
<i>Figure 18 : Comparaison deux à deux des différentes fréquences de fauche sur le pourcentage de petits papillons et le pourcentage de papillons monophages .....</i>	<i>43</i>

<i>Figure 19 : Comparaison deux à deux des différentes fréquences de fauche sur l'indice moyen de l'impact de la diminution de la disponibilité florale.....</i>	<i>43</i>
<i>Figure 20 : Comparaison deux à deux des différents contextes paysagers sur l'offre en nectar des prairies et le pourcentage d'espèce prairiales .....</i>	<i>44</i>

## Table des tableaux

<i>Tableau 1: Synthèse bibliographique sur l'influence à l'échelle globale des conditions urbaines sur les traits des végétaux.....</i>	<i>9</i>
<i>Tableau 2 : Synthèse bibliographique sur l'influence à l'échelle du paysage des conditions urbaines sur les traits des végétaux .....</i>	<i>10</i>
<i>Tableau 3: Synthèse bibliographique de l'effet des modes de gestion sur les traits des végétaux .....</i>	<i>12</i>
<i>Tableau 4: Synthèse bibliographique de l'influence de l'intensification de l'utilisation des sols sur les traits des papillons.....</i>	<i>13</i>
<i>Tableau 5: Les traits renseignés dans la base avec leur définition et leur taux de remplissage pour les 1 600 espèces sélectionnées .....</i>	<i>24</i>
<i>Tableau 6: Les traits des papillons renseignés dans la base de données et leur définition.....</i>	<i>25</i>
<i>Tableau 7 : Récapitulatif des différentes requêtes de la base de données pour le mode "Recherche simple" .....</i>	<i>26</i>
<i>Tableau 8 : Traits des papillons à analyser ainsi que la définition de chacune de leur modalité .....</i>	<i>30</i>
<i>Tableau 9 : Définitions des différentes modalités pour les traits "indice de nitrophilie" et "offre en nectar" .....</i>	<i>31</i>
<i>Tableau 10 : Estimation de la surface dans le GLM testant les effets des pratiques de gestion et des caractéristiques de la prairie sur le pourcentage d'espèces annuelles. ....</i>	<i>45</i>
<i>Tableau 11 : Estimation de l'année de création dans le GLM testant les effets des pratiques de gestion et des caractéristiques de la prairie sur le pourcentage d'espèces prairiales. ....</i>	<i>45</i>

# Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Audrey Muratet, de m'avoir proposé ce stage, de m'avoir encadrée, fait confiance et accompagnée tout au long de ce stage.

Je remercie également Marie-Reine Fleisch, mon enseignante référente, pour sa disponibilité, ses conseils et son encadrement.

Merci également à toute l'équipe de Natureparif pour votre accueil chaleureux et votre sympathie. Un merci tout particulier à Mustapha pour avoir pris du temps pour créer la structure de la base de données, mais également pour tes nombreux conseils, les séquences d'aménagement du jardin, de rempotage des plantes ou encore de tir à l'élastique. Merci également à Charlotte pour ta bonne humeur et pour m'avoir appris tout l'art du compost. Enfin merci à Ludovic pour tes conseils en statistiques.

Je tiens aussi à remercier toutes les autres personnes qui ont été impliqués de près ou de loin dans mon projet : toute l'équipe du protocole *Florilèges – prairies urbaines*, mais également Emmanuelle Porcher, Maëlle Rambaud, Hervé Sauquet, Hervé Daniel et Pascal Dupont. Merci pour votre collaboration et vos conseils.

Je remercie également mes parents qui m'ont permis de poursuivre les études que je souhaitais.

Enfin, un furtif mais grand merci à Jonas Béal, pour tes relectures attentives, tes remarques avisées et ton soutien de tous les jours.



## Abréviations

AITF : Associations des Ingénieurs Territoriaux de France

ANOVA : Analyse de la variance

CBNBP : Conservatoire botanique national du bassin Parisien

CO<sub>2</sub> : Dioxyde de carbone

GLM : Modèle Linéaire Généralisé

IAU : Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la région Île-de-France

ICU : Îlot de Chaleur Urbain

MNHN : Muséum national d'Histoire naturelle

NO<sub>x</sub> : Oxydes d'azote

Propage : Protocole Papillons Gestionnaires

SFS (SLA) : Surface Foliaire Spécifique (Specific Leaf Area)

SPIPOLL : Suivi Photographique des Insectes Pollinisateurs

STERF : Suivi Temporel des Rhopalocères de France

STOC : Suivi Temporel des Oiseaux Communs

TaxRef : Référentiel taxonomique sur la faune, la flore et la fonge de France

Unesco : Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture

## Glossaire (mots signalés par un astérisque)

**Abondance d'une espèce** : nombre total des individus d'une espèce par rapport au nombre total des individus de toutes les espèces présentes, par unité de surface ou de volume

**Actinomorphe** : les fleurs dites actinomorphes présentent une symétrie axiale

**Corolle** : ensemble des pétales chez une fleur

**Entomogamie** : type de reproduction nécessitant l'intervention des insectes, pour le transport de pollen par exemple

**Espèces pionnières** : il s'agit des premières espèces qui vont coloniser ou recoloniser un espace après que celui-ci est subi une perturbation

**Flore vasculaire**: parmi la flore, les plantes vasculaires regroupent l'ensemble des plantes à graines et à fleurs ainsi que les fougères

**Interstices urbains** : espaces correspondant aux bords de routes, de voies ferrées et aux zones bâties

**Mellifère** : ou nectarifère, se dit des plantes produisant du nectar

**Phénologie** : étude de l'influence des variations climatiques sur certains phénomènes périodiques de la vie des plantes (germination, floraison, perte des feuilles...)

**Pression de pâturage** : intensité du pâturage exercée sur une prairie qui dépend du nombre d'animaux mis sur une surface donnée

**Richesse spécifique** : nombre d'espèces différentes présentes dans un milieu

**Rudéral** : d'après la classification de Grime, les plantes dites rudérales sont de petite taille, ont un cycle de vie court, une croissance rapide et une forte reproduction. Elles se développent souvent dans des conditions de perturbations.

**Surface Foliaire Spécifique** : rapport entre la surface d'une feuille et sa masse sèche

**Transect** : ligne virtuelle utilisée lors d'inventaires naturalistes

**Zygomorphe** : les fleurs dites zygomorphes s'opposent aux fleurs actinomorphes et donc ne présentent pas de symétrie axiale mais une symétrie bilatérale.

# Introduction

Une perte de biodiversité est aujourd'hui observée à l'échelle mondiale et elle ne cesse de s'accroître. Au chapitre des causes, le changement climatique et les pressions d'ordre anthropique sont souvent évoqués. En Île-de-France, le 4<sup>e</sup> état de santé de la biodiversité<sup>1</sup>, basé sur trois groupes taxonomiques (les Rhopalocères, les Oiseaux et les Végétaux), a été publié en mai 2016 par Natureparif (cf. encart ci-contre<sup>2</sup>) et fait état d'un fort déclin de la biodiversité à l'échelle régionale. En effet, une baisse de 8 % de la richesse\* des papillons a été observée tandis que l'abondance\* des oiseaux a diminué de 21 % depuis 2002 sur l'ensemble du territoire francilien. Ces chiffres régionaux concordent avec les tendances nationales même si la perte de biodiversité semble un peu plus marquée en Île-de-France. Le milieu urbain, qui représente 21 % de l'occupation du sol en Île-de-France (IAU 2012), présente des tendances mitigées. Dans les parcs et jardins urbains, un déclin de 33 % de l'abondance moyenne en papillons et de 22 % pour l'abondance en oiseaux communs a été observé. Seuls les végétaux semblent moins touchés par ce déclin puisque ce groupe est assez stable en ville, voire même en augmentation dans les interstices urbains\*.



Natureparif est l'agence régionale pour la biodiversité et la nature en Île-de-France. C'est une association loi 1901 qui a été créée en 2008 et fait aujourd'hui partie des organismes associés à la région Île-de-France. Organisée autour de trois pôles, l'agence a pour objectifs :

- **la connaissance de la biodiversité** et l'amélioration de cette connaissance
- **la protection de la biodiversité** par l'identification des pratiques permettant sa préservation et l'incitation à la mise en œuvre de ces pratiques auprès des collectivités et des entreprises
- **le partage des connaissances** afin de sensibiliser le public le plus large possible.

Dans ce cadre, Natureparif participe à la mise en place et la gestion d'un système d'observation de la biodiversité et de son évolution en lien avec les pratiques locales et les changements plus globaux pour l'ensemble du territoire francilien. Cette agence réalise régulièrement des états de santé de la biodiversité à l'échelle du territoire en s'appuyant notamment sur les résultats issus des sciences participatives du programme Vigie-Nature porté par le Muséum national d'Histoire naturelle.

Jusque dans les années 1970, le milieu urbain était perçu négativement et de fait délaissé par les écologues (Grimm et al. 2000 ; Miller and Hobbs, 2002). Entre les années 1970 et 1990, l'écologie

<sup>1</sup> Résultats de l'étude issus de :

[http://www.natureparif.fr/attachments/observatoire/Indicateurs/2016/DP\\_Indicateurs\\_biodiversite\\_2016\\_BD.pdf](http://www.natureparif.fr/attachments/observatoire/Indicateurs/2016/DP_Indicateurs_biodiversite_2016_BD.pdf)

<sup>2</sup> Informations de l'encart principalement issue de : <http://www.natureparif.fr/a-propos-de-natureparif/missions-de-natureparif>

urbaine a connu un réel essor, notamment grâce à la création du programme Homme et Biosphère de l'Unesco en 1974 et de deux programmes de recherche sur l'écologie urbaine à la fin des années 1990 par la Fondation nationale pour la science aux USA (McDonnell, 2011). Le développement d'études en écologie a permis de constater que la ville possédait une biodiversité importante et intéressante à étudier car les espèces qui s'y trouvent sont soumises aux pressions anthropiques. Etudier leur dynamique permet de mieux comprendre les processus impliqués dans cette perte massive de biodiversité et d'aider à la freiner, que ce soit à l'échelle de la ville ou dans les autres milieux qui sont également touchés.

La ville est souvent représentée comme un milieu contrôlé, maîtrisé et qui n'a plus rien de sauvage. Ainsi, à l'image des villes, les espaces verts urbains ont été traditionnellement des espaces très entretenus de manière mécanique (tonte, fauche) et chimique (produits phytosanitaires). En revanche, depuis les années 1990, d'autres modes de gestion basés sur le développement durable sont apparus. C'est le cas de la gestion différenciée, qui consiste à ne plus gérer tous les espaces au sein d'une ville ou d'un parc de la même manière mais d'adapter cette gestion en fonction de la typologie du lieu. Cette gestion a des impacts économiques (moins de gestion générant moins de coûts), sociaux (sensibilisation du public à l'environnement) et environnementaux. En effet, pour ce dernier point, cette gestion va permettre d'avoir une plus grande variété d'espaces et donc de favoriser la biodiversité. Ainsi, avec le passage à la gestion différenciée, certains gazons ont été abandonnés et, petit à petit, grâce notamment à la diminution de la fréquence de gestion, des prairies se sont installées. Face au regain des prairies, des questions ont émergé quant à leur intérêt pour le milieu urbain notamment en termes de biodiversité et de valeur écologique mais également sur l'influence des pratiques de gestion, particulièrement avec le retour du pâturage dans les espaces verts urbains.

Face à ces différents enjeux, d'une part la compréhension des mécanismes impliqués dans la perte de biodiversité et d'autre part le questionnement des gestionnaires quant à leurs pratiques de gestion de ces prairies, des programmes de sciences participatives dédiés aux gestionnaires d'espaces verts ont été créés et mis en place. Ils ont pour objectifs de collecter des données sur la biodiversité en milieu urbain et d'apporter des renseignements aux scientifiques sur l'évolution de la biodiversité en ville, mais également de répondre aux questions des gestionnaires. Actuellement deux protocoles sont disponibles pour les gestionnaires d'espaces verts : *Propage* (Protocole Papillons Gestionnaires) qui est un suivi des papillons de jour (Rhopalocères), et *Florilèges – prairies urbaines* qui est un suivi de la flore dans les prairies. A partir des données recueillies, des indicateurs quantitatifs de biodiversité peuvent être calculés comme la richesse spécifique ou l'abondance. En revanche, de tels indices ne prennent en compte qu'un seul paramètre, et ne fournissent donc qu'une vue partielle de la biodiversité du système étudié. De plus, ils ne reflètent pas tous les autres aspects de la diversité et notamment la diversité fonctionnelle. Cette approche nécessite de ne plus classer les individus selon leur taxonomie mais selon les fonctions qu'ils portent (Garnier et al. 2016).

L'approche fonctionnelle peut se faire à différents niveaux d'organisation des systèmes biologiques : écosystème, communauté, population, individu. Par exemple, la dissémination et la fécondité sont chez les plantes des fonctions portées par des individus et les variations dans le degré d'expression de ces fonctions constituent la diversité fonctionnelle. Ces fonctions peuvent être estimées à partir de marqueurs fonctionnels qui seront par la suite appelés traits fonctionnels ou encore traits biologiques et écologiques. Par exemple, la fécondité chez les végétaux peut être estimée par le poids des graines et la dissémination par la hauteur à laquelle se trouvent les organes reproducteurs (Garnier et al. 2016). Tout cela implique qu'il faut, en plus de données collectées sur le terrain via les programmes de sciences participatives, des informations sur les traits de chaque individu.

L'étude présentée ici s'interroge donc sur les types de traits biologiques et écologiques qu'il est pertinent de collecter et d'étudier dans un contexte urbain afin de renseigner les scientifiques sur l'évolution des populations végétales et de papillons en ville ainsi que les gestionnaires sur l'impact de leurs pratiques sur la biodiversité des prairies qu'ils entretiennent.

Ce rapport propose dans un premier temps un travail bibliographique sur la définition des traits et sur ceux qu'il semble judicieux d'étudier dans un contexte urbain pour faire le lien avec les pratiques de gestion. La seconde partie aborde essentiellement le travail réalisé pour la création d'une base de données sur les traits et la présentation des différents protocoles permettant de recueillir des données sur les espèces. La troisième partie sera consacrée à l'analyse des différents indicateurs écologiques proposés en fonction des modes de gestion afin de pouvoir fournir des préconisations aux gestionnaires d'espaces verts. Enfin, la dernière partie proposera une discussion des résultats et des méthodes mises en place.

# 1 Les traits biologiques et écologiques comme indicateurs de la qualité écologique des espaces verts urbains

## 1.1 Notions de qualité écologique et de traits dans les espaces verts urbains

### 1.1.1 Diversité des milieux rencontrés dans les espaces verts urbains

Les espaces verts urbains peuvent être de nature différente. Il peut s'agir de parcs, de squares, de bois, d'espaces verts d'accompagnement (voies de circulation, habitations, bâtiments publics ou privés/industriels/commerciaux/sociaux/éducatifs), de jardins familiaux, de cimetières (Typologie des espaces verts de l'AITF<sup>3</sup>). Au sein de ces espaces verts, différents types de milieux peuvent être retrouvés. Par exemple, le territoire de la petite couronne parisienne (comprenant les départements des Hauts-de-Seine, de la Seine-Saint-Denis et du Val de Marne) compte en termes d'espaces verts une grande majorité d'espaces boisés (près de 6 000 ha soit 60 % des espaces verts). Ces espaces sont des milieux dominés par des formations arborescentes avec au moins 40 % d'arbres de 5 m de haut minimum mais comportant également une strate arbustive et herbacée. Ensuite, un peu moins d'un tiers des espaces verts sont des surfaces herbacées qui rassemblent les groupements dominés par les plantes vasculaires\* ou peu ligneuses. Enfin, les fourrés (intermédiaires entre les surfaces herbacées et boisées caractérisés par la présence d'arbustes et d'espèces ligneuses) représentent seulement 3 % des espaces verts et les zones humides n'en constituent que 2 % (ECOMOS 2008<sup>4</sup>).

### 1.1.2 Focus sur les zones herbacées

Dans le cadre de cette étude, les zones herbacées seront ciblées. En revanche, elles peuvent se trouver sous différentes formes en fonction de la gestion que leur est appliquée : il peut alors s'agir de pelouses, de prairies ou bien de friches.



Figure 1: de gauche à droite : un gazon (photo Myr Muratet), une prairie (photo Fiona Lehane), une friche (photo Myr Muratet)

<sup>3</sup> Typologie issue du document suivant (p.6) : [http://www.ecoledubreuil.fr/sites/default/files/03-documents/2015\\_01\\_12\\_referentiel\\_web.pdf](http://www.ecoledubreuil.fr/sites/default/files/03-documents/2015_01_12_referentiel_web.pdf)

<sup>4</sup> Chiffre et définition des occupations du sol issus de l'ECOMOS disponible sur : <http://www.iau-idf.fr/liau-et-vous/cartes-donnees/open-data/donnees.html>

La distinction entre ces trois types de milieux peut être faite grâce à l'étude à la fois de leur structure et de leur cortège floristique. Une prairie est un milieu ouvert, constitué principalement d'une végétation herbacée dense dominée par des Graminées, le plus souvent le Fromental élevé (*Arrhenatherum elatius*). Le cortège floristique accompagnant cette végétation est généralement composé de Salsifis des prés (*Tragopogon pratensis*), de Marguerites (*Leucanthemum vulgare*) ou encore de Gesses des prés (*Lathyrus pratensis*). En milieu urbain, les prairies rencontrées sont en grande majorité des prairies mésophiles, c'est-à-dire qui se développent dans des conditions moyennes d'humidité et de pH, et nitrophiles car elles affectionnent les sols azotés. Le maintien de milieux prairiaux nécessite une gestion, que ce soit de la fauche ou du pâturage, sinon le milieu va avoir tendance à se refermer avec l'apparition de ligneux. La diversité est favorisée lorsque cette gestion est régulière à la fois dans sa nature, sa fréquence et sa période.

Lorsque la gestion est plus intensive, la prairie se transforme en pelouse urbaine, encore appelée gazon. Cet espace est caractérisé par une hauteur de végétation basse toute l'année du fait d'une tonte rase très régulière. La diversité spécifique est en général assez faible et s'y retrouvent surtout des espèces tolérantes à la tonte et/ou au piétinement comme la Pâquerette (*Bellis perennis*), le Grand Plantain (*Plantago major* subsp. *major*) ou encore l'Ivraie vivace (*Lolium perenne*).

Enfin, à l'opposé lorsqu'une prairie subit une perturbation du type retournement de sol et est ensuite laissée à l'abandon, elle devient une friche. Ce milieu va être alors caractérisé par des espèces pionnières\*, souvent annuelles et nitrophiles comme l'Ortie dioïque (*Urtica dioica*), le Chénopode blanc (*Chenopodium album*) ou bien le Cirse commun (*Cirsium vulgare*). Contrairement aux pelouses urbaines, les friches sont généralement constituées d'une plus grande diversité et densité d'espèces végétales mais également animales (Sukopp et Hejny, 1990). En effet, cette diversité floristique attire bon nombre d'oiseaux et d'insectes, faisant des friches des refuges pour ces espèces (Gilbert, 1989 ; Gôdd et al. 1995). Enfin, parmi les espèces végétales peuplant les friches, on retrouve souvent des espèces exotiques.

Les prairies peuvent donc être vues comme un milieu intermédiaire de perturbations entre les pelouses urbaines et les friches, puisque leur maintien nécessite une intervention (contrairement aux friches) qui doit rester peu fréquente mais régulière (contrairement aux pelouses qui sont tondues très souvent). En revanche, il est important de garder à l'esprit que compte tenu de la durée de création d'une prairie (environ une dizaine d'années), il est tout à fait possible de rencontrer des stades intermédiaires de ces formations végétales<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Informations issues de : <http://www.audreymuratet.com/pdf/Biodiversitaire6.pdf>

### 1.1.3 Vers une définition de la notion de « qualité » écologique des prairies urbaines

Le concept de « qualité » des systèmes écologiques est de plus en plus présent dans les questionnements des scientifiques. Ce concept reste néanmoins assez imprécis et très subjectif. En effet, un paysage sera-t-il de bonne qualité parce qu'il abrite 10 espèces d'oiseaux ou bien parce la majorité des personnes qui le regardent le trouvent « beau » ? Il est donc préférable de réserver le terme de qualité d'un milieu aux objectifs qui lui sont fixés par la société. Par exemple, pour un éleveur la qualité d'une prairie dépendra du rendement en foin qu'elle lui donne et de la valeur nutritionnelle pour ses troupeaux.

En milieu urbain, les espaces verts ont un rôle social, par l'accueil du public pour différentes activités (détente, sport, culture, pédagogie...) et environnemental (refuge pour la biodiversité, thermorégulation, absorption des eaux pluviales...). Etant donné que cette étude porte sur la qualité écologique, le rôle social sera ici mis de côté. D'un point de vue environnemental, la qualité des espaces verts, dont les prairies, pourraient donc être mesurée par leur capacité à limiter les inondations, à diminuer l'effet d'Îlot de Chaleur Urbain (ICU), à abriter une grande diversité d'espèces ou bien par un indice regroupant l'ensemble de ces trois fonctions. La plupart des prairies qui se sont développées suite au passage à la gestion différenciée ont d'un point de vue environnemental une fonction d'accueil de la biodiversité et de production de services écosystémiques. Or, pour observer une grande diversité et une forte production de services écosystémiques, il faut à la fois une diversité d'espèces mais également une diversité dans les fonctions portées par ces espèces (Lavorel, 2013). Dans le cadre de cette étude, il a ainsi été choisi de définir la qualité écologique par la diversité des traits écologiques et biologiques portés par les espèces présentes dans les prairies.

### 1.1.4 Les traits biologiques et écologiques : définition et utilisation dans la littérature

L'étude de la dynamique des communautés passe souvent par la caractérisation des individus qui les composent d'un point de vue taxonomique. En revanche, d'autres approches sont possibles comme l'étude de la biodiversité fonctionnelle par les traits biologiques et écologiques des individus. Les traits sont définis comme des paramètres mesurés au niveau de l'individu et qui influencent sa performance (c'est-à-dire sa capacité de survie, de croissance et de reproduction) dans l'écosystème. On parlera alors de traits biologiques s'il s'agit de caractéristiques morphologique, physiologique ou phénologique liés à l'individu et de traits écologiques pour les affinités de l'individu à un paramètre de son habitat (Violle et al. 2007).

Les traits permettent à la fois de comparer les espèces entre elles mais également d'étudier les assemblages de communautés afin de comprendre et prévoir leur formation dans un environnement donné (Diaz et al. 1998). En effet, grâce aux traits, il est possible de relier les attributs des espèces à des conditions environnementales (Lavorel et al. 1997). La notion de filtre environnemental implique que les conditions biotiques et abiotiques de l'environnement vont sélectionner des espèces sur la base



de certains de leurs attributs ou traits. Ainsi, il est possible de définir des groupes fonctionnels de réponses dans lesquels toutes les espèces ont le même comportement face à un facteur donné (Lavorel et al. 1997, Lavorel et Garnier 2002) (Figure 2). Par exemple, les traits de réponse aux pratiques comme le pâturage (Diaz et al. 2006), au feu (Pausas et al. 2004) ou encore aux perturbations d'origines anthropiques (Pfeffer et al. 2012) ont été largement documentés pour les espèces végétales.

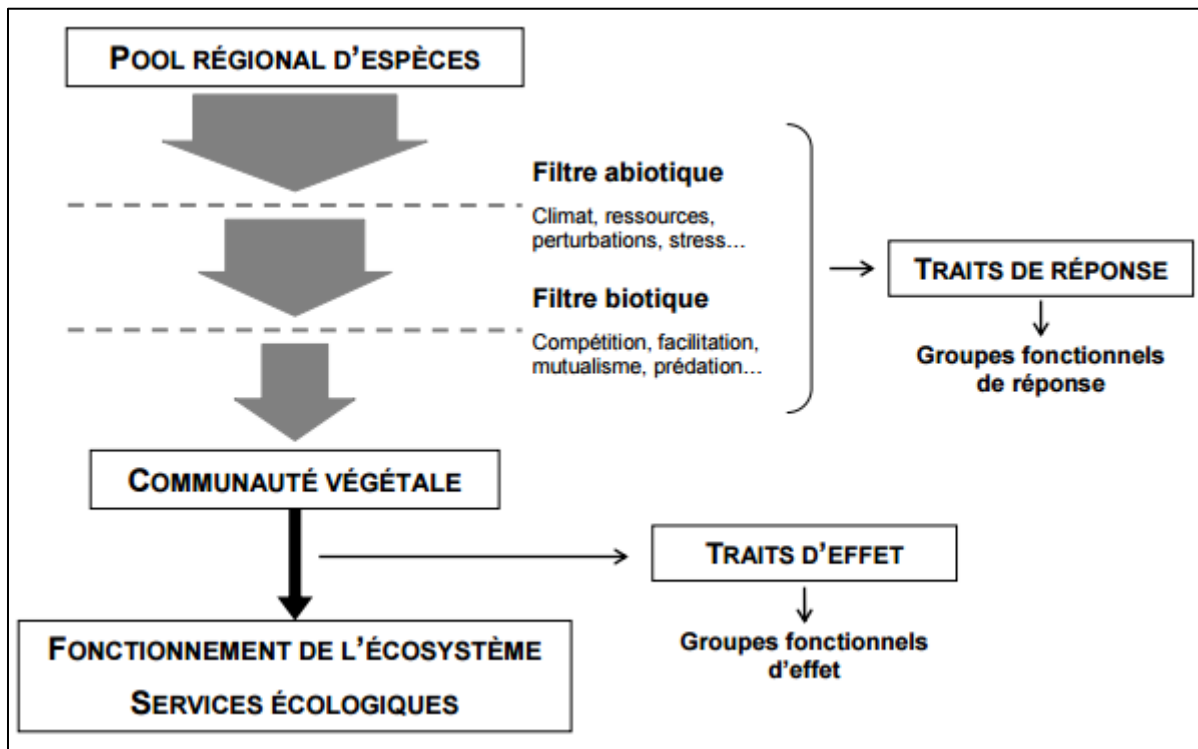


Figure 2 : Schéma représentant la structuration des communautés végétales par rapport aux conditions environnementales (traits de réponse) et son rôle dans la production des services écologiques (traits d'effet) (Burylo, 2011)

Par ailleurs, des études ont montré que la présence de certains attributs de trait était indispensable à la production de services écosystémiques (Diaz et al. 2007). La présence de groupes fonctionnels mais également leur nombre dans un écosystème vont déterminer la production de certains de ces services écosystémiques. On peut alors définir de la même manière que précédemment, des groupes d'effet qui eux rassemblent les espèces ayant des traits d'effet particuliers influençant tout le fonctionnement de l'écosystème (Figure 2) (Lavorel et Garnier, 2002). Les traits d'effet vont affecter différents processus comme la productivité, la qualité, les interactions avec le sol ou encore le cycle de l'eau de l'écosystème.

Pour parvenir à des résultats robustes à la fois dans la caractérisation des réponses des communautés aux changements environnementaux et dans la quantification de l'influence des changements des communautés dans les processus écosystémiques, il est important d'obtenir les valeurs des traits sur une grande variété d'individus. C'est pourquoi, dans de nombreuses études les traits simples (traits « soft ») sont utilisés. Il s'agit de traits fonctionnels facilement mesurables mais qui sont moins corrélés avec des fonctions précises que les traits précis (traits « hard »). Ces derniers

sont plus difficiles à mesurer et à quantifier pour une large gamme d'individus. Par exemple, pour les plantes, le poids de graines, la hauteur des plantes sont considérés comme des traits « soft » alors que la capacité de dispersion est un trait « hard » (Nock et al. 2016).

### Trait de réponse / Trait d'effet

Voici deux exemples concrets chez les végétaux, d'un trait de réponse à un facteur environnemental et d'un trait d'effet.

Face à la sécheresse (filtre abiotique), les plantes s'adaptent notamment grâce à la morphologie de leurs feuilles (un trait de réponse). Ainsi, plus le stress hydrique sera important, plus la surface des feuilles sera réduite afin de limiter l'évapotranspiration et ainsi la perte d'eau.

Certains végétaux sont capables de fixer l'azote atmosphérique, ce qui peut être considéré comme un trait de réponse mais également d'effet puisque cette capacité de fixation va avoir une influence sur le cycle de l'azote et l'interaction avec le sol, enrichissant ce dernier en azote.

## 1.2 Les traits fonctionnels pertinents à étudier dans un contexte urbain

La biodiversité présente dans les espaces verts est soumise à des régimes de perturbations importants en milieu urbain. Les phénomènes associés ont des effets à différentes échelles (globale, paysage et locale) de la ville en fonction de leur nature. Ces phénomènes urbains vont alors sélectionner les plantes possédant certaines caractéristiques adaptées au milieu et modifier également l'expression de certains traits comme le début de floraison chez les végétaux, qui sera plus précoce ou bien la période de vol chez les papillons, qui sera plus longue en milieu urbain.

### 1.2.1 Réponses des traits des végétaux en milieu urbain

#### 1.2.1.1 *Des effets à l'échelle urbaine sur les traits des communautés végétales : modification de la température et pollution de différents compartiments*

D'une manière globale, les températures rencontrées en ville sont plus élevées. Ceci est dû au phénomène d'Îlot de Chaleur Urbain (ICU) caractérisé par des températures plus élevées par rapport à la campagne et par un moindre rafraîchissement nocturne. Ce phénomène est présent sur l'ensemble de la ville mais des variations locales peuvent être observées. L'ICU peut avoir des conséquences sur la phénologie\* des plantes, avec un début de floraison plus précoce (Kaesha et Jianguo. 2006) et également sur le type de plantes présentes : on retrouvera plus facilement des plantes adaptées à un climat sec (Knapp. et al. 2008) et chaud (Sukopp et Wurzel, 2003), favorisant probablement des plantes plus sensibles au gel. Enfin, des températures plus élevées pourraient, en diminuant le taux d'humidité dans l'air, favoriser la pollinisation par le vent (Culley et al. 2002).

En milieu urbain, du fait de certaines contaminations d'origines diverses, les sols sont généralement plus riches en nutriments et en métaux lourds. Ainsi, seules certaines plantes affectionnant des sols riches et/ou pollués pourront coloniser ce type de milieu. Elles sont caractérisées

par un indice de nitrophilie et une résistance aux métaux lourds importants. Par ailleurs, un sol plus riche en nutriments favoriserait le taux de croissance des plantes (Thompson et McCarthy, 2008) ainsi que leur surface foliaire spécifique\* (SFS) (Ordoñez et al. 2009). Enfin, dans certaines villes où l'utilisation de sel est courante l'hiver pour déneiger les voies de circulation, des sols riches en sel pourront être rencontrés, réservant ainsi leur colonisation à des plantes adaptées à des fortes teneurs en sel.

De la même façon que le compartiment « sol », l'air en milieu urbain est soumis à des pollutions particulières telles que des fortes concentrations en oxydes d'azote (NOx) ou en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Une étude menée par Kardel en 2010 sur le Plantain lancéolé (*Plantago lanceolata*) a montré que ces fortes concentrations auraient tendance à augmenter la SFS des végétaux.

Le Tableau 1 propose un résumé de ces différents effets à l'échelle de la ville.

Tableau 1: Synthèse bibliographique sur l'influence à l'échelle globale des conditions urbaines sur les traits des végétaux

Caractéristique milieu urbain	Hypothèses sur les communautés végétales	Traits correspondants	Références bibliographiques
Température Ilot de chaleur urbain	Floraison précoce	Période de floraison	Kaesha et al (2006)
	Favorise plantes adaptées au climat sec	Indice d'humidité	Knapp et al (2008)
	Favorise les plantes thermophiles	Indice de température	Sukopp et Wurzel (2003)
	Favorise anémogamie (car moins d'humidité)	Mode de pollinisation	Culley et al. (2002)
	Favorise plantes plus sensibles au gel	Sensibilité au gel	-
Air : concentration en certain gaz (NOx, CO2...)	Augmentation de la surface foliaire spécifique	SFS	Kardel et al. (2010) ( <i>P.lanceolata</i> )
Sol : contamination aux métaux lourds / sel (hiver)	Favorise les plantes résistantes aux métaux lourds/ sel	Résistance aux métaux lourds / Indice de salinité	-
Sol : richesse en nutriments	Favorise les plantes adaptées à des sols plus riches	Indice de nitrophilie	-
	Forte fertilité → augmentation de la surface foliaire spécifique	Surface foliaire spécifique	Ordoñez et al (2009)
	Favorise la croissance des plantes	Hauteur des plantes	Thompson et McCarthy 2008

#### 1.2.1.2 D'importantes perturbations et une fragmentation à l'échelle du paysage urbain

La densité de bâti rencontrée en milieu urbain fragmente les espaces verts, limitant ainsi leur taille et leur connexion. De nombreuses études ont montré que la perte d'habitat due à la fragmentation a des impacts négatifs importants sur la diversité des plantes (De Candido, 2004. Pauchard et al. 2006). Ce phénomène va avoir des conséquences sur l'abondance et le déplacement des insectes en ville, et

parmi eux les insectes pollinisateurs. Ainsi, on trouvera potentiellement des plantes ayant des modes de pollinisation autres que l'entomogamie\* (Knapp et al. 2008) ou même des plantes se reproduisant par autofécondation. Les plantes possédant plusieurs modes de pollinisation ne favoriseront pas l'entomogamie, ce qui pourrait avoir un impact sur la taille de la fleur, qui serait alors plus petite car la plante ne chercherait plus systématiquement à attirer les insectes pour se reproduire (Flacher et al. 2015).

Le milieu urbain est souvent le lieu de nombreuses perturbations : retournement de sols pour des travaux, piétinement par le passage d'usagers par exemple. Ceci favoriserait les plantes dont le cycle de vie est court, c'est à dire les plantes annuelles (ceci a été montré en milieu agricole par Kleyer en 1999) et les plantes tolérantes au piétinement lorsque le milieu est très fréquenté.

Enfin, en milieu urbain les espèces généralistes seront potentiellement plus prospères du fait de leur adaptation à un grand nombre de conditions.

Le Tableau 2 synthétise l'ensemble des potentielles influences du contexte paysager sur les traits des plantes.

Tableau 2 : Synthèse bibliographique sur l'influence à l'échelle du paysage des conditions urbaines sur les traits des végétaux

Caractéristique milieu urbain	Hypothèses sur les communautés végétales	Traits correspondants	Références bibliographiques
Espaces fragmentés / Hétérogénéité des milieux	Favorise anémogamie plutôt que l'entomogamie	Mode de pollinisation	Knapp et al (2008)
	Favorise l'autofécondation	Taux d'autofécondation	-
	Favorise fleurs petite taille (moins d'entomogames)	Taille de la fleur	Flacher et al. (2015)
	Favorise plantes avec des capacités de longue dispersion des graines	Mode de dispersion des graines	Knapp et al (2008)
Perturbations	Favorise les plantes à cycle de vie court = annuelles	Durée de vie	Kleyer (1999)
	Favorise plantes résistantes au piétinement	Tolérance au piétinement	-
	Favorise les plantes généralistes	Indice de spécialisation	-

### 1.2.1.3 *La gestion des espaces verts influence localement les traits des espèces végétales*

Les espaces herbacés urbains sont généralement entretenus par fauche, que l'herbe soit coupée (lame, faux) ou broyée (rotofil, gyrobroyage) ou par tonte (tondeuse). Depuis quelques années, le pâturage est de nouveau utilisé dans certains parcs urbains, le plus souvent avec des petites animaux facilement déplaçables (chèvres, moutons) mais du pâturage bovin ou équin peut également être rencontré. Ces deux types de gestion ne vont pas créer les mêmes conditions et sélectionner les mêmes plantes.

La fauche, tout d'abord, exerce une influence sur la composition des prairies car toutes les espèces ne la tolèrent pas aussi bien. Par ailleurs, selon que les résidus de fauche sont exportés ou non, cela va avoir une influence sur l'enrichissement du sol en nutriments avec comme conséquences sur les plantes, celles évoquées précédemment. Une augmentation de la fréquence de fauche va favoriser une surface foliaire spécifique importante. Enfin, la période de fauche va avoir un impact sur la période de floraison des végétaux, favorisant soit une floraison précoce, soit une floraison prolongée (Kahmen et Poschlod, 2008). Actuellement, aucune étude ne semble avoir été faite sur les différences entre une fauche broyée et une fauche coupée.

Face au pâturage, les plantes vont globalement avoir deux types de stratégies (Diaz et al. 2007 ; Lavorel et al. 1997 ; Marion, 2011). La première est la stratégie de l'évitement qui consiste à avoir des plantes à cycle court (annuelle, bisannuelle), petites, souvent en rosettes et ayant des organes de défense (des épines par exemple) pour repousser les herbivores. La seconde stratégie est celle de la tolérance au pâturage : les végétaux tentent d'optimiser leur reproduction face aux herbivores en produisant un grand nombre de graines et en ayant un taux de croissance important. Concernant la pression de pâturage\*, elle aurait tendance à favoriser les plantes qui ont une stratégie de type rudérale\* d'après une publication de Smith (Smith et al. 1996), c'est-à-dire des plantes plutôt de petite taille, à cycle court et ayant un taux de croissance important. Enfin, tout comme la fauche, la période de pâturage aurait des conséquences quant à la période de floraison des végétaux. Peu de travaux sur les conséquences des différents types de pâturage (équin, bovin, ovin...) sur les traits des végétaux ont été menés.

L'ensemble de ces éléments sont regroupés dans le Tableau 3.

Tableau 3: Synthèse bibliographique de l'effet des modes de gestion sur les traits des végétaux

Pratiques de gestion		Hypothèses sur communautés végétales		Traits correspondants	Références bibliographiques
FAUCHE		Favorise plantes tolérantes à la fauche		Tolérance fauche	-
	Export fauche	Impact richesse du sol en nutriment donc impact sur SFS et adaptation sol plus ou moins riche		SFS Indice de nitrophilie	-
	Fréquence de fauche	Variation de la SFS		SFS	Kahmen et Poschlod (2008)
	Période de fauche	Floraison plus tôt ou prolongée		Période de floraison	Kahmen et Poschlod (2008)
	Type de fauche (broyée ou coupée)	-		-	-
PÂTURAGE		Favorise les plantes tolérantes au piétinement et au pâturage		Tolérance au piétinement et au pâturage	-
	Pâturage	Stratégie d'évitement	Plantes à cycle court	Durée de vie	Diaz et al. (2007) Lavorel et al. (1997) Marion (2011)
			Plantes de petite taille	Hauteur des plantes	
			Plantes en rosettes	Forme de vie (Raunkier, 1934)	
			Organes de défense	Organes de défenses	
		Stratégie de tolérance	Fort taux de croissance	SFS	
			Grande quantité de graines produites	Poids /nombres de graines Mode de dispersion	
	Pression de pâturage	Forte pression de pâturage favorise les espèces rudérales		Stratégie Hauteur, croissance, cycle de vie	Smith et al. (1996)
Période de pâturage	Floraison plus précoce		Début de floraison	-	
Type de pâturage	-		-	-	

### 1.2.2 Réponses des papillons à l'urbanisation et aux pratiques de gestion

Une étude de Börschig et al. (2013) montre qu'une augmentation de l'intensité d'utilisation des sols semble affaiblir la richesse spécifique en papillons, et homogénéiser les communautés de papillons avec une évolution vers des traits de généralistes, c'est-à-dire des espèces capables de s'adapter à une large gamme de conditions environnementales et de faire usage de nombreuses ressources (notamment alimentaires).

Plusieurs traits peuvent être étudiés pour mettre en évidence cela. Le Tableau 4 résume l'ensemble de ces traits et donne les variabilités observées en fonction de la spécialisation.

En plus de la spécialisation à la plante, on peut également s'intéresser à la spécialisation à l'habitat de la chenille. L'habitat d'une chenille est influencé par plusieurs paramètres dont des paramètres climatiques (température) qui peuvent changer en ville (cf. 1.2.1.1). Par ailleurs, en vue d'une étude

combinée avec la flore, le degré de dépendance par rapport à la disponibilité florale à l'échelle d'un paysage peut permettre de voir l'impact de la diminution de cette disponibilité sur les espèces.

Tableau 4: Synthèse bibliographique de l'influence de l'intensification de l'utilisation des sols sur les traits des papillons

Trait	Variabilité	Spécialiste	Généraliste	Références bibliographiques
Spécialisation à la plante/Phytophagie	Monophage, oligophage, polyphage	Etroite – majoritairement mono/oligophage	Large – oligo/polyphage	Dennis et al. (2004)
Envergure	numérique	Petite	Grande	Stevens et al. (2010)
Tendance de dispersion	1 (sédentaire) – 9 (migrateur)	Sédentaire	Migrateur	Stevens et al. (2010)
Nombre d'œufs	numérique	Peu	Beaucoup	Dennis et al. (2004)
Nombre de générations par an	numérique	1	> 1	Cizeck et al. (2006)
Période de vol	numérique (nombre de mois)	Courte	Longue	Altermatt et al. (2010)

### 1.2.3 Les traits des végétaux en relation avec les insectes pollinisateurs

En plus des traits liés à l'urbanisation et aux pratiques de gestion, on peut s'intéresser aux traits liés à la pollinisation. En effet, les plantes pour lesquelles les vecteurs de pollinisation sont les insectes doivent déployer des stratégies afin d'attirer les insectes et pour assurer le succès reproducteur. L'attrait d'un pollinisateur pour une fleur passe par plusieurs paramètres parmi lesquels le diamètre de la fleur, sa couleur, la durée d'ouverture de la fleur dans la journée ou encore le parfum et l'offre en nectar. Pour le succès pollinisateur, il s'agirait plutôt de regarder l'offre en pollen mais également la taille du tube de la fleur, qui va conditionner la taille des insectes et de leurs appareils dédiés à la collecte du nectar.

*L'étude des traits biologiques et écologiques peut contribuer à mieux comprendre les changements et les fonctionnements des écosystèmes face aux pressions urbaines. Au même titre que les indicateurs classiques de biodiversité, ils peuvent permettre de qualifier d'un point de vue écologique les prairies urbaines. Cette première partie a permis de mettre en évidence les travaux déjà réalisés et d'orienter vers les traits qu'il serait pertinent d'étudier en relation avec les milieux urbains que ce soit pour les prairies ou pour les papillons. C'est ainsi que sur la base des recherches bibliographiques présentées dans cette partie, les traits mis en avant seront collectés pour constituer une base de données sur les végétaux et les papillons. Pour pouvoir ensuite exploiter la base de données sur les traits, des données seront nécessaires sur les végétaux et les papillons. Elles seront extraites de deux protocoles de sciences participatives sur les papillons et les végétaux.*

## 2 Matériel et méthodes : construction d'une base de données en lien avec les protocoles de sciences participatives

### 2.1 Les programmes de sciences participatives : du naturaliste au grand public en passant par les gestionnaires d'espaces verts.

#### 2.1.1 Principes des sciences participatives

Le suivi de la biodiversité sur le long terme et à toutes les échelles demande d'importantes ressources humaines et beaucoup de temps. Le principe des sciences participatives est de donner l'opportunité à chacun, qu'il soit spécialiste ou amateur de contribuer à l'élaboration de la connaissance sur la biodiversité. Les suivis sont basés sur des protocoles précis, ce qui permet de standardiser les méthodes et de pouvoir ainsi comparer les données. L'implication des citoyens volontaires permet d'étendre le suivi dans le temps, mais également sur un grand nombre de sites et en ciblant un grand nombre d'espèces. Les scientifiques peuvent alors étudier l'impact des changements climatiques ou encore des pressions anthropiques, à la fois dans le temps et dans l'espace, sur les espèces les plus communes<sup>6</sup>.

#### 2.1.2 Le programme Vigie-Nature

Vigie-Nature est un programme de sciences participatives créé par le Muséum national d'Histoire naturelle et qui regroupe plusieurs protocoles qui s'intéressent à la faune et la flore. Le premier protocole de sciences participatives du programme Vigie-Nature date de 1981 avec le *Suivi Temporel des Oiseaux Communs (STOC)* qui s'adresse aux ornithologues et suit une méthodologie précise. Basés sur ce modèle, sept autres protocoles s'adressant aux naturalistes ont vu le jour pour suivre d'autres taxons comme les chauves-souris, les papillons, les libellules, la flore etc. Plus récemment, les scientifiques ont voulu impliquer les amateurs et ont décliné ces programmes pour le grand public. Huit observatoires ont alors été créés en adaptant les protocoles des programmes adressés aux naturalistes afin qu'ils ne requièrent pas de compétence particulière pour l'identification des espèces suivies. Des programmes comme le *SPIPOLL (Suivi Photographique des Insectes Pollinisateurs)* ou *Sauvages de ma rue* ont alors vu le jour. Sur le même principe, des déclinaisons des programmes dédiés aux naturalistes ont été faites pour que les enseignants puissent sensibiliser les élèves à la biodiversité avec le programme Vigie-Nature École, lequel regroupe sept protocoles. Enfin, ces programmes se sont également adaptés aux professionnels de l'environnement avec *l'Observatoire Agricole de la Biodiversité (OAB)* et deux protocoles dédiés aux gestionnaires d'espaces verts :

---

<sup>6</sup> Informations issues de : <http://vigienature.mnhn.fr/page/le-programme-vigie-nature>



*Propage* (Protocole Papillons Gestionnaires) et *Florilèges-prairies urbaines* pour la flore<sup>2</sup>. L'un des avantages de l'ensemble des programmes proposés par Vigie-Nature est qu'il n'y a aucune contrainte fixée sur le nombre d'années de suivi d'un site même s'il est préférable de le faire plusieurs années de suite au même endroit pour suivre l'évolution dans le temps et avoir des résultats plus robustes.

### 2.1.3 *Propage* et *Florilèges – prairies urbaines* pour les gestionnaires d'espaces verts

#### 2.1.3.1 *Propage*

##### 2.1.3.1.1 Présentation

*Propage* a été créé en 2010 et est porté par le MNHN et l'association Noé. Ce protocole propose un suivi des papillons de jour par les gestionnaires d'espaces verts en milieu urbain afin de mesurer l'impact de l'urbanisation et des pratiques de gestion sur ce groupe taxonomique très sensible aux perturbations de son milieu. Grâce aux données recueillies, il est possible d'évaluer la qualité écologique des sites qui ont été échantillonnés et de les comparer entre eux puisque les relevés sont faits selon un protocole standardisé<sup>7</sup>.

##### 2.1.3.1.2 Le protocole sur le terrain

Le protocole consiste à dénombrer et identifier les papillons les plus communs observés à 5 mètres de part et d'autre d'un transect\* situé au milieu d'une prairie. Le gestionnaire doit parcourir son transect en 10 minutes environ sur une distance de 100 à 300 mètres et le protocole doit être fait trois fois dans l'année : le 1<sup>er</sup> juin, le 5 juillet et le 10 août (à plus ou moins 10 jours près selon les conditions météorologiques). L'activité des papillons dépendant beaucoup des conditions météorologiques, il faut veiller à faire le relevé un jour ensoleillé (la couverture nuageuse doit être inférieure à 75 %), peu venteux (moins de 30 km/h) et non pluvieux, avec une température minimale de 13 °C pour des jours ensoleillés et de 17 °C pour des jours couverts. Enfin, le protocole doit se faire entre 10h et 17h.

Une fois le transect choisi et les conditions météorologiques réunies, le gestionnaire doit, sur son transect, noter la présence (ou l'absence) et l'abondance de 31 groupes ou espèces de papillons (cf. Annexe 1) à l'aide d'une planche et d'un guide d'identification des papillons. De plus, si le gestionnaire croise et reconnaît des papillons ne faisant pas partie de la liste, il peut les ajouter. Enfin, le gestionnaire doit compléter sur la fiche terrain son relevé et doit renseigner les conditions météorologiques, et identifier l'habitat dans lequel il se trouve grâce à la fiche « habitat »<sup>8</sup>.

---

<sup>7</sup> Informations issues de : <http://propage.mnhn.fr/>

<sup>8</sup> Informations issues de : <http://propage.mnhn.fr/sites/propage.mnhn.fr/files/Fiche-Protocole.pdf>

### 2.1.3.2 Florilèges – prairies urbaines<sup>9</sup>

#### 2.1.3.2.1 Présentation

Le questionnement des gestionnaires quant à l'influence de leur pratique de gestion sur les prairies a donné lieu en 2014 à un groupe de travail mis en place par l'ODBU (Observatoire Départemental de la Biodiversité Urbaine en Seine-Saint-Denis) et composé de gestionnaires de parcs de Seine-Saint-Denis. Pour répondre à ces questions, différents partenaires dont Plante & Cité, le Muséum national d'Histoire naturelle, le Conservatoire botanique national du Bassin parisien et Natureparif ont travaillé ensemble à la création de *Florilèges – prairies urbaines*. Protocole de suivi standardisé de la flore des prairies urbaines de la moitié Nord de la France, il a pour objectifs de fournir un outil d'évaluation de la qualité écologique des prairies, de favoriser la connaissance de l'état et de la dynamique de leur diversité floristique ainsi que de surveiller les effets des pratiques sur ces milieux.

#### 2.1.3.2.2 Le protocole sur le terrain

Le protocole s'applique sur une prairie de 130 m<sup>2</sup> minimum ayant une gestion uniforme. Une fois le choix de la prairie fait, le gestionnaire complète une fiche d'identité de la prairie (« *Localisation et historique* »). Cette fiche est à renseigner uniquement la première année.

Entre le 1<sup>er</sup> juin et le 31 juillet, le gestionnaire doit se placer au centre de cette prairie et disposer deux lots de cinq carrés de 1 mètre sur 1 mètre de part et d'autres du centre de la prairie sur lesquels seront faites les observations (Figure 3). Dans ces carrés, le gestionnaire doit noter la présence ou l'absence de 60 espèces préalablement sélectionnées sur la seconde fiche nommée « *Relevé et gestion* » (cf. Annexe 2). Ces 60 espèces comptent parmi les 1 600 espèces d'Île-de-France et ont été choisies suivant plusieurs critères : leur facilité à être reconnues, leur habitat préférentiel, leur cycle de vie ou encore leur attractivité pour les insectes. On peut les reconnaître à l'aide du guide « *Clé des prairies* » qui possède des entrées par forme des feuilles et par couleur des fleurs. Par ailleurs, l'observateur peut, s'il le souhaite, ajouter les espèces qui ne font pas partie de la liste des 60, ainsi que les espèces intéressantes qui se trouveraient en dehors des carrés de suivis. La seconde fiche contient le relevé de la flore mais également les pratiques de gestion de l'année passée, la quantité de ligneux observés dans les carrés, les milieux bordant directement la prairie et enfin la hauteur moyenne de la végétation au moment du relevé.

Enfin, une fois le relevé fini et les informations sur la prairie récoltées, le gestionnaire renseigne ces données sur le site internet dédié au programme<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup> Informations issues de : [http://www.florileges.info/images/pdf/Guide-protocole\\_WEB.pdf](http://www.florileges.info/images/pdf/Guide-protocole_WEB.pdf)

<sup>10</sup> [www.florileges.info](http://www.florileges.info)

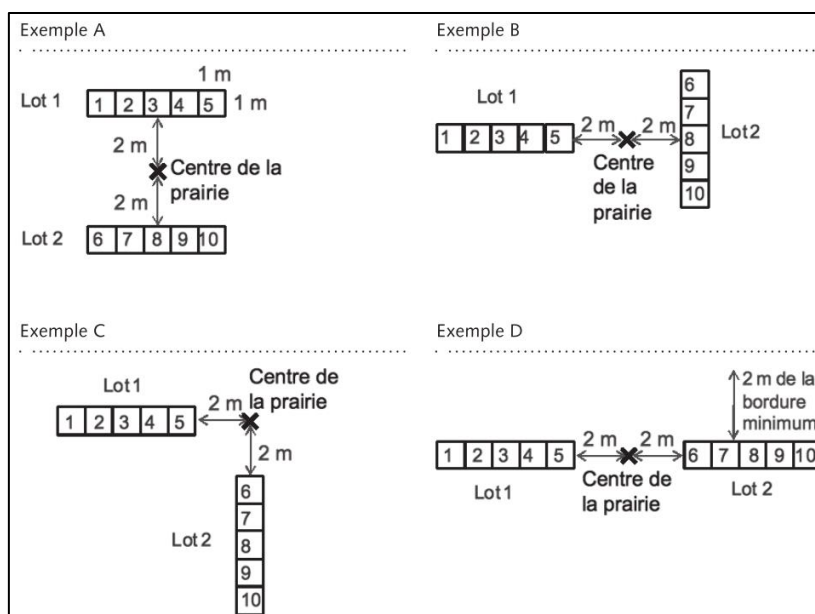


Figure 3 : Les différentes configurations pour placer les carrées suivant la forme de la prairie - Extrait de la fiche « Localisation et historique » du protocole Florilèges - prairies urbaines

### 2.1.3.2.3 Un programme récent qui ne cesse de s'enrichir

La phase pilote du protocole a été lancée en 2014 et a permis l'amélioration de certains outils comme les fiches terrains et la « Clé de prairies ». Le lancement officiel du protocole a eu lieu en 2015. Ainsi, deux années de données sur les prairies urbaines ont déjà pu être récoltées permettant d'établir des premiers effets quant aux impacts des pratiques de gestion sur la diversité floristique de ces prairies.

Une des nouveautés de cette année 2016 est de proposer des restitutions locales dans le cadre des formations en Île-de-France qui comprennent habituellement une partie en salle pour la présentation du protocole et une partie terrain pour la mise en place du protocole (Figure 5). En effet, lors de ces formations organisées chaque année par Natureparif, une partie a été consacrée à la restitution des résultats locaux (Figure 4) faisant ainsi écho avec le travail mené lors de ce stage puisque différents indices dont des indices basés sur des traits écologiques ont été présentés aux gestionnaires sur leur prairie. Ces restitutions sont l'occasion de pouvoir discuter avec les gestionnaires et de mieux comprendre les résultats obtenus avec eux. Elles seront dorénavant organisées chaque année, et à plus long terme il devrait même être possible d'avoir accès directement à ces résultats via des restitutions automatiques sur le site internet. De plus, un des objectifs de l'année 2016 a été la création d'un complément à la « Clé de prairies » dédié aux Poacées (cf. encart ci-après). Dans le cadre de ce stage, et dans un objectif d'amélioration de la qualité des données récoltées, une clé de détermination a été réalisée pour les 13 espèces de Poacées du protocole (cf. Annexe 3) et elle sera complétée par des illustrations faites par une dessinatrice.



Figure 4 : Restitution des résultats des années précédentes à Cergy Pontoise (95) lors d'une formation (photo Audrey Muratet, juin 2016).



Figure 5 : Application du protocole sur le terrain avec des gestionnaires lors d'une formation dans le bois de Boulogne (Photo Audrey Labonde, mai 2016)

### « Guide des Poacées »

La « Clé des prairies » regroupe 13 espèces de la famille de Poacées parmi les 60 espèces qu'elle compte. Pour des gestionnaires peu expérimentés en botanique, les espèces de cette famille restent difficiles à identifier. Dans la « Clé des prairies », les Poacées sont illustrées par des photos, mais leur aspect change très vite en fonction du stade de maturité de l'inflorescence (fermée/ouverte).

Du temps a donc été consacré à la création d'une clé de détermination pour ces 13 espèces. Elle a été construite pour pouvoir être utilisée avec un minimum de connaissances botaniques et est donc basée sur des critères simples. Parmi ceux-ci, on retrouve la taille et la forme de feuilles, la longueur des épillets, l'allure de l'inflorescence ou encore la présence ou l'absence de certaines caractéristiques (ligule, oreillette, poil...). Le but de cet outil est d'amener l'observateur à une espèce. En revanche, le guide n'étant pas exhaustif quant aux espèces potentiellement présentes sur les sites et la clé pouvant conduire à d'autres espèces ayant les mêmes critères, il est nécessaire de valider l'identification. Pour cela, pour chaque espèce, en plus des photos présentes dans la « Clé des prairies », des dessins illustreront l'allure générale et les particularités des chaque espèce. Le gestionnaire devra donc s'y référer afin de confirmer son identification. La sortie du guide est prévue pour 2017 et devrait se présenter sous la forme d'un livret.

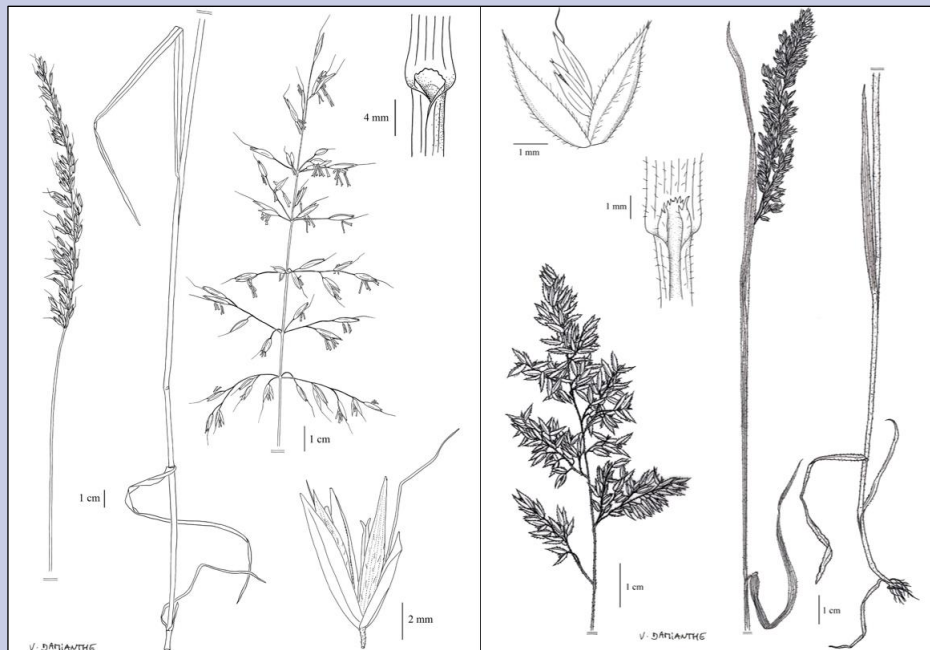


Figure 6: Dessins d'illustrations du guide réalisés par Vanessa Damianthe - A gauche, la planche pour *Arrhenaterum eliatum* ; à droite, la planche pour *Holcus lanatus*

## 2.2 Construction d'une base de données sur les traits écologiques et biologiques des papillons et des plantes en Île-de-France.

Les protocoles présentés précédemment permettent d'avoir des données sur la composition floristique et en papillons des sites. Pour étudier la diversité fonctionnelle de ces sites, des informations sur les traits des espèces répertoriées sont nécessaires.

Récemment, de nombreux projets de création de bases de données sur les traits biologiques et écologiques ont vu le jour à différentes échelles. En Île-de-France, un projet de base de données sur les traits des végétaux avait été lancé par le MNHN et rassemblait 14 traits de 567 espèces de la région, essentiellement renseignée via des flores papiers (*Flora Helvetica, flore des Belges...*). En revanche, cette base ne regroupait pas les auteurs, les sources et les références pour chaque espèce et chaque trait, ce qui ne permettait pas de l'utiliser dans des études scientifiques.

Aujourd'hui les informations sur les traits ne sont plus seulement disponibles dans les livres spécialisés sur certains taxons telles que les flores, mais ils sont souvent accessibles sur des bases de données en ligne. Cependant, les informations sont dispersées dans plusieurs bases et sur plusieurs sites, ce qui entraîne une perte de temps lorsqu'on cherche plusieurs traits pour une espèce. De plus, selon les sources, les informations pour une même espèce ne sont pas les mêmes d'une base à l'autre. Un autre problème est celui des référentiels taxonomiques. En effet, les noms des espèces ne cessent de changer et ne sont pas forcément les mêmes d'une base de donnée à une autre, compliquant les recherches.

L'objectif de la construction d'une nouvelle base pour la flore et les papillons d'Île-de-France est de réunir dans une seule et même base, l'ensemble des traits en conservant les sources et références de chaque trait afin de garder une traçabilité de l'information.

### 2.2.1 Collecte des données : Quels traits ? Quelles espèces ? Où les chercher ?

L'idée de la base de données n'est pas seulement de contenir les informations relatives aux 60 espèces de végétaux du protocole *Florilèges – prairies urbaines* et aux 31 groupes d'espèces de papillons du *Propage*, mais d'élargir ces données aux espèces du territoire francilien. En effet, d'une part certains gestionnaires ayant des compétences naturalistes ne se limitent pas aux listes proposées dans les protocoles, et il n'est donc pas rare d'avoir des informations sur d'autres espèces et d'autre part cette base de données pourrait servir à des études plus larges.

#### 2.2.1.1 Choix des espèces

##### 2.2.1.1.1 Les végétaux

La base de données regroupera des informations sur environ 1 600 espèces de végétaux, chiffre qui correspond approximativement à l'ensemble de la flore spontanée d'Île-de-France (Jauzein et Nawrot, 2011). Cette liste représente 116 familles et 635 genres de la flore vasculaire\* terrestre. Les

familles les plus représentées sont les Astéracées (165 espèces), les Poacées (146 espèces), les Cypéracées (88 espèces) et enfin les Fabacées (88 espèces). Les genres les plus représentés sont *Carex* (59 espèces), *Ranunculus* (24 espèces), *Veronica* (23 espèces) et *Trifolium* (22 espèces). La nomenclature utilisée pour les végétaux est TaxRef\* 9 (Gargominy et al. 2015). Parmi ces 1 600 espèces, on retrouve les 60 espèces du protocole *Florilèges – prairies urbaines*.

#### 2.2.1.1.2 Les papillons

Concernant les papillons, la base de données compilera les traits d'une centaine d'espèces, soit environ 10 % de la diversité spécifique en Île-de-France<sup>11</sup>. Cette liste représente 6 familles de Rhopalocères : les Nymphalidés, les Piéridés, les Lycénidés, les Papilionidés, les Riodinidés et enfin les Hespéridés. Comme pour les végétaux, la nomenclature utilisée est TaxRef 9. Parmi ces 100 espèces, on retrouve les 37 espèces ou groupes d'espèces du protocole *Propage*.

#### 2.2.1.2 Choix des traits

Les traits choisis l'ont d'abord été sur la base de l'étude bibliographique présentée dans la partie 1.2 afin de répondre aux conditions du milieu urbain, aux pratiques de gestion et aux interactions entre plantes et pollinisateurs. En revanche, comme cela a déjà été évoqué dans précédemment, cette base a vocation à être utilisée pour d'autres études. C'est pourquoi, d'autres traits n'étant pas directement en rapport avec le milieu urbain et les méthodes de gestion ont également été inclus dans la base de données, notamment ceux concernant des indicateurs écologiques comme le pH et la lumière. Au total, ce sont 32 traits qui ont été retenus pour les végétaux et 9 traits pour les papillons.

Concernant les végétaux, il s'agit tout d'abord de données sur des traits écologiques, avec notamment tous les indices d'Ellenberg (Ellenberg, 1988 – indices initialement établis pour l'Europe Centrale) adaptés à la Grande Bretagne par Hill (Hill et al. 1999) et qui permettent de définir les différentes conditions dans lesquelles vivent les végétaux par rapport à la température, à l'humidité du sol, à son pH, à sa teneur en nutriments, en sel ou encore à la lumière. Les traits écologiques contiennent également l'habitat préférentiel et les indices d'utilisation avec les tolérances à différents types de gestion ou d'usage (tolérance à la fauche, au pâturage ou au piétinement). Les données collectées renseignent également sur la morphologie générale des plantes (hauteur, durée de vie, forme de vie selon Raunkier), la morphologie florale, la reproduction et la phénologie.

Pour les papillons, des traits concernant l'habitat des chenilles seront renseignés (spécialisation à la plante et à l'habitat) ainsi que des traits concernant la morphologie des papillons (envergure), leur capacité de déplacement et leur reproduction (nombre d'œufs et de générations par an).

---

<sup>11</sup> Informations issues de : [http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Bilan-RN-IDF-2014\\_cle2d7bc9.pdf](http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Bilan-RN-IDF-2014_cle2d7bc9.pdf)

### 2.2.1.3 Collecte des données

#### 2.2.1.3.1 Les traits des végétaux largement renseignés dans les bases de données

Les informations pour les végétaux ont été essentiellement collectées via des bases de données déjà existantes et consultables sur Internet. En effet, les initiatives de base de données sur les traits écologiques des végétaux se sont multipliées à différentes échelles, s'intéressant à la flore mondiale, européenne, nationale ou régionale (Figure 7).

La base de données TRY est un vaste projet mais ne met à disposition ces données que pour des études et non pas en accès libre, c'est pourquoi elle a été laissée de côté pour la collecte. Concernant les autres bases, la plupart proposent une exportation sous forme d'un fichier type CSV (Comma Separated Value). Selon les profils des bases, il est possible soit de sélectionner en amont une liste de traits et/ou une liste d'espèces, soit de télécharger la base dans sa globalité. Pour aider à la collecte, un package utilisable dans le logiciel R a été créé en 2015, le package TR8 (Bocci, 2015). Ce package propose dans un premier temps de vérifier la liste d'espèces grâce à une fonction afin qu'elle soit écrite dans une nomenclature adéquate pour la rechercher dans les bases existantes. Ensuite à partir de cette liste d'espèces, le package permet d'aller chercher différents traits dans plusieurs bases existantes. Il possède donc l'avantage d'accélérer la collecte mais, en revanche, il ne permet pas de récupérer tous les traits disponibles dans les bases et de récolter leurs références. C'est pourquoi, il n'aura été que très peu utilisé dans cette étude. Ainsi, pour les traits des végétaux les données auront été essentiellement recueillies en téléchargeant l'ensemble des informations disponibles dans les bases de données existantes puis en sélectionnant les espèces et traits ciblés dans cette étude. Pour cela, la fonction RECHERCHEV dans Excel a été utilisée puisqu'elle donne la possibilité de chercher une valeur (dans le cas présent, le nom d'une espèce) et de renvoyer une autre valeur dans la même ligne mais à partir d'une colonne spécifiée (la valeur du trait, sa référence par exemple). En revanche, pour certains fichiers où pour une même espèce et un même trait, il existe plusieurs valeurs (par exemple, certaines plantes peuvent être à la fois entomogame et anémogame), la fonction RECHERCHEV ne fonctionne plus car elle ne permet pas de renvoyer plusieurs valeurs pour une même de départ. C'est pourquoi, des scripts sur le logiciel R ont été créés afin de récupérer ce type de données (cf. Annexe 4).

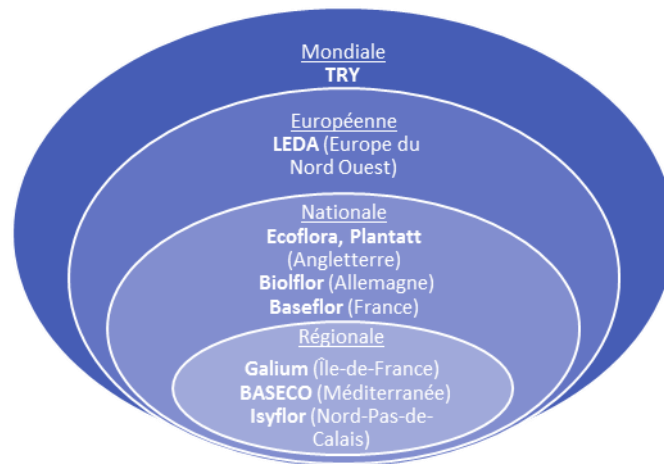


Figure 7: Schéma des différentes bases de données consultées et leur étendue

#### 2.2.1.3.2 Les traits des papillons principalement accessibles par des livres spécialisés

La recherche de bases de données en ligne pour les traits des papillons est restée sans succès. Il semblerait que, contrairement aux végétaux, peu de projets existent quant à la mise en ligne des traits de papillons. Les données qui ont été récoltées proviennent donc d'un chercheur du MNHN, Pascal Dupont, qui possède une base de données personnelle sur des espèces franciliennes notamment.

#### 2.2.1.3.3 Des traits mesurés grâce aux sciences participatives

Pour certains traits, il n'existe que peu ou pas de données dans la littérature et les bases. C'est le cas de la taille des fleurs, leur durée d'ouverture, la quantité de pollen ou leur parfum. Lorsqu'il s'agit de traits facilement mesurables, il serait possible de les mesurer via des programmes de sciences participatives.

Avec le protocole *Florilèges – prairies urbaines*, il pourrait être demandé aux gestionnaires de mesurer par exemple le diamètre de la fleur et la longueur de son tube. Dans le cadre de ce stage, cette mesure a été testée lors d'une formation d'approfondissement du protocole avec des gestionnaires ayant déjà, avant 2016, mis en place le protocole. Toutes les fleurs n'ayant pas le même profil, seulement une quinzaine ont été sélectionnées, parmi celles qui semblaient les plus facilement mesurables (cf. encart ci-dessous). L'idée est d'intégrer les résultats des observateurs à la base de données afin de pouvoir compléter ce trait. Pour cette année, les résultats ne pourront pas être exploités car le nombre d'individus mesurés sera trop faible mais si cette mesure est définitivement intégrée au protocole par la suite, cela permettrait de constituer une base solide pour ces deux traits relatifs à la fleur.



## Protocole de mesures de la taille des fleurs

Le protocole de mesure de la taille des fleurs a été élaboré durant ce stage et proposé lors d'une formation. Les 15 végétaux sélectionnés présentent trois types de profils qui vont déterminer quelles longueurs mesurer. Ces profils ont été déterminés en fonction de la symétrie des fleurs et de la présence d'un tube ou non (corolle\* soudée ou non). Les trois cas sont :

- **Les fleurs actinomorphes\* sans tube** (Renoncule âcre, Céraiste des fontaines, Géranium disséqué, Molène bouillon-blanc, Potentille rampante) pour lesquelles seul le diamètre est à mesurer
- **Les fleurs actinomorphes avec tube** (Compagnon blanc, Liseron des champs, Campanule raiponce) pour lesquelles deux mesures sont à effectuer. Le diamètre mais également la longueur du tube
- **Les fleurs zygomorphes\* avec tube** (Lotier corniculé, Brunelle commune, Gesse des prés, Vesce des moissons) pour lesquelles deux mesures sont faites. En revanche contrairement à la catégorie précédente, le diamètre n'existe pas vraiment et il est défini comme étant la plus grande longueur.



Figure 8 : Illustrations des mesures à effectuer sur différents profils. Les flèches rouges représentent le diamètre et les bleues la longueur du tube. De gauche à droite : une fleur actinomorphe sans tube, la Potentille rampante – une fleur actinomorphe avec tube, le Compagnon blanc – une fleur zygomorphe avec tube, la Brunelle commune (photo G.Arnal)

### 2.2.1.3.4 Bilan sur la collecte des données : un remplissage hétérogène selon les traits et les espèces

A l'issue de cette étude, la base de données regroupe 23 traits de végétaux, plus ou moins complétés pour les 1 600 espèces comme le montre le Tableau 5.

Tableau 5: Les traits renseignés dans la base avec leur définition et leur taux de remplissage pour les 1 600 espèces sélectionnées

Type de trait	Catégorie	Traits	Définition	Taux remplissage	
Traits écologiques	Habitat		Habitat optimal de la plante	17 %	
	Indices écologiques	Humidité du sol		Tolérance de la plante par rapport à l'humidité du sol	93 %
		Nitrophilie		Tolérance de la plante par rapport au nutriment du sol (N,K,P) ; Indicateur de la fertilité du sol	93 %
		pH		Tolérance de la plante par rapport au pH du sol	93 %
		Température		Tolérance de la plante par rapport à la température	85 %
		Lumière		Tolérance de la plante par rapport à la luminosité de son habitat	93 %
		Salinité		Tolérance de la plante par rapport à la teneur en sel	98 %
		Matière organique		Tolérance de la plante par rapport à la richesse en matière organique du sol (Carbone)	85 %
		Résistance aux métaux lourds		Résistance de la plante par rapport aux métaux lourds du sol	67 %
	Indices d'utilisation	Tolérance à la fauche		Tolérance de la plante à la fauche	29 %
		Tolérance au pâturage		Tolérance de la plante au pâturage	29 %
		Tolérance au piétinement		Tolérance de la plante piétinement	29 %
	Traits biologiques	Morphologie générale	Forme vie	Forme de vie selon la classification de Raunkier c'est-à-dire classé suivant la position des organes de survie durant la période défavorable	99 %
Hauteur			Hauteur moyenne des plantes	74 %	
Morphologie florale		Offre en nectar		Indice reflétant la quantité de nectar qu'offrent les fleurs des plantes	55 %
		Offre en pollen		Indice reflétant la quantité de pollen qu'offrent les fleurs des plantes	7 %
		Couleur		Couleur dominante des fleurs	63 %
Reproduction & Dispersion		Mode de pollinisation		Mode de pollinisation des plantes ou de sporulation	93 %
		Dispersion des graines		Type de dispersion des graines	98 %
Phénologie		Début Floraison		Mois du début de floraison	57 %
		Fin floraison		Mois de fin de floraison	46 %
Autres		Durée de vie		Temps que met une plante pour effectuer son cycle de vie	84 %
		Stratégie		Stratégie de la plante (selon la classification de Grime, 1974)	76 %

Concernant les papillons, 8 traits biologiques et écologiques ont été récupérés pour 107 espèces et le taux de remplissage est de 100 %. Ils sont résumés et définies dans le Tableau 6

Tableau 6: Les traits des papillons renseignés dans la base de données et leur définition

Type de trait	Traits	Définition
<b>Traits écologiques</b>	Habitat	Habitat optimal pour la chenille
	Disponibilité florale	Impact de la diminution de la disponibilité florale sur les populations de l'espèce
	Spécialisation à l'habitat	Nombre d'habitats dans lequel la chenille peut vivre
<b>Traits biologique</b>	Dispersion	Déplacement permettant de quitter une tâche d'habitat favorable pour rejoindre une autre tâche d'habitat favorable
	Capacité migratoire	Capacité à migrer
	Envergure	Taille du papillon adulte
	Cycle annuel	Nombre de générations par an
	Spécialisation à la plante hôte (pour la chenille)	Nombre d'espèces de plantes hôtes pour la chenille

### 2.2.2 Structuration de la base de données

Les données collectées ont été dans un premier temps stockées dans des tableurs Excel. En revanche, pour une utilisation optimale par le plus grand nombre, il est indispensable de répertorier ces données dans une vraie base de données. En effet, l'organisation des informations recueillies sous cette forme présente plusieurs avantages. Tout d'abord, elle permet de stocker un nombre très important d'informations, alors qu'avec un simple tableur ce nombre sera limité. Par ailleurs, la base de données fournit de nombreux outils capables de retrouver des informations rapidement et précisément, notamment grâce aux requêtes. Enfin, via une base de données, il est à la fois facile de consulter les données mais également d'en saisir de nouvelles ou bien de les mettre à jour.

La base de données semble donc être l'outil adapté aux futures utilisations des informations recueillies, puisque l'objectif est qu'elles puissent être consultées et recherchées facilement dans un premier temps. A plus long terme, les informations pourront être mises à jour, et d'autres y seront ajoutées (par exemple, les données sur la mesure des fleurs évoquées précédemment).

Ainsi, une base de données nommée Traffif pour TRAIT de la Flore et de la Faune en Île-de-France a été créée.

#### 2.2.2.1 Des fonctionnalités précises pour optimiser l'utilisation de la base de données

L'ensemble des fonctionnalités doit être bien défini pour structurer correctement la base de données et faciliter par la suite son utilisation. Pour cela il est important de réfléchir en amont aux demandes des futurs utilisateurs en termes de requêtes souhaitées et d'ajout des données, mais également de penser le fonctionnement de la base pour l'administrateur (mise à jour par exemple).

### 2.2.2.1.1 Recherches dans la base de données

Pour faciliter la recherche par les utilisateurs dans la base deux types de recherche seront proposés : une recherche simple permettant de choisir les traits et les espèces souhaitées, et une recherche avancée proposant différentes options.

#### Recherche simple :

Cette recherche permettra de sélectionner les informations recherchées par une entrée « Espèce » ou une entrée « Trait » ou bien les deux. Préalablement, l'utilisateur devra choisir dans quel taxon il souhaite rechercher des informations (Végétaux ou Papillons). Le Tableau 7 résume les différentes recherches qu'il est possible de faire via la recherche simple, et donne des exemples pour chacune des requêtes.

Tableau 7 : Récapitulatif des différentes requêtes de la base de données pour le mode "Recherche simple"

Type de recherche	Formulation	Exemples
Recherche par espèces	Rechercher pour une espèce donnée tous les traits disponibles dans la base	Tous les traits disponibles pour <i>Trifolium repens</i>
	Rechercher pour une sélection d'espèces donnée tous les traits disponibles dans la base	Tous les traits disponibles pour <i>Trifolium repens</i> , <i>Vicia sativa</i> et <i>Bellis perennis</i>
Recherche par traits	Rechercher pour un trait donné toutes les espèces pour lesquelles le trait est disponible	Toutes les espèces où le mode de pollinisation est renseigné
	Rechercher pour une sélection de traits donnée toutes les espèces pour lesquelles ils sont disponibles	Toutes les espèces où le mode de pollinisation, la forme de vie et l'indice de nitrophilie sont renseignés
Recherche par traits et espèces	Rechercher pour une espèce ou une sélection d'espèces donnée un ou plusieurs trait(s) donné(s)	Le(s) trait(s) couleur (et hauteur) pour <i>Trifolium repens</i> (et <i>Vicia sativa</i> )

Pour le choix de l'espèce, l'utilisateur pourra :

- Sélectionner une ou plusieurs espèces dans une liste déroulante contenant l'ensemble des espèces de la base
- Charger depuis son ordinateur une liste d'espèces (avec un format type à préciser)
- Sélectionner toutes les espèces présentes dans la base

Pour les traits, les mêmes options seront possibles.

#### Recherche avancée :

Ce mode de recherche permettra à l'utilisateur d'affiner ses critères de recherche. Comme précédemment, il devra tout d'abord choisir dans quel taxon il souhaite chercher des informations. Ensuite, le choix des espèces pour lesquelles il souhaite avoir des informations pourra se faire à différents niveaux : celui de la famille (par exemple, toutes les Fabacées), du genre (par exemple, toutes les espèces du genre *Poa*) ou de l'espèce comme pour la recherche simple. Pour tous ces critères, il sera possible d'en sélectionner un ou plusieurs (plusieurs familles, plusieurs genres).

Concernant les traits, lorsque l'utilisateur sélectionnera un trait ou plusieurs traits, il aura la possibilité, dans le mode recherche avancée, de choisir les modalités de trait : par exemple, s'il a choisi le trait « couleur de la fleur », il pourra sélectionner la modalité de trait « rouge » pour avoir seulement les fleurs rouges. Pour des traits avec des valeurs continues, des catégories seront créées en fonction de l'étendue des données. Par exemple, pour la hauteur des végétaux, l'utilisateur pourra choisir de n'avoir que les plantes inférieures à 1 m. Enfin toujours pour les traits avec des valeurs continues comme pour la hauteur des végétaux, il sera possible de choisir d'avoir une valeur moyenne, minimale ou maximale en sortie. La recherche avancée permettra également à l'utilisateur de choisir la source et/ou le référence qu'il souhaite. L'Annexe 5 donne un exemple de requête.

#### 2.2.2.1.2 Saisie de données dans la base

Le module de saisie des données permettra d'alimenter la base de données avec de nouveaux traits et de nouvelles espèces. Ces données peuvent être soit issues de la littérature (comme tous les traits renseignés lors du stage dans la base) soit issues de mesures de terrain (ce qui est souhaité avec la mise en place du protocole de mesure de la fleur évoqué précédemment). Ainsi, lorsqu'un utilisateur souhaitera entrer une nouvelle donnée, il devra d'abord choisir s'il s'agit d'une donnée issue de la littérature ou bien une mesure de terrain.

Dans le premier cas (littérature), l'utilisateur devra choisir le trait qu'il souhaite rentrer, puis l'espèce et ensuite la référence. A ce stade, si pour le trait et l'espèce choisis, la référence existe déjà dans la base, un message informera l'utilisateur que l'information est déjà contenue dans la base. Si ce n'est pas le cas, l'utilisateur poursuivra en sélectionnant soit la modalité de trait soit en rentrant la valeur dans la bonne unité.

Dans le cas de données mesurées sur le terrain, l'utilisateur devra comme précédemment sélectionner le trait et l'espèce qu'il souhaite renseigner. Ensuite, il devra sélectionner la modalité ou entrer la valeur du trait. Pour la référence, la date et le lieu de l'observation seront demandées.

Un schéma récapitulatif de la saisie de données est présent en Annexe 6.

#### 2.2.2.2 Structure de la base de données

La base de données a été développée sous MySQL qui est un système de gestion de base de données relationnelle. Traffif est composée de sept tables (Figure 9). La première (*trt\_especes*) permet de stocker les espèces avec leur nom latin et leur référence sous TaxRef9. La seconde (*trt\_traits*) regroupe l'ensemble des traits récoltés ainsi qu'une description de ces traits. Pour les modalités de traits, c'est la table *trt\_modalités* qui assure le stockage la correspondance avec les traits. Les tables *trt\_sources* et *trt\_references* stockent respectivement l'ensemble des sources et des références relatives aux traits. La table *trt\_saisie* regroupe quant à elle des informations sur les différents utilisateurs ayant

saisi des données. Enfin, l'ensemble de ces informations est regroupé dans la table principale *trt\_especes\_modalites*.

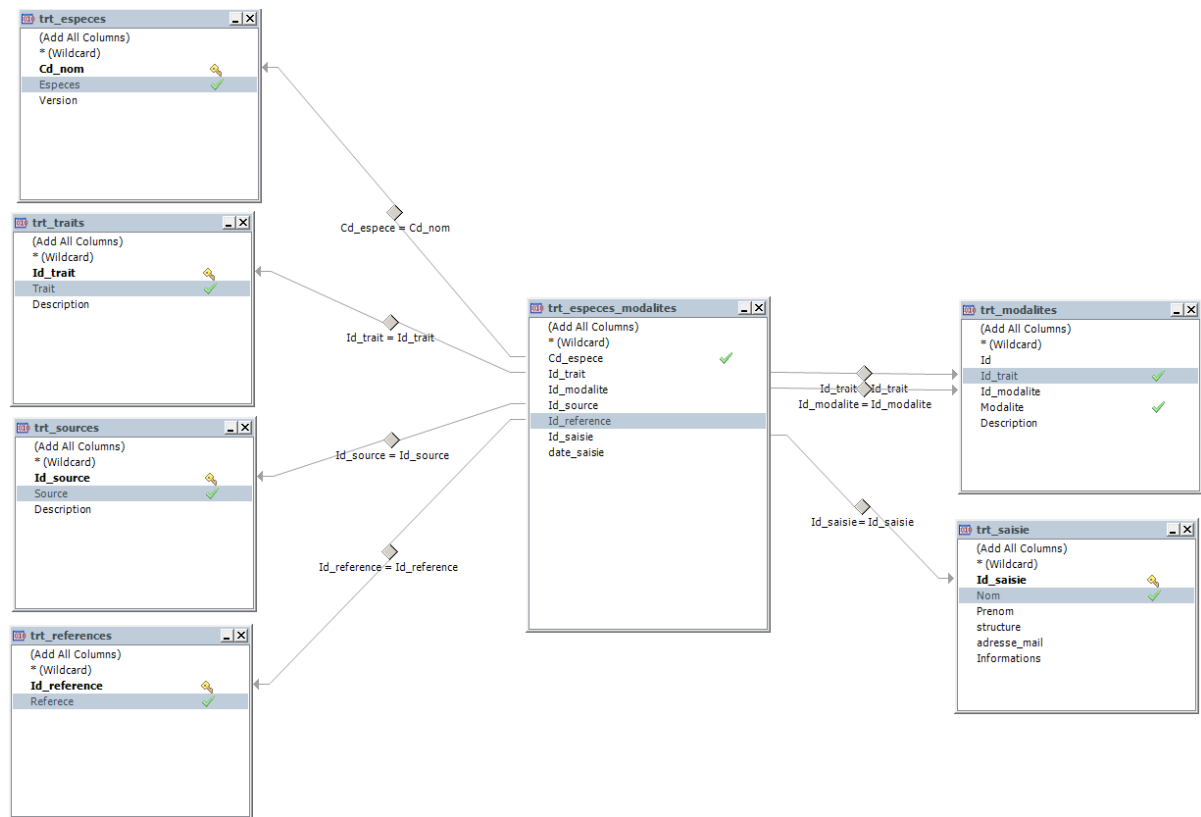


Figure 9 : Schémas des différentes tables de la base de données Traffif, ainsi que les liens entre les tables

L'intérêt d'avoir plusieurs tables annexes à la table principale est qu'en cas de changement sur un paramètre, il n'est pas nécessaire d'aller le changer pour chaque trait mais seulement de le modifier dans la table correspondante. Par exemple, pour les problèmes de référentiel taxonomique, si un des codes pour une plante change, il suffit d'aller le modifier dans la table *trt\_especes* pour que la modification apparaisse dans la table principale.

Actuellement la base de données n'est pas accessible pour tous. En effet, elle a bien été créée mais aucune interface pour son accès n'a encore été réalisée. Ceci fera l'objet d'un futur travail de développement informatique.

## 2.3 Préparation des données à analyser et méthodes d'analyses

### 2.3.1 Traitements préliminaires des données *Propage* et des traits des papillons

#### 2.3.1.1 *Traitements des six années de données recueillies par le programme Propage*

Le protocole *Propage* a débuté en 2009 et a permis la création d'une importante base de données sur les papillons. En effet, plus de 13 000 observations ont été enregistrées sur plus de 900 transects à travers toute la France.

Contrairement au protocole *Florilèges – prairies urbaines*, il n'est pas nécessaire pour le gestionnaire de renseigner les types de pratiques de gestion appliquées sur le transect suivi. Ainsi pour beaucoup, le mode de gestion est inconnu. Ceci a impliqué le retrait de ces données puisque l'étude se focalise principalement sur l'impact des méthodes de gestion. Par ailleurs, étant donné que le sujet de l'étude est principalement centré sur les prairies urbaines, seules les observations faites sur des prairies seront retenues pour l'analyse, évitant ainsi l'influence du type de milieu.

Pour ces données, trois types de gestion sont proposés : la fauche, le pâturage ou l'absence de gestion. Pour le pâturage, aucune précision n'est donnée quant au type d'animaux, leur nombre ou la période de pâturage. En revanche, pour la fauche deux fréquences de fauche sont possibles (une fois par an ou plus d'une fois par an) ainsi que deux périodes (précoce ou tardive).

Enfin, étant donné que les identifications des papillons via le protocole *Propage* ne vont pas systématiquement jusqu'à l'espèce, il n'est pas possible d'associer pour chaque observation un trait (puisque'il dépend de l'espèce). Les observations pour lesquelles les informations sur les traits n'étaient pas disponibles n'ont donc pas été prises en compte.

#### 2.3.1.2 *Traits à analyser et définition des différentes modalités*

Concernant les traits, l'ensemble de ceux recueillis dans la base de données seront analysés excepté l'habitat, puisque il a déjà été ciblé par le choix du milieu à analyser. Etant donné qu'il s'agit de traits uniquement qualitatifs, des proportions pour chaque modalité de trait seront calculées.

Le Tableau 8 donne les 7 traits qui seront analysés et la définition de chacune de leurs modalités

Tableau 8 : Traits des papillons à analyser ainsi que la définition de chacune de leur modalité

Traits	Modalité 1	Modalité 2	Modalité 3	Modalité 4
Envergure	<b>Petite</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Grande</b>	-
Cycle annuel (nombre de génération / an)	<b>Monovoltin</b> : une	<b>Bivoltin</b> : deux	<b>Plurivoltin</b> : plus de deux	-
Spécialisation à la plante hôte (nombre de plantes hôte)	<b>Monophage</b> : principalement une espèce	<b>Oligophage</b> : nombre réduit de plantes hôtes de la même famille	<b>Polyphage 1</b> : nombreuses plantes hôtes de la même famille	<b>Polyphage 2</b> : nombreuses plantes hôte de différentes familles
Spécialisation à l'habitat	<b>Liste 4</b> : spécialiste dont la chenille est liée très étroitement à une composante de l'habitat	<b>Liste 3</b> : spécialiste dont la chenille se développe majoritairement dans un habitat	<b>Liste 2</b> : généraliste moyen dont la chenille se développe principalement dans un habitat	<b>Liste 1</b> : généraliste dont la chenille se développe dans beaucoup d'habitats
Dispersion	<b>Faible</b> : la majorité des déplacements se fait au sein d'une même parcelle ou vers une parcelle adjacente	<b>Moyenne</b> : la majorité des déplacements se fait à l'échelle de l'écosystème d'habitats	<b>Forte</b> : les déplacements permettent la visite de plusieurs écosystèmes avec des habitats favorables	-
Migration	<b>Non</b>	<b>Oui</b>	-	-
Sensibilité à la disponibilité florale	<b>Forte</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Faible</b>	-

Pour faciliter l'analyse, les traits de la spécialisation à l'habitat et de l'impact de la diminution de la disponibilité florale ont été transformés en données quantitatives. Pour cela, il a été attribué pour chaque modalité un indice (1, 2, 3 ou 4), puis en se basant sur le nombre de papillons de chaque modalité observé, un indice moyen a été calculé pour chaque transect.

Enfin, partant de l'hypothèse (évoquée dans la partie 1.2.2) que les papillons avec des traits de spécialistes sont plus affectés et moins nombreux en ville, l'analyse portera sur les modalités de trait typiques des spécialistes, notamment pour les traits comportant plus de deux modalités. Il s'agit pour l'envergure, des petits papillons, pour le cycle annuel, des monovoltins, pour la spécialisation à la plante, des monophages et pour la dispersion, des papillons à dispersion faible.

### 2.3.2 Traitements des données *Florilèges – prairies urbaines* et des traits des végétaux

#### 2.3.2.1 Les informations sur les prairies et leurs mode de gestion

Le protocole *Florilèges – prairies urbaines* entame en 2016 sa troisième campagne. Depuis son lancement en 2014 et jusqu'en juillet 2016, le protocole a été réalisé dans près de 250 sites en Île-de-France majoritairement mais également dans d'autres régions du Nord (et même quelques une dans le Sud de la France).

Le protocole *Florilèges – prairies urbaines* a pour but d'évaluer l'impact de la gestion sur les végétaux présents. De fait, le gestionnaire doit renseigner ses pratiques de gestion (le type, la fréquence, la période) mais également l'état de la prairie lors de son échantillonnage (la hauteur moyenne de végétation), l'environnement proche (contexte) et enfin l'historique du site. Pour la plupart de ces renseignements sur l'environnement des sites, les gestionnaires ne rentrent pas des



valeurs exactes mais situent leurs prairies dans des classes (par exemple, pour la hauteur moyenne de la végétation, le gestionnaire a le choix entre « < 20 cm », « entre 20 et 50 cm », « entre 50 cm et 1 m » ou « > 1 m »). En revanche, pour des données telles que l'année de création et la surface, il s'agit de données continues.

Cependant, cette partie n'étant pas obligatoire, tous les sites ne sont pas renseignés de la même manière pour chacune des informations ce qui entraîne des données non disponibles.

### 2.3.2.2 Des traits quantitatifs en lien avec les modes de gestion

Pour étudier le lien entre ces pratiques de gestion et les traits, quatre traits seront étudiés. Le premier est le pourcentage d'espèces prairiales qui permet de caractériser la typicité des prairies et ainsi comprendre les modes d'intervention privilégiant l'évolution vers une prairie, plutôt qu'une friche ou un gazon. Sera également analysé, l'indice de nitrophilie qui permet d'estimer la richesse en nutriments des prairies pour voir quelle(s) gestion(s) semble(nt) favoriser cet enrichissement. Le taux d'espèces annuelles sera également étudié comme indicateur du niveau de perturbation. Enfin, pour faire un lien avec les pollinisateurs, l'offre en nectar des prairies sera testée.

Les traits de durée de vie et d'habitat sont des traits qualitatifs. Pour étudier leurs modalités (ici, les espèces prairiales et les espèces annuelles), le pourcentage de chacune des modalités pour chaque relevé a été calculé. Pour l'indice de nitrophilie et l'offre en nectar, les différentes modalités sont des indices : l'indice de nitrophilie est compris entre 1 et 9 (1 décrivant des plantes peu nitrophiles et 9 des plantes très nitrophiles) alors que l'offre en nectar est un indice allant de 1 à 4 (Tableau 9). Ainsi, un indice moyen continu a été calculé pour chacun des relevés effectués afin d'obtenir des valeurs quantitatives pour ces deux traits. Par exemple, pour l'indice de nitrophilie, sur chaque relevé la somme des indices de nitrophilie des espèces observées a été calculée puis cette somme a été divisée par le nombre total d'individus observés lors de ce relevé. L'exemple de calcul de l'indice de nitrophilie moyen pour une prairie est donné dans l'Annexe 7.

Tableau 9 : Définitions des différentes modalités pour les traits "indice de nitrophilie" et "offre en nectar"

Traits	Modalité 1	Modalité 2	Modalité 3	Modalité 4
Indice de nitrophilie	Entre 1 et 3 : plantes peu nitrophiles ; sols peu riches en nutriments	Entre 4 et 6 : plantes moyennement nitrophiles ; sols moyennement riches en nutriments	Entre 7 et 9 : plantes très nitrophiles ; sols très riches en nutriments	-
Offre en nectar	1 : absence de nectar	2 : peu de nectar	3 : nectar abondant	4 : nectar très abondant

### 2.3.3 Méthodes d'analyses statistiques

L'ensemble des tests statistiques ont été effectués avec le logiciel R (version 3.2.3) et le seuil de significativité a été placé à 0,05.

#### 2.3.3.1 Les Modèles Linéaires Généralisés (GLM)

Dans cette étude, l'objectif est de mettre en évidence l'influence des facteurs de gestion sur la composition des communautés de papillons et de végétaux en termes de traits. Le modèle linéaire est un outil statistique permettant d'étudier la réponse d'une variable de réponse (ici les différents traits, notée traditionnellement  $Y$ ) en fonction d'une combinaison linéaire de variables explicatives (ici, les différentes informations sur les prairies et les pratiques de gestion, traditionnellement notées  $X_i$ ). En utilisant le modèle linéaire classique, une contrainte majeure souvent rencontrée lors des analyses de données environnementales est la normalité de la composante aléatoire (variable réponse). En effet, cette dernière doit obligatoirement suivre une loi Gaussienne.

Dans le cas présent, certaines variables réponses ne suivront pas une loi Gaussienne, comme par exemple le pourcentage d'espèces annuelles. Ainsi pour remédier à ce problème, un modèle linéaire généralisé (GLM) sera utilisé. Il permet d'étudier la réponse d'une variable qui suit une loi de Bernoulli, binomiale, de Poisson ou encore normale.

Les données ne suivant pas une loi normale dans cette étude sont les traits qualitatifs. En effet, pour ces derniers, la proportion de chaque modalité a été calculée. Ainsi, ces proportions suivent une loi binomiale. Dans ce cas, un GLM et une régression logistique ont été appliqués pour l'analyse de telles variables. La fonction *glm* du package *stats* de R a été utilisée.

#### 2.3.3.2 Analyse de la variance (ANOVA) et test de Tukey

A la suite du GLM, une analyse de la variance avec un test du khi deux a été réalisée pour savoir quels facteurs avaient un effet significatif sur chacun des traits étudiés. Ceci a été effectué à l'aide de la fonction *anova* du package *stats* de R.

Lorsqu'un facteur ressortait comme ayant un effet significatif sur un trait, un test de Tukey a été effectué sur le facteur en question pour savoir s'il y avait des différences significatives entre les modalités du facteur. Ceci a été réalisé grâce à la fonction *glht* du package *multcomp* de R. Enfin, pour une comparaison et un affichage graphique des différentes modalités la fonction *clm* du package *multcomp* a également été utilisée.

*Les deux programmes de sciences participatives, Propage et Florilèges – prairies urbaines, présentés dans cette partie constituent des jeux de données importants et pouvant être exploités. En effet, la rigueur de leur protocole et le grand nombre de relevés effectués fournissent des informations de qualité et pouvant être analysées. Par ailleurs, la récolte des traits et la construction d'une base de données référencée vont permettre un accès facile aux données sur les traits et leur utilisation afin notamment d'analyser les données récoltées via les programmes de sciences participatives.*

### 3 Analyse des données : étude de l'influence des pratiques de gestion sur les papillons et les végétaux à travers les traits

#### 3.1 Statistiques descriptives sur les données issues des sciences participatives et sur les traits à analyser

##### 3.1.1 Description des données sur les papillons

Suite aux traitements détaillés dans la partie précédente, le nombre d'observations a été réduit à 2 609 et le nombre de transects différents à 303. Les traits analysés sont au nombre de 7 : il s'agit de l'envergure, du cycle annuel, de la spécialisation à la plante hôte, du degré de spécialisation à l'habitat, de la dispersion, de la migration et enfin de l'impact de la disponibilité florale.

##### 3.1.1.1 Composition des sites : des observations principalement faites sur des prairies en fauche tardive

Sur les 303 prairies échantillonnées, plus des deux tiers font l'objet d'une intervention de type fauche. Seulement 6 % des sites suivis sont pâturés et le reste (24 %) ne subit aucune gestion. Concernant les prairies fauchées, plus d'un quart le sont plus d'une fois par an, alors que la majorité (71 %) n'est fauchée qu'une seule fois dans l'année. Pour ces dernières prairies, la période de fauche est renseignée : la plupart des sites sont fauchés tardivement c'est-à-dire après l'été alors que seulement 7 % des fauches sont précoces. La Figure 10 résume ces différents résultats.

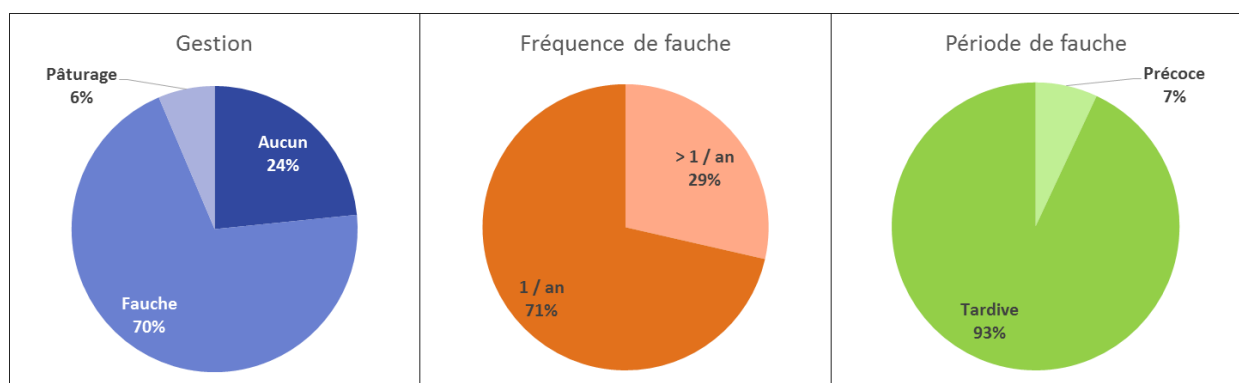


Figure 10 : Description des sites étudiés en termes de gestion

Au vue de la répartition concernant la période de fauche, il semble difficile d'exploiter les données. De plus, ce facteur-là étant assez bien renseigné dans la littérature, notamment sur la

diversité et l'abondance des papillons (Feber et al. 1996 ; Johst et al. 2006), il ne sera pas analysé lors de cette étude. En effet, ces deux études préconisent des fauches tardives plutôt qu'estivales pour impacter le moins possible les communautés de papillons.

### 3.1.1.2 Les espèces observées sur les sites et leurs traits : peu d'espèces et peu de traits

Lors des observations faites sur les 303 sites retenus, 41 groupes ou espèces de papillons ont été vus. Dans la base de données construite, les traits sont renseignés seulement pour les 24 citées au rang d'espèces de papillons. Ce taux reste assez faible notamment du fait que la liste de papillons dans le protocole *Propage* n'est pas qu'une liste d'espèces mais contient également des groupes. Or les traits ne sont pas renseignés pour le rang des groupes mais pour le rang d'espèces.

Globalement pour chaque trait une modalité domine assez largement par rapport aux deux autres. Cela est notamment le cas pour le cycle annuel (70 % de plurivoltins), la spécialisation à la plante (81 % de polyphage 1), la capacité de dispersion (77 % de dispersion forte et la modalité dispersion faible n'apparaît pas), la migration (90 % des papillons observés ne migrent pas) et l'impact de la disponibilité florale qui est dans 67 % des cas moyenne. Pour l'envergure et la spécialisation à l'habitat, les différentes modalités sont mieux réparties même si pour ce dernier trait, seulement 2 % des papillons sont classés dans la Liste 4. L'ensemble de ces observations est illustré en Figure 11.

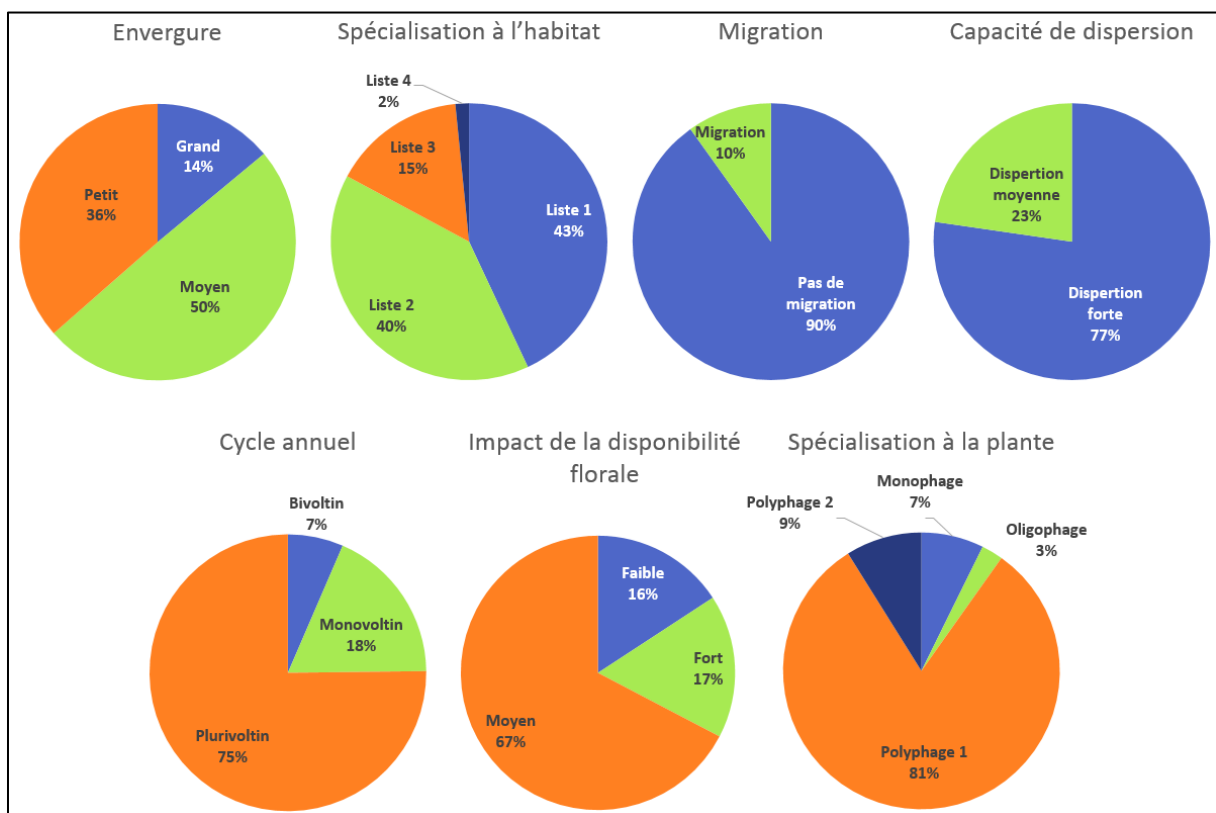


Figure 11: Composition sur les prairies Propage des espèces de papillons pour les sept traits observés

### 3.1.2 Description des données sur les végétaux

#### 3.1.2.1 *Des prairies récentes majoritairement fauchées avec export des résidus*

La hauteur moyenne est l'une des informations les plus renseignées puisqu'elle est présente dans 96 % des relevés. Par ailleurs, la répartition est assez bonne puisque chaque classe de hauteur est présente de façon équitable. Ce facteur peut être relié indirectement aux pratiques de gestion. Etant bien renseigné et bien réparti, il sera gardé comme facteur du modèle. Le contexte proche, c'est-à-dire ce qui borde directement les prairies, est également très renseigné (94 %) mais seulement 14 % des relevés sont fait dans un contexte urbain ou agricole alors que la grande majorité est réalisée dans un environnement vert.

Concernant la gestion, quatre paramètres sont renseignés dans plus de 50 % des cas : le type de gestion, l'export de fauche, sa fréquence et sa période. Le protocole propose bien des informations complémentaires pour les prairies en pâturage (type d'animaux, pression de pâturage\*, période) mais étant donné que peu de prairies sont pâturées, ces informations deviennent trop minoritaires pour être analysées. La fauche est dominante dans la gestion des sites échantillonnés (72 %), et pour 44 % il s'agit de fauches coupées. Quant au pâturage, il reste minoritaire (7 % soit 17 relevés) tout comme l'absence de fauche. Pour les prairies en fauche, les résidus de fauche sont exportés dans plus de 60 % des cas. En ce qui concerne la fréquence de fauche bien que ce soit un élément bien renseigné, le problème réside dans la répartition entre les quatre classes de fréquence possibles puisqu'elle est assez déséquilibrée. En effet, il n'y a que 5 % des prairies avec moins d'une fauche par an. Ce paramètre sera donc écarté de la suite de l'analyse et donc du modèle. Quant à la période de fauche, bien qu'elle soit bien renseignée, elle reste déséquilibrée puisqu'elle propose plus de 6 classes. En effet, selon le nombre de fauches, les périodes sont multiples ce qui augmente les classes. De la même manière que pour la fréquence, la période ne sera pas prise en compte par la suite.

Enfin, deux paramètres, la date de création de la prairie et sa surface, commencent à être suffisamment renseignés puisque pour environ 50 % des sites cette information est connue. Pour l'aire de la prairie, les données sont assez bien réparties suivant les trois classes établies. Concernant la date de création, la majorité des prairies ont été créées après 2010, mais les deux autres classes comportent tout de même au moins 20 individus.

La Figure 12 illustre ces différentes informations sur les prairies.

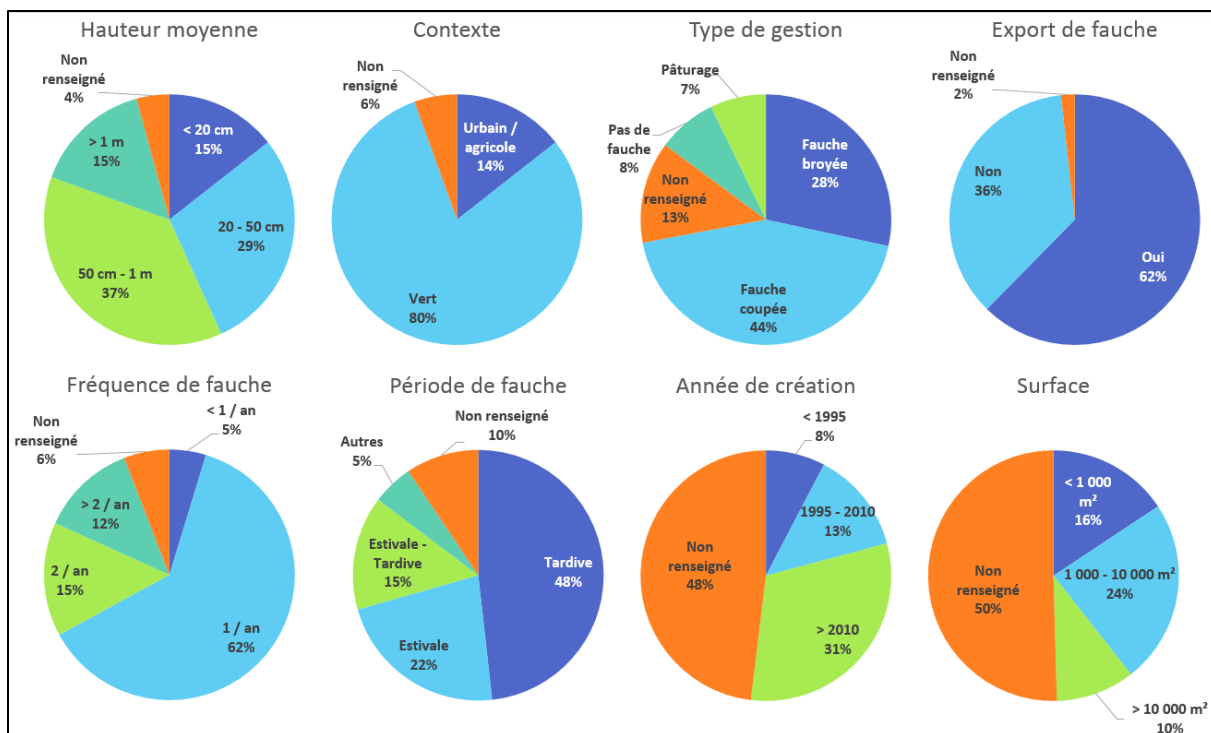


Figure 12 : Caractéristique du mode de gestion et des prairies du protocole Florilèges - prairies urbaines. Entre parenthèse le taux de prairies renseignées pour chacun des paramètres.

### 3.1.2.2 Des sites globalement dominés par des espèces prairiales, moyennement nitrophiles et attractives en terme de nectar pour les pollinisateurs

425 espèces de végétaux ont été observées dont 57 espèces de la liste du protocole. En moyenne, pour chaque relevé, au moins 10 espèces de la liste du protocole ont été observées.

Concernant le type d'habitat, les espèces sont majoritairement des espèces prairiales (48 %). Ensuite on retrouve à part égale des espèces typiques de friches et de gazons. Enfin les espèces typiques des boisements restent minoritaires avec 5 %, ce qui est normal puisqu'aucune des 60 espèces du protocole n'appartienne à cet habitat (il s'agit seulement des espèces observées en plus) (voir Figure 13). Concernant l'indice de nitrophilie calculé à partir des espèces observées, sa moyenne pour l'ensemble des relevés est égale à 5,35 ce qui correspond à des sols moyennement riches en nutriments. De la même manière, un indice d'offre en nectar a pu être calculé et sa moyenne est de 2,71, ce qui permet de dire que les sites échantillonnés sont plutôt riches en nectar. Enfin, la durée de vie des espèces observées peut également permettre de caractériser les sites. Globalement, les espèces vivaces prédominent puisqu'elles représentent 80 % des espèces, alors que les espèces annuelles ne représentent que 18 % et les espèces bisannuelles seulement 3 % (voir Figure 13).

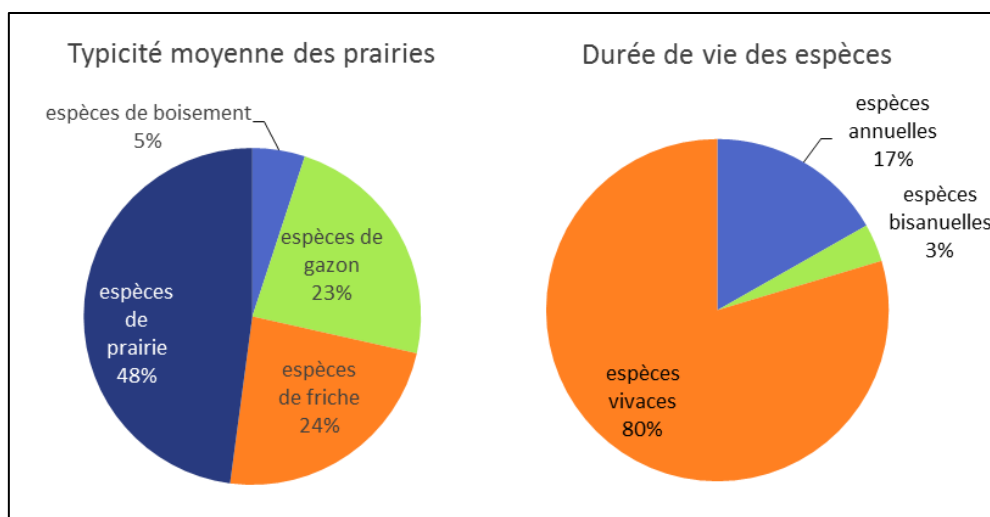


Figure 13 : Répartition pour les sites Florilèges - prairies urbaines du type d'habitat préférentiel des espèces observées et de leur durée de vie

### 3.2 Analyse des effets de la gestion et d'autres paramètres environnementaux sur les traits des papillons et des végétaux

Pour chacun des traits étudiés, un modèle linéaire généralisé a été élaboré dans le but de voir si les facteurs de l'environnement, dont la gestion, avaient des effets sur les traits des papillons et des végétaux observés. Pour l'ensemble des GLM réalisés, les effets de la région et de l'année d'observation ont été considérés comme des effets fixes mais ne seront pas détaillés dans cette analyse.

#### 3.2.1 Analyse des effets de la gestion des prairies sur les traits des papillons et des végétaux

##### 3.2.1.1 Le type de gestion influence les traits des papillons et des végétaux

Dans cette partie, l'analyse porte sur l'effet des différents types de gestion sur les traits des papillons et des végétaux. Ces types de gestion sont la fauche, le pâturage ou l'absence de fauche.

Concernant les papillons, tous les traits excepté la spécialisation à la plante hôte sont influencés de façon significative par le type de gestion. Globalement, le pâturage semble avoir un effet positif sur les petits papillons, les papillons monovoltins et ceux dont la dispersion est moyenne et qui ne migrent pas. En effet, pour ces quatre modalités de trait, les analyses montrent un effet significatif du pâturage par rapport à l'absence de gestion et à la fauche sauf pour l'absence de migration (Figure 14). En effet pour ce dernier paramètre, il semblerait que le simple fait d'avoir une gestion (que ce soit une fauche ou du pâturage) ait un effet sur la proportion de papillons non migrants (Figure 14, Encadré 4).



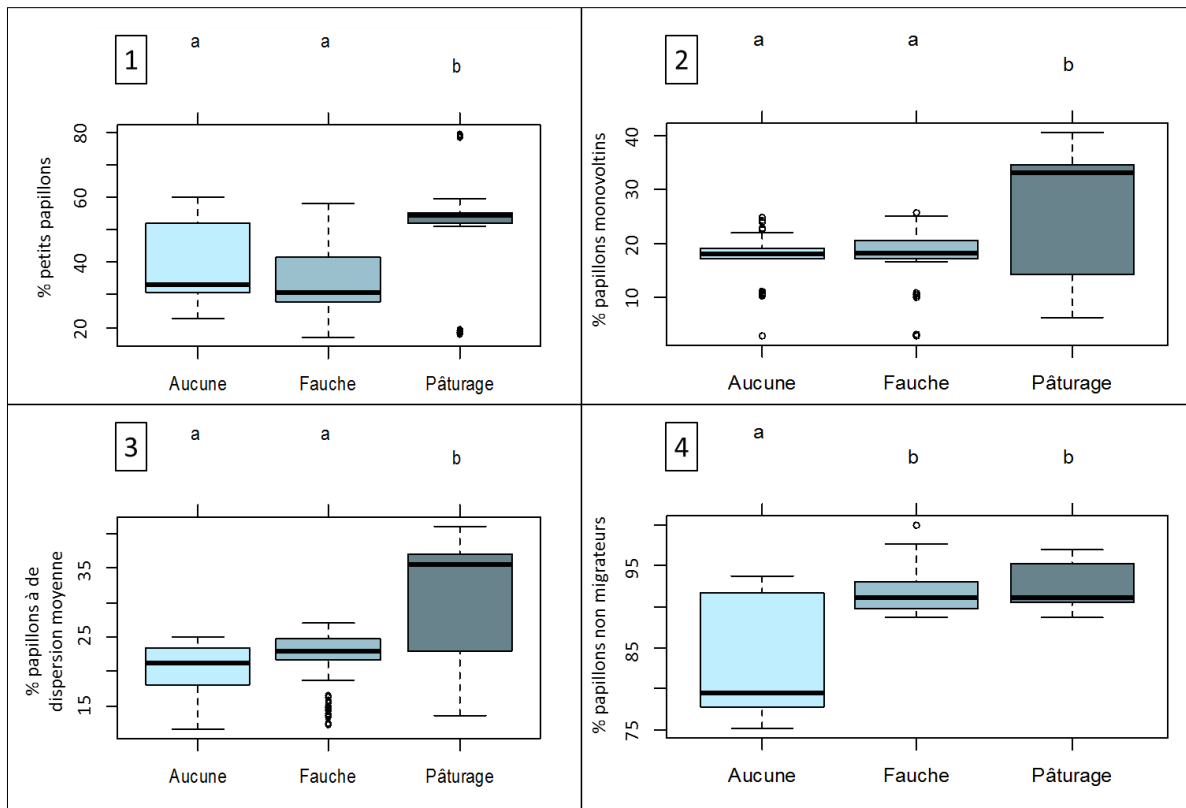


Figure 14 : Comparaison deux à deux des différents types de gestion sur le pourcentage de petits papillons (1), le pourcentage de papillons monovoltins (2), le pourcentage de papillons à dispersion moyenne (3) et enfin le pourcentage de papillons non migrateurs(4)<sup>12</sup>

Pour la spécialisation à l'habitat, il semble que la présence d'une gestion (fauche ou pâturage) soit bénéfique pour les papillons ayant un indice de spécialisation élevé c'est-à-dire les plus spécialisés. En revanche, il n'y pas de différence significative entre la fauche et le pâturage (Figure 15, Encadré 1). Enfin pour l'impact de la diminution de la disponibilité florale, le pâturage semble avoir un impact significatif puisqu'il fait augmenter cette indice par rapport à de la fauche ou de l'absence de gestion (Figure 15, Encadré 2).

<sup>12</sup> Pour l'ensemble des graphiques présents dans la partie résultats, les lettres au-dessus de graphiques, lorsqu'elles sont différentes, indiquent une différence significative (au seuil de 0.05) entre les modalités.

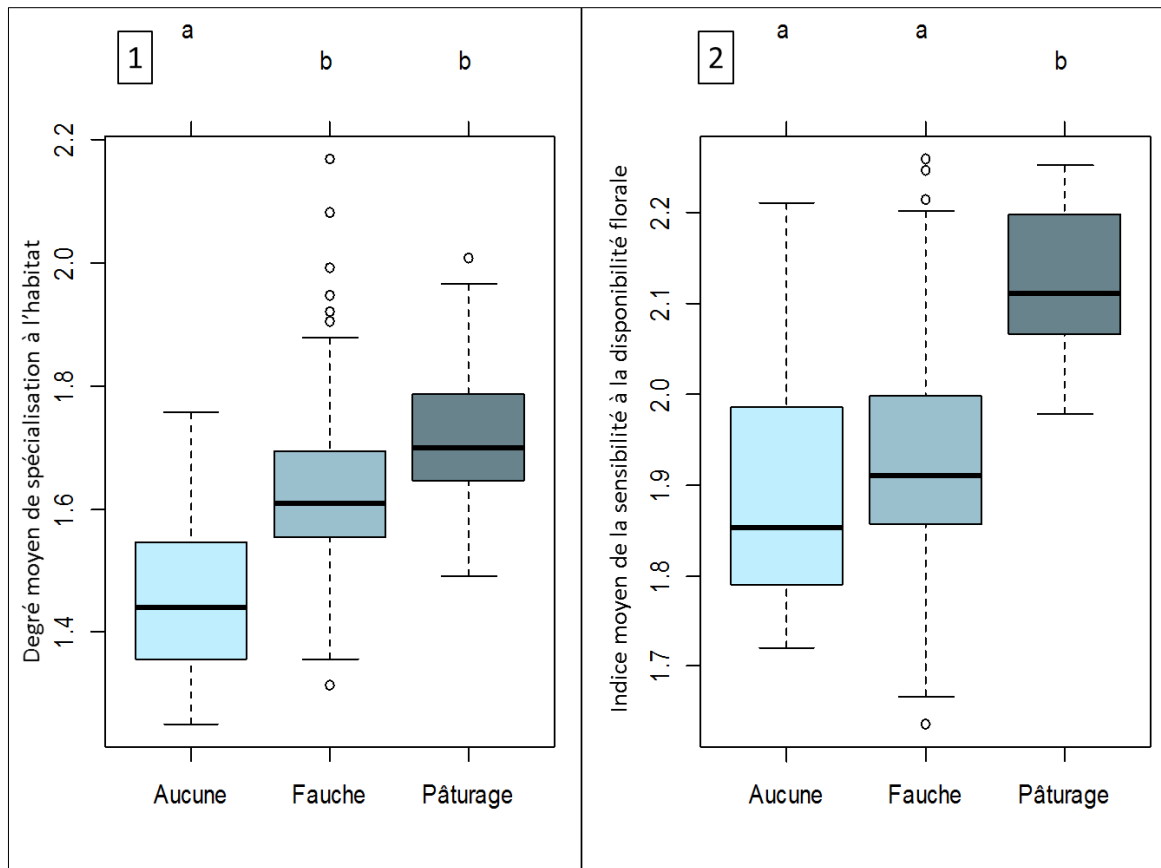


Figure 15: Comparaison deux à deux des différents types de gestion sur le degré moyen de spécialisation à l'habitat chez les papillons et sur l'indice moyen de la sensibilité à la disponibilité florale

Concernant maintenant les végétaux, le type de gestion analysé est un peu plus détaillé que pour les papillons, puisqu'ici on compare de la fauche broyée, de la fauche coupée, du pâturage et l'absence de fauche. D'après les résultats, trois traits semblent être impactés par le type de gestion. Il s'agit de l'indice de nitrophilie, de la typicité (pourcentage d'espèces prairiales) et du degré de perturbation (pourcentage d'espèces annuelles). En effet, à l'issue de l'Anova, le type de gestion ressort comme un facteur significatif parmi les autres facteurs. En revanche, à l'issue du test de Tukey sur chacune des modalités du type de gestion, aucune différence significative n'est apparue sur les différentes modalités du type de gestion pour l'indice de nitrophilie et l'offre en nectar. Lorsqu'on s'intéresse aux modalités, seuls des effets restent significatifs pour la typicité (Figure 16). D'après les résultats, la fauche coupée semble bénéfique à la typicité de la prairie notamment par rapport à de la fauche broyée, à de l'absence de fauche mais également à du pâturage.

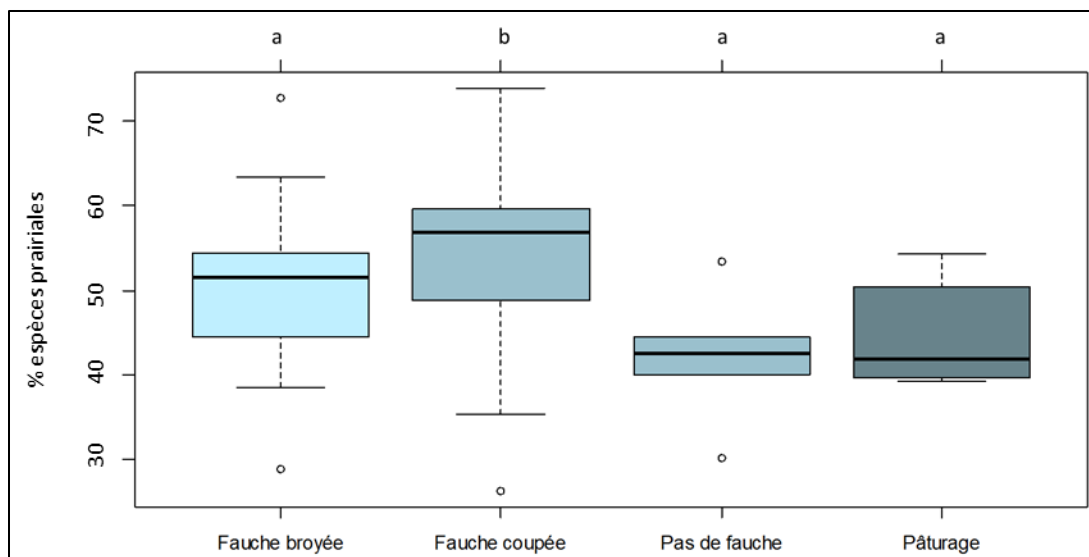


Figure 16 : Comparaison deux à deux des différents types de gestion sur le pourcentage d'espèces prairiales

### 3.2.1.2 Influence des pratiques de gestion dans les prairies fauchées

Deux autres renseignements exploitables pour les analyses viennent compléter les informations sur les prairies fauchées. Il s'agit de la fréquence de fauche et de l'export ou non des résidus de fauche. Le premier a été analysé pour les papillons et les végétaux tandis que le second n'est disponible que pour les végétaux. Dans le protocole *Florilèges – prairies urbaines*, la fréquence de fauche est plutôt bien renseignée par les gestionnaires (pour 75 % des relevés effectués, voir Figure 12) mais les différentes classes sont encore trop hétérogènes pour que ce paramètre puisse être exploité. C'est pourquoi, c'est la hauteur moyenne de la prairie qui sera pris comme indicateur de la fréquence de fauche. Ainsi, plus la hauteur moyenne sera élevée, plus la fréquence de fauche sera considérée comme étant faible.

#### 3.2.1.2.1 L'effet de la fréquence de fauche sur les papillons et les végétaux

Chez les végétaux la fréquence de fauche a un impact direct sur la typicité des prairies. En effet, dans le GLM, la hauteur moyenne de la prairie ressort comme un des paramètres ayant une influence significative sur le pourcentage d'espèces prairiales. A l'issue du test de Tukey (Figure 17), lorsque la hauteur moyenne est de classe 3 c'est-à-dire entre 50 cm et 1 m, il y a une différence significative concernant la typicité de la prairie avec les classes de hauteur 1 et 2. Par ailleurs, pour une hauteur moyenne de classe 3, le nombre d'espèces prairiales semble plus élevé, mais il n'y a pas de différence significative avec les prairies dont la hauteur moyenne est de classe 4. Enfin des hauteurs moyennes de classe 1 ou 2 n'entraînent pas une différence sur la composition en espèces prairiales. La fréquence de fauche ne semble pas avoir d'effets sur d'autres traits de végétaux.

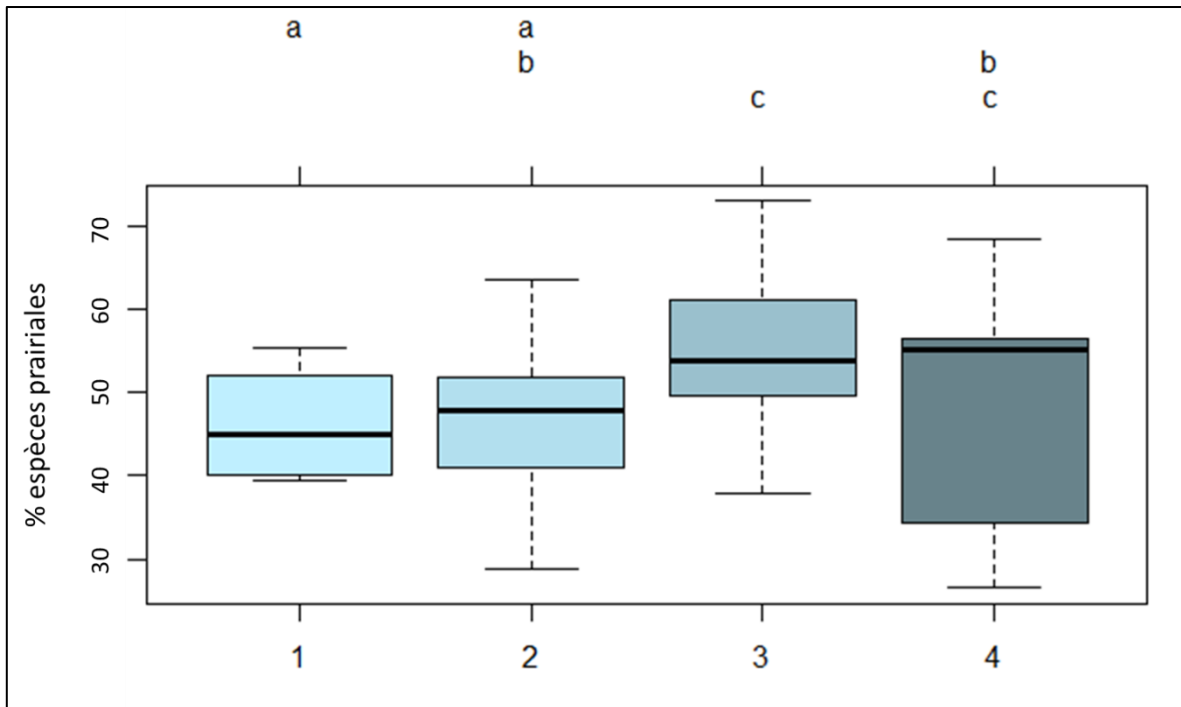


Figure 17 : Comparaison deux à deux des différentes classes de hauteur sur le pourcentage d'espèces prairiales.  
 Classe 1 : < 20 cm, classe 2 : 20 cm – 50 cm, classe 3 : 50 cm – 1 m, classe 4 : > 1 m

En revanche, la fréquence de fauche semble avoir des effets significatifs sur certains traits des papillons. Parmi ceux analysés, le pourcentage de petits papillons, celui des papillons monophages, le degré de spécialisation à l'habitat et enfin l'impact de la diminution de la disponibilité florale sont influencés par le nombre de fauches par an d'après les résultats de l'Anova sur le GLM. Concernant l'envergure des papillons, il semble d'après le test de Tukey que les prairies avec une seule fauche par an contiennent moins de petits papillons que celles où plusieurs fauches par an sont faites (Figure 18, gauche). Le même constat peut être fait pour les papillons monophages qui sont significativement plus importants dans les prairies fauchées plusieurs fois par an (Figure 18, droite).

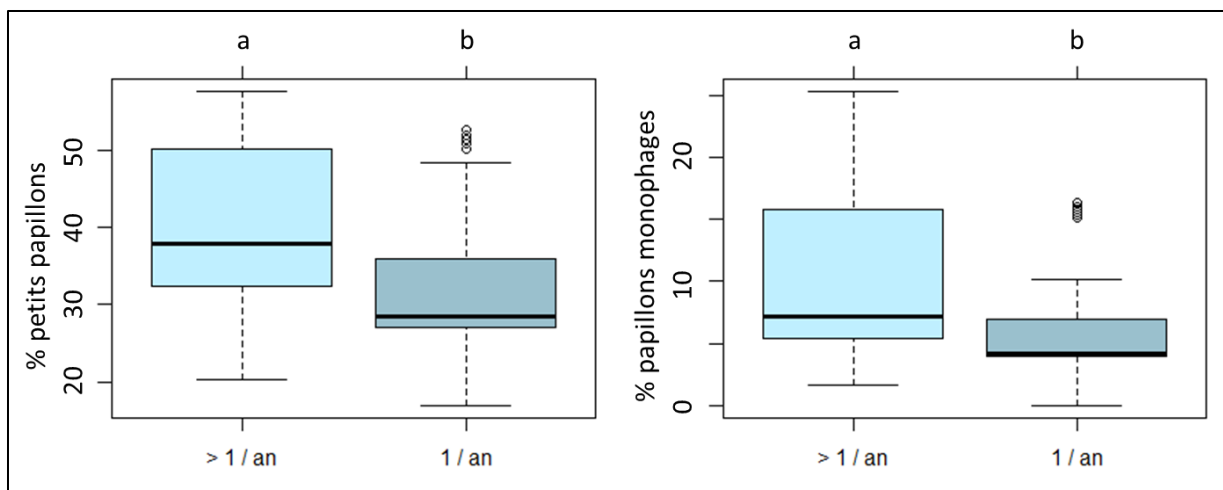


Figure 18 : Comparaison deux à deux des différentes fréquences de fauche sur le pourcentage de petits papillons et le pourcentage de papillons monophages

Suite au test de Tukey, la fréquence de fauche ne semble pas avoir un effet significatif sur le degré de spécialisation à l'habitat. En revanche, c'est toujours le cas pour l'impact de la diminution de la disponibilité florale. En effet, il semble que les prairies fauchées une seule fois par an présentent plus de papillons sensibles à la disponibilité florale (Figure 19).

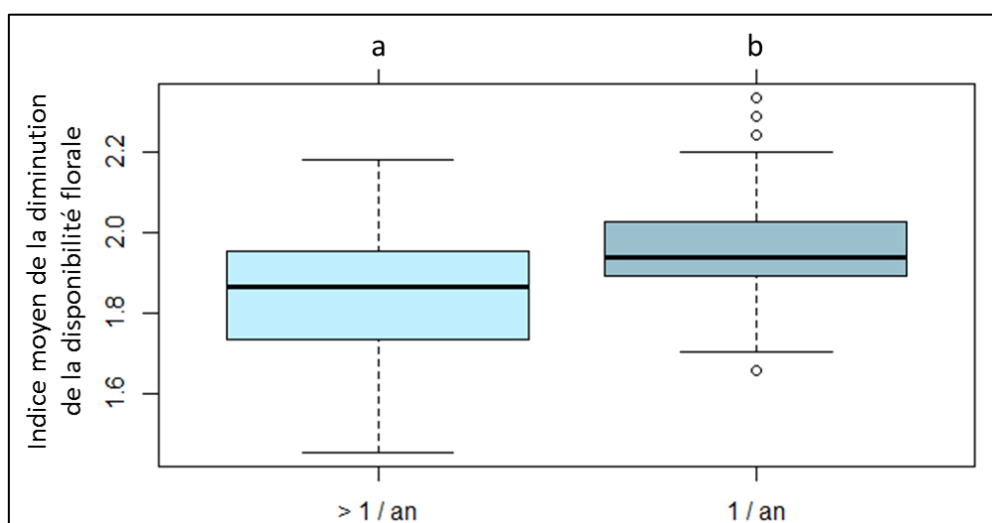


Figure 19 : Comparaison deux à deux des différentes fréquences de fauche sur l'indice moyen de l'impact de la diminution de la disponibilité florale

### 3.2.1.2.2 L'export de fauche influence la typicité des prairies

L'export de fauche n'est renseigné que pour les prairies du protocole *Florilèges – prairies urbaines*. Il semble avoir un effet significatif sur la typicité de la prairie. En effet, d'après l'Anova réalisée à la suite du GLM, la p-valeur est significative pour ce paramètre. En revanche, lors du test de Tukey, il ne semble pas y avoir de différence significative sur la typicité entre une prairie où les résidus de fauche sont exportés et celle où ils sont laissés sur place.

### 3.2.2 Analyse des effets du paysage et des caractéristiques des prairies sur les traits des végétaux

Le contexte paysager, la surface et l'âge des prairies ne sont renseignés que dans le protocole *Florilèges – prairies urbaines*. De fait, les analyses ne porteront que sur les traits des végétaux.

#### 3.2.2.1 Le contexte paysager influence les traits des végétaux

Le contexte paysager semble jouer un rôle dans les traits des végétaux. En effet, les Anovas effectuées pour la typicité et l'offre en nectar font ressortir le contexte paysager comme ayant un impact significatif pour ces deux traits.

Dans un second temps, le test de Tukey a été effectué pour ces deux traits. Il révèle que les prairies se trouvant dans un contexte vert ont tendance à offrir plus de nectar et elles semblent plus typiques. A l'inverse, les prairies se trouvant dans des contextes urbain et/ou agricole sont moins riches en nectar et possèdent moins d'espèces prairiales (Figure 20).

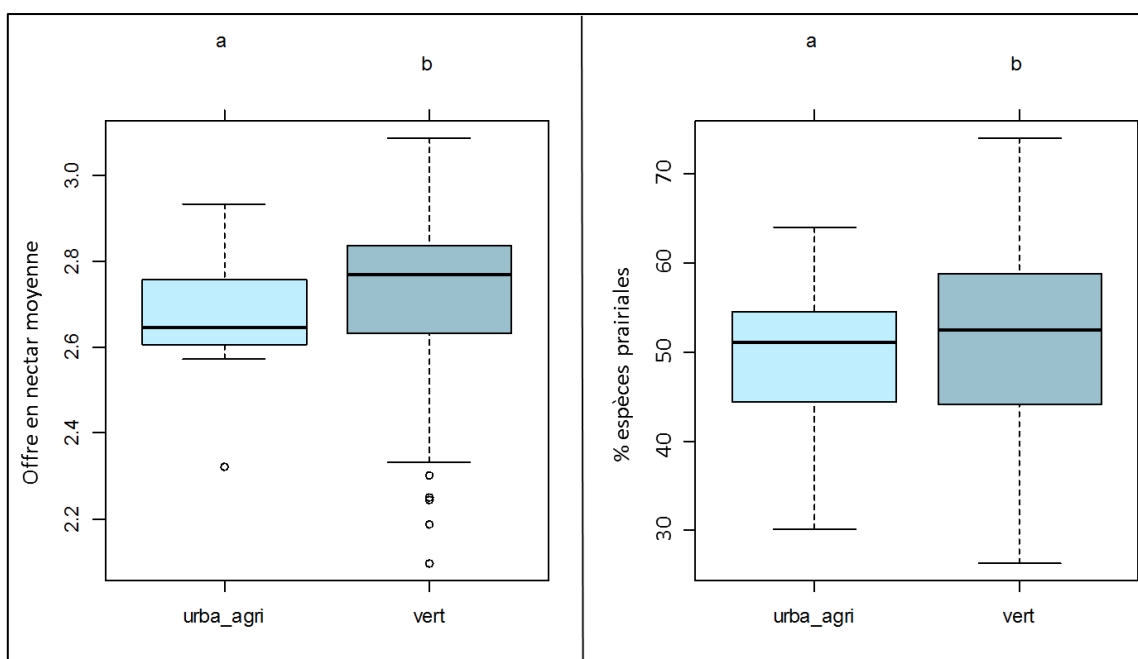


Figure 20 : Comparaison deux à deux des différents contextes paysagers sur l'offre en nectar des prairies et le pourcentage d'espèce prairiales

Enfin, pour le pourcentage d'espèces annuelles, le contexte ressort comme étant à la limite du seuil de significativité. Il semblerait alors que les prairies en contexte vert présentent moins d'espèces annuelles et les prairies dans un contexte urbain et/ou agricole soient plus perturbées avec un plus fort taux d'espèces annuelles. Ce résultat sera peut-être confirmé grâce aux prochaines campagnes du protocole.

### 3.2.2.2 L'âge et la surface des prairies, des facteurs déterminants pour les traits

Les derniers facteurs exploitables et exploités du protocole *Florilèges – prairies urbaines* concernent la taille des prairies et leur année de création. Comme expliqué précédemment, ces deux paramètres ont été conservés sont format numérique. Ainsi, lorsqu'ils sont significatifs dans le GLM, il suffit de faire un résumé de ce dernier afin d'avoir un estimateur du paramètre pour connaître son influence.

Concernant la surface des prairies, elle semble impacter significativement le pourcentage d'espèces annuelles. De plus, grâce à l'estimateur (Tableau 10), il semble que plus la surface augmente, moins il y a d'espèces annuelles. En revanche, l'estimateur du paramètre étant petite, l'effet sur le pourcentage d'espèces prairiales est faible.

Tableau 10 : Estimation de la surface dans le GLM testant les effets des pratiques de gestion et des caractéristiques de la prairie sur le pourcentage d'espèces annuelles.

Paramètre	Estimateur	p_value	Significativité <sup>13</sup>
Surface	- 2,50.10 <sup>-5</sup>	- 2,56.10 <sup>-8</sup>	***

Enfin, pour l'âge des prairies c'est plutôt sur le pourcentage d'espèces prairiales que ce paramètre joue. En effet, il apparaît significatif, et d'après son estimateur donné dans le GLM (Tableau 11), plus l'année de création est élevée (c'est-à-dire plus la prairie est récente), plus la typicité est moindre c'est-à-dire que moins d'espèces prairiales ont été relevées. De la même manière que pour la surface, l'estimateur de l'année de création étant petite, l'effet de cette dernière sur la typicité des prairies reste faible.

Tableau 11 : Estimation de l'année de création dans le GLM testant les effets des pratiques de gestion et des caractéristiques de la prairie sur le pourcentage d'espèces prairiales.

Paramètre	Estimateur	p_value	Significativité
Année de création	- 6,00.10 <sup>-3</sup>	- 2,95.10 <sup>-6</sup>	***

*L'analyse des données des protocoles Propage et Florilèges – prairies urbaines à travers les traits écologiques des papillons et des plantes a permis de mettre en évidence certains effets à l'échelle locale des pratiques de gestion, mais également l'influence du contexte paysager proche, ou encore l'influence des caractéristiques des prairies en terme de surface et de date de création. Il convient maintenant d'interpréter ces résultats.*

<sup>13</sup> p-value < 0.001 = \*\*\* ; 0.001 < p-value < 0.01 = \*\* ; 0.01 < p-value < 0.05 = \*

## 4 Interprétation et discussion des résultats

### 4.1 Interprétation des résultats

#### 4.1.1 Rôle des pratiques de gestion à l'échelle locale

##### 4.1.1.1 *Des prairies gérées et pâturées plus typiques qui favorisent les papillons avec des traits de spécialistes*

Les résultats exposés précédemment sur l'influence du type de gestion ont souvent fait ressortir le pâturage comme ayant un effet significativement différent sur la composition, à la fois en papillons et en végétaux, par rapport à la fauche ou à aucune intervention.

Concernant les papillons, il semble que le pâturage favorise davantage ceux avec des traits de spécialistes : on note une augmentation du pourcentage de petits papillons, de papillons monovoltins et de ceux sensibles à la diminution de la disponibilité florale. Si on considère que le pâturage est un mode de gestion moins intensif que la fauche (ce qui est recevable notamment en milieu urbain puisque le pâturage est souvent utilisé comme « tondeuse naturelle » et non pas dans une logique de filière) il est alors possible d'expliquer ces résultats. En effet, dans les milieux très perturbés, les communautés de papillons vont être dominées par des papillons souvent grands, leur permettant ainsi d'aller (re)coloniser un nouvel habitat suite à une perturbation (Stevens et al. 2010). Il paraît alors logique que les milieux moins perturbés, qu'incarneraient les prairies pâturées, favorisent des papillons plutôt de petite taille.

De la même manière, Altermatt (2010) a montré que les communautés de papillons des prairies gérées de manière intensive produisaient plus de générations par an. En effet, ces prairies sont soumises à de fréquentes perturbations et les papillons ne peuvent pas compter sur une seule génération par an pour assurer leur descendance, car le risque de mortalité avant la transformation est d'autant plus forte que la gestion est intensive. Ici, dans les prairies pâturées, le taux de papillons monovoltins, c'est-à-dire ne produisant qu'une génération par an, augmente car le pâturage ne détruit pas autant l'habitat et donc les chenilles.

Enfin, pour expliquer l'impact de la diminution de la disponibilité florale, on peut considérer que le pâturage est moins « brutal » qu'une fauche pour la disponibilité florale. Là où une fauche va couper toutes les fleurs en quelques minutes, les animaux vont pâturer petit à petit et le nombre de fleurs va diminuer plus lentement (suivant la charge de pâturage) voire même ne jamais être totalement nulle, puisque certaines plantes ne seront pas mangées par les animaux. Ainsi, il apparaît logique que les papillons sensibles à la diminution de la disponibilité florale soit plus nombreux dans les prairies pâturées. En revanche, une contradiction apparaît avec les prairies qui ne font l'objet d'aucune gestion. En effet, si le raisonnement précédent est suivi, ces dernières devraient favoriser autant voire davantage que les prairies fauchées les papillons sensibles. Ceci peut s'expliquer par le fait que les prairies non gérées ne sont globalement pas accueillantes pour les papillons sensibles à la disponibilité



florale car ils présentent d'autres traits non adaptés à ce type de milieu. De plus, la prairie peut être considérée comme un habitat optimal pour les papillons dans le sens où elles offrent un grand nombre d'espèces. En revanche, dans les espaces non gérées le nombre d'espèces est moindre et par conséquent la disponibilité florale également.

L'absence de fauche a une influence sur le pourcentage de papillons non migrateurs et le degré de spécialisation à l'habitat pour lesquels l'absence de fauche a une influence négative. Cette absence de gestion semble donc défavoriser la présence de papillons avec certains traits de spécialiste.

Lorsque les prairies sont entretenues, c'est dans le but de maintenir un habitat spécifique. En effet, si une prairie est laissée sans entretien, elle va évoluer plus ou moins vite (selon les conditions environnementales) vers un fourré. C'est pourquoi en l'absence de gestion, l'habitat change et les papillons très liés à un habitat en sont alors impactés négativement. De la même manière, les papillons non migrateurs sont également très dépendants des conditions environnementales du milieu, contrairement à ceux qui peuvent migrer et donc trouver d'autres types de milieu qui leurs sont adaptés.

#### *4.1.1.2 Une fréquence de fauche peu intense : des effets mitigées sur les papillons avec des traits de spécialistes mais des prairies plus typiques*

Une fréquence de fauche annuelle défavorise les petits papillons et les papillons monophages c'est-à-dire deux traits de spécialiste. Si on considère qu'une fauche annuelle est une gestion moins intensive que plus d'une fauche par an, les résultats sont en désaccord avec ceux présentés précédemment et plus globalement avec la littérature, où il est attendu qu'un entretien moins fréquent favorise plutôt des papillons spécialistes. Plus globalement, d'après Johst et al. (2006), deux fauches par an (avec la seconde durant la période de vol) auraient des répercussions néfastes à la fois sur la diversité et l'abondance des papillons. Concernant, l'influence de la fréquence de fauche sur les traits des papillons, peu d'études ont été menées jusqu'à aujourd'hui.

En revanche, pour la typicité des prairies, les résultats sont plus lisibles. Il y a une augmentation du pourcentage d'espèces prairiales lorsque la hauteur moyenne des prairies est entre 50 cm et 1 m. Ceci correspond donc à une fréquence de fauche peu intensive. Ceci paraît cohérent avec la définition du milieu prairial qui pour se maintenir nécessite une intervention, mais pas à une fréquence trop élevée sinon le milieu évoluerait vers un gazon.

#### *4.1.1.3 L'export des résidus de fauche rend les prairies plus typiques*

Un autre paramètre améliorant la typicité des prairies est l'export des résidus de fauche. L'export évite que les résidus de fauche ne se décomposent sur place et ne viennent enrichir le sol en nutriments. Des sols trop riches en nutriments vont seulement être colonisés par des plantes affectionnant ces sols.

#### 4.1.2 Rôle du contexte paysager

Il a été montré que le contexte paysager influençait deux traits des végétaux : l'offre en nectar et le pourcentage d'espèces prairiales. Pour le premier, il semble qu'un contexte vert permette d'avoir des prairies offrant plus de nectar, c'est-à-dire des espèces très mellifères\*. Le rôle paysager sur les papillons n'a pas été directement étudié mais grâce à ce résultat un rapprochement peut être fait avec les pollinisateurs en général. En effet, si l'offre en nectar est plus importante dans des prairies inscrites dans un paysage vert, les pollinisateurs seront plus attirés. Ainsi, un contexte vert autour d'une prairie favorisera l'abondance des pollinisateurs.

Concernant la typicité des prairies, l'augmentation des espèces prairiales dans les prairies en contexte vert peut s'expliquer par le fait qu'elles sont protégées des possibles perturbations par les milieux qui les entourent qui agissent ainsi comme des tampons. En effet, les prairies en contact direct avec le milieu urbain ou agricole, peuvent être plus impactées par les perturbations liées aux activités anthropiques comme le piétinement ou sont peut être également gérées plus intensivement. Ainsi, il apparaît cohérent que les prairies en contexte vert présentent une meilleure typicité.

#### 4.1.3 Rôle de deux caractéristiques des prairies : l'âge et la surface

Plus les prairies sont grandes moins elles présentent d'espèces annuelles, elles semblent donc moins perturbées. Cela peut s'expliquer par le fait que, pour les grandes prairies, même s'il y a une source de perturbations comme du piétinement par exemple elle sera répartie sur une plus grande surface et aura donc moins d'impact à l'échelle de l'ensemble de la parcelle.

Enfin, concernant la typicité, elle semble augmenter avec l'âge des prairies puisque les résultats ont montré que les prairies les plus récentes présentaient moins d'espèces prairiales.

### 4.2 Limites des analyses effectuées

La première limite de cette étude est le jeu de données. Tout d'abord le protocole *Florilèges – prairies urbaines* est encore récent puisqu'il n'a débuté qu'en 2014. Pour les analyses faites ici, seules les données de la phase pilote de 2014, de 2015 et des premières saisies de données de l'année 2016 ont pu être utilisées. Ceci reste assez faible notamment en comparaison avec les six années de données du protocole *Propage*.

Pour les données issues du protocole *Propage*, ce n'est pas le nombre d'années d'échantillonnage qui est limitant mais plutôt le nombre de papillons échantillonnés. En effet, seules 41 groupes ou espèces ont été échantillonnées ce qui ne représente qu'un peu plus de 1,5 % de l'ensemble des rhopalocères de France<sup>14</sup>. Cela est dû en partie au choix du protocole qui cible les espèces principales rencontrées dans ces milieux. En revanche même s'il est possible pour les observateurs de renseigner

---

<sup>14</sup> Information issue de : [http://www.insectes.org/insectes/questions-reponses.html?id\\_quest=858](http://www.insectes.org/insectes/questions-reponses.html?id_quest=858)

des individus non présents dans la liste du protocole, seulement une dizaine de plus ont été renseignées. Par ailleurs, une des vraies faiblesses du protocole *Propage* pour l'analyse de traits réside dans le fait que, sur la liste, 13 propositions de papillons ne sont pas déterminés jusqu'à l'espèce. Et pour un même genre, les espèces présentent des traits différents. Ainsi, ce manque de précision a amené à ne faire l'analyse que sur 24 espèces, ce qui est très peu, d'autant plus que par la suite certaines modalités de traits n'étaient représentées que par quelques individus voire pas représentées du tout comme la dispersion faible par exemple.

Plus globalement, dans le cas des deux protocoles, les renseignements sur l'environnement et les pratiques de gestion manquent. Pour le protocole *Florilèges – prairies urbaines*, il est possible que cela soit due à la jeunesse du protocole alors que pour le *Propage* c'est plus globalement lié à un manque de précisions dans le protocole concernant la description des habitats. Par ailleurs certaines pratiques, comme le pâturage notamment, sont sous-représentées. Or le pâturage est un des paramètres qui est souvent ressorti lors des modèles statistiques réalisés. Il est donc possible que son poids ait été surestimé par rapport au pourcentage des prairies qu'il représente. Il faut donc prendre ses résultats avec précaution et voir leur évolution dans le temps.

## Conclusion

La combinaison de la création d'une base de données sur les traits écologiques des plantes et des papillons et de l'analyse des données sur ces deux groupes taxonomiques issues de deux programmes de sciences participatives s'est révélée fructueuse pour la compréhension des effets des pratiques de gestion sur les communautés végétales et les papillons dans les espaces verts urbains. La base de données ainsi créée regroupe huit traits pour 100 espèces de papillons et concernant les 1 600 espèces de plantes d'Île-de-France le taux de remplissage moyen pour les 21 traits récoltés est de 72 %. A la fin de ce stage, la base de données est fonctionnelle et il est possible de faire des requêtes. En revanche, une phase de développement sera nécessaire par la suite afin de construire une interface pour qu'elle puisse être consultée et alimentée avec de nouveaux traits.

L'analyse des données de *Florilèges – prairies urbaines* et *Propage* via les traits a mis en évidence les bénéfices et les désavantages de certaines pratiques de gestion sur les plantes et les papillons. Le pâturage ressort comme une pratique plus favorable pour les papillons ayant des traits de spécialistes mais également pour les prairies dont la typicité augmente. Ce mode de gestion est encore peu représenté dans les milieux urbains, comme le montre les données des deux protocoles, même si quelques gestionnaires commencent à adopter cette pratique. En revanche, la mise en place d'animaux pour l'entretien d'espaces verts reste souvent compliquée en milieu urbain notamment vis-à-vis de la gestion du troupeau (surveillance quotidienne, soins vétérinaires...). Concernant la fauche et sa fréquence sur les prairies, les résultats restent contrastés.

L'étude a permis de mettre en évidence les effets de pratiques de gestion et du contexte paysager mais ne s'est pas intéressée à ceux des effets plus globaux de l'urbanisation, notamment sur les plantes évoquées au début de cette étude, ni à ceux de la hausse des températures en ville ou des plus fortes concentrations en certains gaz. Pour cela, il aurait été nécessaire de comparer des données issues du milieu urbain et du milieu rural ce qui n'est pas possible avec le protocole *Florilèges – prairies urbaines* puisque les relevés réservés espaces verts des villes. Cette comparaison pourrait par la suite faire l'objet d'une nouvelle étude.

Enfin, concernant la base de données, en plus de servir à différentes études, elle devrait accueillir des données sur les pollinisateurs sauvages. En effet, un projet entre la région Île-de-France, les Parcs Naturels Régionaux franciliens et Natureparif en collaboration avec l'OPIE (Office pour les insectes et leur environnement) devrait être lancé pour identifier la nature des communautés de pollinisateurs.

# Bibliographie

## Articles et ouvrages (par ordre alphabétique)

- Altermatt F. 2010. Tell me what you eat and I'll tell you when you fly: Diet can predict phenological changes in response to climate change. *Ecology Letters*, 13, 1475–1484.
- Bocci G. 2015. TR8: an R package for easily retrieving plant species traits. *Methods in Ecology and Evolution*, 6(3):347-350.
- Börschig C., Klein A.-M., von Wehrden H., Krauss J. 2013. Traits of butterfly communities change from specialist to generalist characteristics with increasing land-use intensity. *Basic and Applied Ecology* 14, 547-554.
- Culley T.M., Weller S.G., Sakai A.K. 2002. The evolution of wind pollination in angiosperms. *Trends in Ecology & Evolution*. Vol 17, Issue 8, p361-369.
- Cizek L., Fric Z., & Konvicka M. 2006. Host plant defences and voltinism in European butterflies. *Ecological Entomology*, 31, 337–344.
- De Candido R. 2004. Recent changes in plant species diversity in urban Pelham Bay Park, 1947-1988. *Biological Conservation* 120: 129-36
- Dennis R.L.H., Hodgson J.G., Grenyer R., Shreeve T.G. & Roy D.B. 2004. Host plant and butterfly biology. Do host-plant strategies drive butterfly status? *Ecological Entomology*, 29, 12-26.
- Díaz S., Cabido M. & Casanoves F. 1998. Plant functional traits and environmental filters at a regional scale. *Journal of Vegetation Science* 9: 113-122.
- Díaz S., Lavorel S., McIntyre S., Falczuk V., Casanoves F., Michulnas D. G., Skarpe C., Rusch G., Sternberg M., Noy-Meir I., Landsberg J., Zhang W., Clarks H. & Campbell B.C. 2007. Plant trait responses to grazing - a global synthesis. *Global Change Biology*, 12: 1-29.
- Ellenberg, H. 1988. *Vegetation Ecology of Central Europe*, 4 edn. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Feber R.E., Smith H. & Macdonald D.W. 1996. The effects on butterfly abundance of the management of uncropped edges of arable fields. *J. Appl. Ecol.* pp. 1191–1205
- Flacher F., Raynaud X., Hansart A., Motard E., Dajoz I. 2015. Competition with wind-pollinated plant species alters floral traits of insect-pollinated plant species. *Scientific Reports*. 5, 13345; doi: 10.1038/srep13345.
- Gargominy O., Terceire S., Régnier C., Ramage T., Schoelincq C., Dupont P., Vandel E., Daszkiewicz P. & Poncet L. 2015. TAXREF v9.0, référentiel taxonomique pour la France : méthodologie, mise en œuvre et diffusion. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. Rapport SPN 2015 – 64. 126 pp.
- Garnier E., Navas M.-L., Grigulis K. 2016. *Plant Functional Diversity: Organism Traits, Community Structure, and Ecosystem Properties*. Oxford University Press. 256 p.
- Gilbert, O. L. 1989. *The Ecology of Urban Habitats*. London, Chapman and Hall, 369 p.

- Grime J. 1974. Vegetation classification by reference to strategies, *Nature* 250, 26-31.
- Grimm Nancy B., Grove J. Morgan, Pickett Steward T. A., Redman Charles L. 2000. Integrated Approaches to Long-Term Studies of Urban Ecological Systems. *BioScience*; Jul2000, Vol. 50 Issue 7, p571.
- Hill M.O., Mountford J.O., Roy D.B. & Bunce R.G.H. 1999. Ellenberg's indicator values for British plants. ECO FACT Volume 2 technical annex. Institute of Terrestrial Ecology, Huntingdon.
- Jauzein P. & Nawrot O. 2011. Flore d'Île-de-France. Editions Quae. 972p.
- Johst K., Drechsler M., Thomas J., Settele J. 2006. Influence of mowing on the persistence of two endangered large blue butterfly species. *J. Appl. Ecol.*, 43, pp. 333–342
- Kaasha N., Jianguo W. 2006. Effects of urbanization on plant flowering phenology: A review. *Urban Ecosystem* 9:243-257.
- Kahmen S., Poschlod P., 2008. Effects of grassland management on plant functional trait composition. *Agric. Ecosyst. Environ.* 128, 137–145.
- Kardel F., Wuyts K., Babanezhad M., Vitharana U.W.A., Wuytack T., Potters G., Samson R. 2010. Assessing urban habitat quality based on specific leaf area and stomatal characteristics of *Plantago lanceolata* L. *Environmental Pollution* 158, 788–794
- Kleyer M. 1999. Distribution of plant functional types along gradients of disturbance intensity and resource supply in an agricultural landscape. *Journal of Vegetation Science*. Vol 10, Issue 5, p697-708.
- Knapp S., Kühn I., Wittig R., Ozinga W.A., Poschlod P., Klotz S. 2008. Urbanization causes shifts in species' trait state frequencies. *Preslia* 80:375–388.
- Lavorel S. 2013. Plant functional effects on ecosystem services. *Journal of Ecology* 101: 4–8.
- Lavorel S., McIntyre S., Landsberg J. & Forbes T.D.A. 1997. Plant functional classifications: from general groups to specific groups based on response to disturbance. *Trend in Ecology and Evolution* 12: 474-478.
- Lavorel S. & Garnier E. 2002. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology* 16: 546-556.
- Marion B. 2010. Impact du pâturage sur la structure de la végétation : Interactions biotiques, traits et conséquences fonctionnelles. domain other. Université Rennes 1. Français.
- McDonnell M. J. 2011. The history of urban ecology – An ecologist's perspective. In *Urban Ecology: patterns, processes, and applications* de Niemelä J, 5-13.
- Miller J.R., Hobbs R. 2002. Conservation where people live and work. *Conservation Biology* 16 : 330-337.
- Nock C.A., Vogt R.J., Beisner B.E. 2016. Functional traits. In: eLS. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester. DOI: 10.1002/9780470015902.a0026282

- Ordoñez J.C., van Bodegow P.M., Witte J-P.M., Wright I.J., Reich P.B., Aerts R. 2009. A global study of relationships between leaf traits, climate and soil measures of nutrient fertility. *Global Ecology and Biogeography*, 18, 137-149.
- Pauchard A, Aguayo M, Peña E, Urrutia R. 2006. Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: the case of fast-growing metropolitan area (Concepcion, Chile). *Biological Conservation* 127: 272-81.
- Pausas J.G., Bradstock R.A., Keith D.A., Keeley J.E. & the GCTE (Global Change of Terrestrial Ecosystems) fire network. 2004. Plant functional traits in relation to fire in crown-fire ecosystems. *Ecology* 85: 1085-1100.
- Pfester H., Weiß L., Müller J., Boch S., Socher S.A., Prati D., Schöning I., Weisser W., Fischer M. & Jeltsch F. 2012. Community mean traits as additional indicators to monitor effects of land-use intensity on grassland plant diversity. Perspectives in *Plant Ecology, Evolution and Systematics* 15 1– 11.
- Raunkiaer C., Oxford U. 1934. *The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography*. Oxford University Press.
- Smith T.M., Shugart H.H. & Woodward F.I. 1996. *Plant functional types*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Stevens V. M., Turlure C., & Baguette M. 2010. A meta-analysis of dispersal in butterflies. *Biological Reviews*, 85, 625–642.
- Sukopp H. & Hejny S. 1990. *Urban Ecology, Plants and Plant Communities in Urban environments*. Hague, Netherlands, SPB Académie Publishing, 276 p.
- Sukopp H., Wurzel A. 2003. The effect of climate change on the vegetation of Central European cities. *Urban habitats* 1, 3-25.
- Thompson K., McCarthy M.A. 2008. Traits of British alien and native urban plants. *Journal of Ecology* 96, 853-859
- Violle C., Navas M.-L., Vile D., Kazakou E., Fortunel C., Hummel I. & Garnieret E. 2007. Let the concept of trait be functional! – *Oikos* 116: 882-892.

#### Sites internet et ressources en ligne (par ordre d'apparition dans le texte)

- Dossier de presse : Etat de santé de la biodiversité en Île-de-France – Apport des programmes de sciences participatives Vigie-Nature. Muratet A. 2016. Disponible sur : [http://www.natureparif.fr/attachments/observatoire/Indicateurs/2016/DP\\_Indicateurs\\_biodiversite\\_2016\\_BD.pdf](http://www.natureparif.fr/attachments/observatoire/Indicateurs/2016/DP_Indicateurs_biodiversite_2016_BD.pdf) - Consulté le : 01/06/16
- Natureparif. Les missions de Natureparif. Disponible sur : <http://www.natureparif.fr/a-propos-de-natureparif/missions-de-natureparif> - Consulté le : 27/06/16

Référentiel de gestion écologique des espaces verts – EcoJardin (édition 2014). Plante & Cité.  
Disponible sur : [http://www.ecoledubreuil.fr/sites/default/files/03-documents/2015\\_01\\_12\\_referentiel\\_web.pdf](http://www.ecoledubreuil.fr/sites/default/files/03-documents/2015_01_12_referentiel_web.pdf) - Consulté le 22/08/16

ECOMOS 2008, IAU Île-de-France. Disponible sur : <http://www.iau-idf.fr/iau-et-vous/cartes-donnees/open-data/donnees.html> - Consulté le : 11/08/16

Groupe de travail sur les prairies urbaines et naissance du programme « Florilèges - prairies urbaines ». Lehane F. et Muratet A. 2014 - Le Biodiversitaire 6:102-106. Disponible sur : <http://www.audreymuratet.com/pdf/Biodiversitaire6.pdf> - Consulté le : 20/05/16

Vigie-Nature. Le programme Vigie-Nature. Disponible sur : <http://vigienature.mnhn.fr/page/le-programme-vigie-nature> - Consulté le 28/06/16

Propage. Un protocole de suivi des papillons de jour pour les gestionnaires d'espaces. Disponibles sur : <http://propage.mnhn.fr/> - Consulté le : 22/08/16

Fiche protocole *PROPAGE*. Noé et MNHN. Disponible sur : <http://propage.mnhn.fr/sites/propage.mnhn.fr/files/Fiche-Protocole.pdf> - Consulté le : 30/06/16

Guide d'accompagnement au protocole *Florilèges – prairies urbaines*. Disponible sur [http://www.florileges.info/images/pdf/Guide-protocole\\_WEB.pdf](http://www.florileges.info/images/pdf/Guide-protocole_WEB.pdf) : - Consulté le 26/06/16

Florilèges. Volet prairies – urbaines. Disponibles sur : <http://propage.mnhn.fr/> - Consulté le 22/08/16

Bilan patrimonial des réserves naturelles d'Île-de-France. Briard J. 2014. Natureparif. Paris. 76p.  
Disponible sur : [http://www.driea.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Bilan-RN-IDF-2014\\_cle2d7bc9.pdf](http://www.driea.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Bilan-RN-IDF-2014_cle2d7bc9.pdf) - Consulté le : 22/08/16

Étude des migrations de papillons en France. Antoine Lévêque. 2003. Insectes n°128. Disponible sur : <http://www7.inra.fr/opie-insectes/pdf/i128leveque.pdf> - Consulté le : 25/08/16

OPIE. Office pour les Insectes et leur Environnement. FAQ : combien y a-t-il de papillons dans le monde ? Disponible sur : [http://www.insectes.org/insectes/questions-reponses.html?id\\_quest=858](http://www.insectes.org/insectes/questions-reponses.html?id_quest=858) – Consulté le 26/08/16



## Liste des contacts

Laura ALBARIC	ODBU
Vanessa DAMIANTHE	Dessinatrice
Hervé DANIEL	Agrocampus Ouest
Gaëtan DUHAMEL	Plante & Cité
Pascal DUPONT	MNHN
Anne Laure GOURMAND	MNHN
Marianne HEDONT	Plante & Cité
Pierre Luc MARCHAL	MNHN
Audrey MURATET	Natureparif
Emmanuelle PORCHER	MNHN
Maëlle RAMBAUD	CBNBP
Charlotte ROUCHON	Natureparif
Hervé SAUQUET	Université Paris Sud
Mustapha TAQARORT	Natureparif

## Table des annexes

<i>Annexe 1 : Liste des espèces à identifier dans le protocole Propage.....</i>	<i>57</i>
<i>Annexe 2 : Liste des 60 espèces à identifier dans le protocole Florilèges – prairies urbaines .....</i>	<i>58</i>
<i>Annexe 3 : Clé de détermination des Poacées.....</i>	<i>59</i>
<i>Annexe 4 : Script R pour la recherche des traits d'une sélection d'espèces.....</i>	<i>60</i>
<i>Annexe 5 : Exemple d'une requête dans la base de données Traffif .....</i>	<i>61</i>
<i>Annexe 6 : Schéma récapitulatif de la saisie de données dans la base Traffif.....</i>	<i>62</i>
<i>Annexe 7 : Exemple du calcul de l'indice moyen de nitrophilie pour une prairie.....</i>	<i>63</i>

# Annexes

## Annexe 1 : Liste des espèces à identifier dans le protocole Propage



Identifiant Transect : ..... Observateur : .....

Longueur (mètres) : ..... Habitat (se référer à la fiche habitats) : n° .....

Parcourez le transect choisi aux heures les plus chaudes de la journée (entre 11h et 17h). Notez le nombre total d'individus pour chaque espèce le long du transect.

	Période	1er juin	5 juillet	10 août
	Date réelle			
	Heure de début / fin			
	Température à l'ombre (°C)			
	Couverture nuageuse *			
	Force du vent **			
Machaon	<i>Papilio machaon</i>			
Flambé	<i>Iphiclides podalirius</i>			
Silène	<i>Brintesia circe</i>			
Demi-Deuil	<i>Melanargia galathea</i>			
Myril	<i>Maniola jurtina</i>			
Tristan	<i>Aphantopus hyperanthus</i>			
Mégère ou Némusien	<i>Lasiommata</i> spp.			
Tircis	<i>Pararge aegeria</i>			
Procris	<i>Coenonympha pamphilus</i>			
Fadets	<i>Coenonympha</i> spp.			
Moirés	<i>Erebia</i> spp.			
Amaryllis	<i>Pyronia tithonus</i>			
Cuivrés	<i>Lycaena</i> spp.			
Argus vert	<i>Callophrys rubi</i>			
Azuré des nerpruns	<i>Celastrinia argiolus</i>			
Brun des Pélargoniums	<i>Cacyreus marshalli</i>			
Azuré porte-Queue	<i>Lampides boeticus</i>			
Lycènes bleus	<i>Polyommatus</i> spp.			
Petit Mars changeant	<i>Apatura</i> spp.			
Hésérides orangées	<i>Thymelicus</i> spp.			
Hésérides tachetées	<i>Pyrgus</i> spp.			
Sylvain azuré	<i>Limenitis reducta</i>			
Gazé	<i>Aporia crataegi</i>			
Citron	<i>Gonepteryx rhamni</i>			
Marbrés	<i>Pontia</i> spp.			
Souci	<i>Colias crocea</i>			
Piérides blanches	<i>Pieris</i> spp.			
Fluorés - Colias jaunes	<i>Colias</i> spp.			
Belle-Dame	<i>Cynthia cardui</i>			
Robert le Diable	<i>Polygonia c-album</i>			
Vulcain	<i>Vanessa atalanta</i>			
Paon du jour	<i>Inachis io</i>			
Grande Tortue	<i>Nymphalis polychloros</i>			
Petite Tortue	<i>Aglais urticae</i>			
Tabac d'Espagne	<i>Argynnis paphia</i>			
Carte géographique	<i>Araschnia levana</i>			
Petits Nacrés	<i>Issoria, Clossiana</i> spp.			
Mélitées	<i>Melitae et Melicta</i> spp.			
Autres papillons				

\* Couverture nuageuse : Ciel dégagé Soleil voilé 0/25% 25/50% 50/75% 75/100%

\*\*Force du vent : 0 km/h 1-5 km/h 6-11 km/h 12-19 km/h 20-28 km/h 29-38 km/h

Annexe 2 : Liste des 60 espèces à identifier dans le protocole Florilèges – prairies urbaines

Nombre de tiges de ligneux

	Quadrats 1 <sup>er</sup> lot					Quadrats 2 <sup>e</sup> lot					+
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Plantes du guide

Nom latin	Nom commun	Quadrats 1 <sup>er</sup> lot					Quadrats 2 <sup>e</sup> lot					+
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Achillea millefolium</i>	Achillée millefeuille											
<i>Agrostis capillaris</i>	Agrostide capillaire											
<i>Agrostis stolonifera</i>	Agrostide stolonifère											
<i>Anacamptis pyramidalis</i>	Orchis pyramidal											
<i>Anisantha sterilis</i>	Brome stérile											
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Flouve odorante											
<i>Arctium lappa</i>	Grande bardane											
<i>Arctium minus</i>	Bardane à petites têtes											
<i>Arrhenatherum elatius</i>	Fromental élevé											
<i>Bellis perennis</i>	Pâquerette											
<i>Campanula rapunculus</i>	Campanule raiponce											
<i>Centaurea jacea</i> Gr.	Centaurées jacées											
<i>Cerastium fontanum</i> subsp. <i>vulgare</i>	Céraiste des fontaines											
<i>Chenopodium album</i>	Chénopode blanc											
<i>Cirsium arvense</i>	Cirse des champs											
<i>Cirsium vulgare</i>	Cirse commun											
<i>Convolvulus arvensis</i>	Liseron des champs											
<i>Dactylis glomerata</i>	Dactyle aggloméré											
<i>Daucus carota</i>	Carotte sauvage											
<i>Festuca rubra</i> Gr.	Fétuques rouges											
<i>Geranium dissectum</i>	Géranium disséqué											
<i>Heraclium sphondylium</i>	Berce commune											
<i>Holcus lanatus</i>	Houlque laineuse											
<i>Hypochaeris radicata</i>	Porcelle enracinée											
<i>Jacobaea vulgaris</i>	Séneçon jacobée											
<i>Knautia arvensis</i>	Knautie des champs											
<i>Lathyrus pratensis</i>	Gesse des prés											
<i>Leucanthemum vulgare</i>	Marguerite commune											

Plantes du guide (suite)

Nom latin	Nom commun	Quadrats 1 <sup>er</sup> lot					Quadrats 2 <sup>e</sup> lot					+
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Lolium perenne</i>	Ivraie vivace											
<i>Lotus corniculatus</i>	Lotier corniculé											
<i>Medicago lupulina</i>	Luzerne lupuline											
<i>Medicago sativa</i> subsp. <i>sativa</i>	Luzerne cultivée											
<i>Melilotus albus</i>	Mélicot blanc											
<i>Ophrys apiifera</i>	Ophrys abeille											
<i>Pastinaca sativa</i>	Panais cultivé											
<i>Picris hieracioides</i>	Picride fausse éperviaire											
<i>Phleum pratense</i>	Fléole des prés											
<i>Plantago lanceolata</i>	Plantain lancéolé											
<i>Plantago major</i> subsp. <i>major</i>	Grand plantain											
<i>Poa pratensis</i>	Pâturin des prés											
<i>Potentilla reptans</i>	Potentille rampante											
<i>Poterium sanguisorba</i>	Petite pimprenelle											
<i>Prunella vulgaris</i>	Brunelle commune											
<i>Ranunculus acris</i>	Renoncule âcre											
<i>Ranunculus bulbosus</i>	Renoncule bulbeuse											
<i>Ranunculus repens</i>	Renoncule rampante											
<i>Rumex acetosa</i>	Oseille des prés											
<i>Rumex obtusifolius</i>	Patience à feuilles obtuses											
<i>Poterium sanguisorba</i>	Petite pimprenelle											
<i>Schedonorus arundinaceus</i>	Fétuque faux-roseau											
<i>Silene latifolia</i> subsp. <i>alba</i>	Compagnon blanc											
<i>Tanacetum vulgare</i>	Tanaïse commune											
<i>Taraxacum</i> section <i>ruderalia</i>	Pissenlit											
<i>Tragopogon pratensis</i>	Salsifis des prés											
<i>Trifolium fragiferum</i>	Trèfle porte-fraises											
<i>Trifolium pratense</i>	Trèfle des prés											
<i>Trifolium repens</i>	Trèfle rampant											
<i>Trisetum flavescens</i>	Avoine dorée											
<i>Urtica dioica</i>	Ortie dioïque											
<i>Verbascum thapsus</i>	Molène bouillon-blanc											
<i>Vicia segetalis</i>	Vesce des moissons											



```
library(xlsx)

#chargement des traits collectés
my_data <- read.table("couleur.csv",sep=";", header = T)
#chargement des espèces que l'on souhaite récupérer
my_data2 <- read.xlsx("Liste_florif.xlsx",1,header = T)

colnames(my_data)
colnames(my_data2)

#recherche les espèces dans la liste de trait
ind <- is.element(my_data[,1],my_data2[,6])

trait_florif <- my_data[ind,]

#création du fichier avec les traits des 1600 espèces
write.xlsx(trait_florif,file = "couleur_fleur.xlsx")
```

Annexe 5 : Exemple d'une requête dans la base de données Traffif

```
SELECT trt_especes_modalites.Cd_espece,  
       trt_especes.Especes,  
       trt_modalites.Modalite,  
       trt_modalites.Id_trait,  
       trt_traits.Trait,  
       trt_sources.Source,  
       trt_saisie.Nom,  
       trt_references.Referenc  
FROM ( ( ( ( ( trt_especes_modalites trt_especes_modalites  
              JOIN  
                trt_sources trt_sources  
              ON (trt_especes_modalites.Id_source = trt_sources.Id_source))  
            JOIN  
              trt_modalites trt_modalites  
            ON (trt_especes_modalites.Id_trait = trt_modalites.Id_trait)  
              AND (trt_especes_modalites.Id_modalite = trt_modalites.Id_modalite))  
        JOIN  
          trt_especes trt_especes  
        ON (trt_especes_modalites.Cd_espece = trt_especes.Cd_nom))  
    JOIN  
      trt_traits trt_traits  
    ON (trt_especes_modalites.Id_trait = trt_traits.Id_trait))  
    JOIN  
      trt_saisie trt_saisie  
    ON (trt_especes_modalites.Id_saisie = trt_saisie.Id_saisie))  
    JOIN  
      trt_references trt_references  
    ON (trt_especes_modalites.Id_reference = trt_references.Id_reference)
```

where

```
trt_especes.Especes in ('Geranium purpureum')
```

```
AND
```

```
trt_traits.Trait = 'Deb_floraison'
```

```
-- AND
```

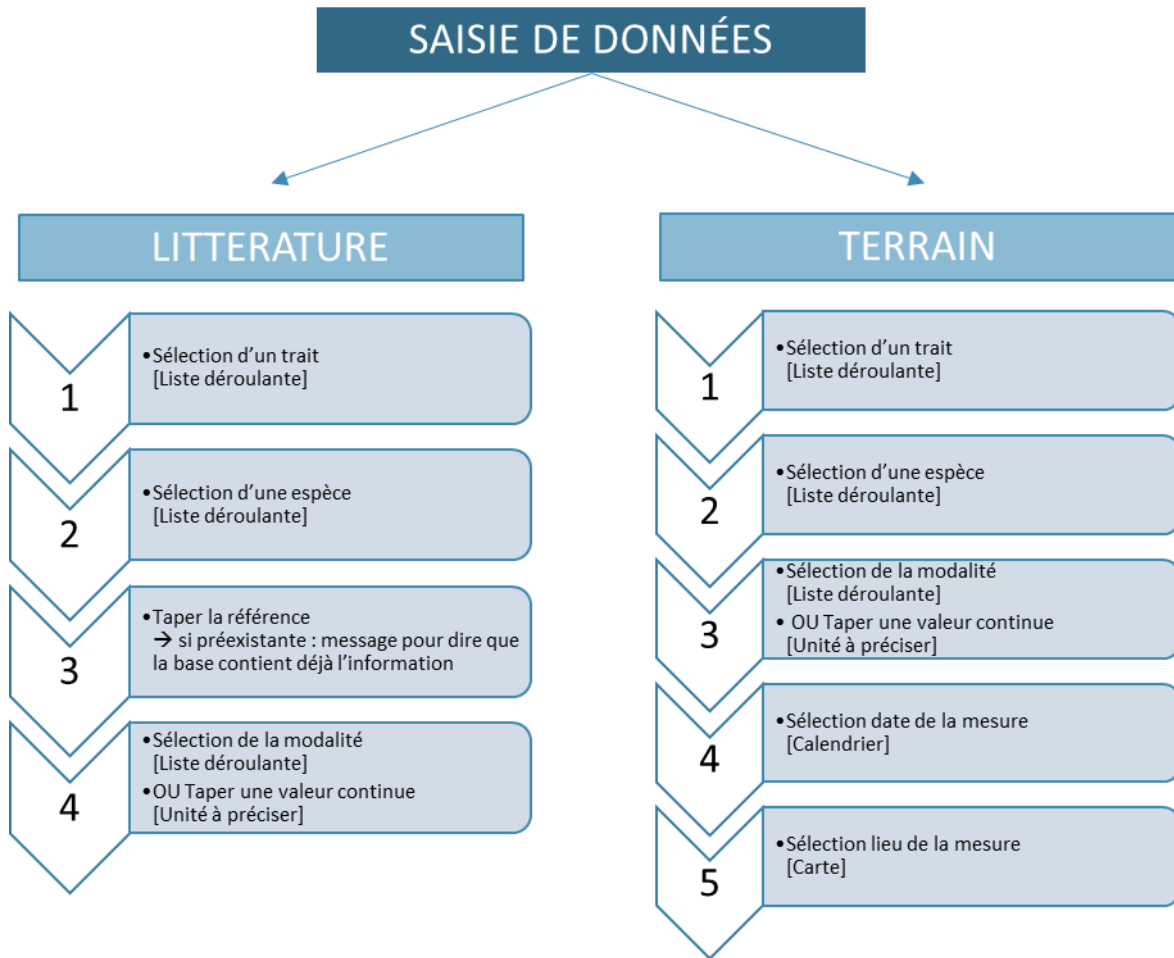
```
-- trt_modalites.Modalite = 'juin'
```

```
-- AND
```

```
-- trt_sources.Source = ''
```

```
-- AND
```

```
-- trt_references.Referenc = 'Julve|
```





Annexe 7 : Exemple du calcul de l'indice moyen de nitrophilie pour une prairie

Espèces	Indice nitrophilie de l'espèce	Nombre d'individus de l'espèce observé
Lathyrus pratensis	5	7
Dactylis glomerata	6	10
Potentilla reptans	4	5
Plantago lanceolata	4	3
Holcus lanatus	5	6
Anthoxanthum odoratum	3	7
Arrhenatherum elatius	7	10
Alopecurus pratensis	7	1
Elytrigia repens	7	2
Vicia sativa	4	1
Vicia sepium	6	6

Pour calculer l'indice moyen de nitrophilie du site 41, on applique la formule suivante :

$$\text{Indice nitrophilie moyen} = \frac{\sum \text{Indice de nitrophilie} \times \text{nombre d'individus de l'espèce}}{\sum \text{nombre d'individus de l'espèce}}$$

Ici, on obtient

$$\begin{aligned} & \text{Indice nitrophilie moyen}_{41} \\ = & \frac{5 \times 7 + 6 \times 10 + 4 \times 5 + 4 \times 3 + 5 \times 6 + 7 \times 3 + 7 \times 10 + 7 \times 1 + 7 \times 2 + 4 \times 1 + 6 \times 6}{7 + 10 + 5 + 3 + 6 + 3 + 10 + 1 + 2 + 1 + 6} \\ & = \frac{309}{57} = 5,42 \end{aligned}$$

## Abstract

Functional traits are studied to better understand the response of fauna and flora communities where they are subjected to different environmental conditions. In urban area, these communities are exposed to anthropic pressures at different scales. A bibliographic review on the impact of these pressures on traits led to the identification of pertinent traits to study. Thus, the traits of 1,600 plant species of the North of France and the traits of 100 butterfly species has been collected and gathered in a database. Then, these traits have been used to analyze data from two citizen sciences programs intended for green area managers, *Florilèges – prairies urbaines* for the flora following and *Propage* for the butterfly following. The analysis tried to mainly understand the effects of management practices (mowing vs. grazing for example) on some traits of plants and butterflies.

**Key words:** biological and ecological traits; data base; urban meadow; green area management; data analysis

## Résumé

L'étude des traits fonctionnels est utilisée pour mieux comprendre la réponse des communautés végétales et animales aux différentes conditions environnementales auxquelles elles sont soumises. En milieu urbain, ces communautés sont exposées aux pressions anthropiques à différentes échelles. Une étude bibliographique sur l'influence de ces pressions sur les traits a été menée et a permis d'identifier les traits pertinents à étudier. Ainsi, les traits de 1 600 espèces de végétaux du Nord de la France et de 100 espèces de papillons d'Île-de-France ont été collectés puis regroupés dans une base de données. Ils ont ensuite été utilisés pour l'analyse des données de deux protocoles de sciences participatives destinés aux gestionnaires d'espaces verts, *Florilèges – prairies urbaines* pour le suivi de la flore et *Propage* pour celui des papillons. L'analyse a principalement cherché à comprendre les effets des différentes pratiques de gestion (fauche, pâturage par exemple) sur certains traits des végétaux et des papillons.

**Mots-clés** : traits biologiques et écologiques ; base de données ; prairies urbaines ; gestion des espaces verts ; analyse de données