

M2 Espace et Milieux  
Promotion 2018-2019

## Adapter la gestion des prairies urbaines en faveur de la végétation



Auteur du document : Gallois Amandine

Tutrice de stage : Muratet Audrey

Tutrice scientifique : Genet Patricia

Structure d'accueil : Agence Régionale de la Biodiversité en Île-de-France (ARB îdF) – Département Biodiversité de l'Institut Paris Région

Responsables universitaires : François Bouteau, Etienne Grésillon et Denis Chartier

## Remerciements

Cette étude est une réussite grâce au soutien de nombreuses personnes que je souhaite, ici, remercier. Sans leur aide, je n'aurais pas été en mesure de mener à bien ce stage. Mes remerciements vont,

A l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île-de-France et plus particulièrement à la directrice de l'ARB, **Julie Collombat-Dubois**, pour m'avoir acceptée en tant que stagiaire dans son département.

A **Audrey Muratet**, chargée d'études flore, pour m'avoir plus que parfaitement encadrée, pour avoir partagé avec moi sa passion pour la flore, ses conseils pour mieux reconnaître les espèces, son enthousiasme et sa bonne humeur. Grâce à toi j'ai appris énormément de choses sur la flore urbaine et sur l'écologie urbaine en général. J'ai aussi eu l'occasion d'effectuer des formations à tes côtés et tu m'as laissée présenter le bilan de l'année pour me donner confiance en moi et me prouver que je pouvais le faire. Je te remercie sincèrement pour tous les moments passés avec toi, pour les partages de connaissances et d'expériences mais aussi pour avoir retenu tous les éléments dont je te parlais. Tu as pris du temps pour moi du début à la fin, même lorsque tu étais en vacances. Un simple texte dans les remerciements ne pourra jamais exprimer toute la gratitude que j'ai envers toi et la joie pour moi de t'avoir rencontrée.

A **Gilles Lecuir**, chargé d'études, pour m'avoir formée au SPIPOLL et m'avoir appris la stratégie pour atteindre des sommets.

A **Emir Kort** pour m'avoir conseillé depuis le M1, pour m'avoir accompagnée aux formations Florilèges, pour m'avoir aidée à réaliser les transects arthropodes sur GROOVES, pour sa relecture de mon mémoire, pour sa bonne humeur et surtout pour sa gentillesse.

A l'équipe des stagiaires et service civique **Christel Scagliola, Guillaume Hamon et Morgane Bernard** sans qui ce stage ne serait pas passé si vite. Pour leur aide dans la rédaction de mon mémoire, pour leur relecture, pour tout ce qui fait que ce stage était parfait avec eux. Grâce à eux, chaque jour, j'étais heureuse d'aller à l'ARB. Merci à Morgane de m'avoir permise de participer aux terrains de BiSEAU, à Christel de partager avec moi ses connaissances sur les pollinisateurs et à Guillaume de m'avoir appris à reconnaître certaines espèces d'arthropodes.

A toute **l'équipe de l'ARB** pour leur accueil chaleureux.

**Aux gestionnaires** qui ont participé au programme Florilèges-prairies urbaines et plus particulièrement à ceux qui ont participé aux formations pour leur enthousiasme, leur soif de connaissances et leurs questions. Je voulais aussi remercier les gestionnaires qui ont répondu à mes propres questions et qui ont pu m'aider dans la rédaction de ce mémoire.

A **Patricia Genet**, maître de conférence à l'Université Paris Diderot, pour m'avoir guidée dans la rédaction de ce mémoire.

A mes encadrants de master, **François Bouteau, Etienne Grésillon et Denis Chartier** pour leur soutien tout au long de l'année et pour l'aide qu'ils m'ont apportée lors des problèmes que j'ai pu rencontrer.

A mes camarades de promotion du Master E&M et plus particulièrement à **Abderaouf Ayad, Sarah Cardonnet, Clémence Gabriel, Nicolas Quaghebeur et Alice Rouffy** sans qui cette année n'aurait pas été aussi agréable et enrichissante.

A ma famille et à mes amis pour leur soutien moral et pour m'avoir poussée à postuler ce stage que je voulais faire. Un merci particulier à mon frère **Benjamin Gallois**, à **Laëtitia Bouvet** et à **Maxime Roger** pour leur relecture, la correction de l'orthographe et leur aide dans la rédaction de l'abstract.

Toute omission dans cette brève reconnaissance ne signifie pas un manque de gratitude.

Cordialement,

GALLOIS Amandine

## Table des matières

Remerciements .....	I
Introduction .....	1
1. La place des prairies urbaines dans la matrice urbaine .....	4
1.1 La matrice urbaine et les types d'espaces verts urbains étudiés .....	5
1.1.1 Le cœur de l'agglomération francilienne.....	5
1.1.2 Les prairies urbaines : le programme Florilèges-prairies urbaines.....	6
1.1.3 Les toitures végétalisées : l'étude GROOVES .....	9
1.1.4 Les zones d'agricultures urbaines : l'étude BiSEAU .....	12
1.2 L'analyse comparative des trois types d'espaces verts urbains.....	13
1.2.1 Le choix des traits éco-biologiques des végétaux .....	13
1.2.2 Les analyses statistiques .....	16
1.3 Les prairies urbaines, milieu original et stable .....	17
1.3.1 Des richesses spécifiques spontanées différentes .....	17
1.3.2 Les espèces les plus fréquentes, indicateurs de similarité ou de différence .....	18
1.3.3 Trois milieux originaux pour la biodiversité .....	20
2. L'influence des pratiques de gestion et du paysage sur la végétation des prairies urbaines .....	24
2.1 La méthode utilisée .....	24
2.1.1 L'Île-de-France, région au cœur du programme Florilèges-prairies urbaines.....	24
2.1.2 Des indicateurs adéquates.....	26
2.1.3 Les variables explicatives choisies.....	26
2.1.4 Des modèles linéaires généralisés mixtes.....	30
2.2 Des indicateurs influencés par les pratiques de gestion .....	31
2.2.1 Indicateurs écologiques .....	32
2.2.2 Indicateurs de perturbation.....	38
2.2.3 Indices d'interaction avec la faune .....	42
2.2.4 Des indicateurs et variables pertinents mais discutables .....	48
3. Les préconisations de gestion.....	50
3.1 Objectifs et questionnements des gestionnaires .....	50
3.1.1 Un objectif commun pour leurs prairies : l'accroissement de la biodiversité .....	50
3.1.2 Un questionnaire autour des pratiques de gestion et de leur influence.....	51
3.2 L'adaptation des pratiques de gestion pour la biodiversité .....	52

3.2.1	Le pâturage et la fauche coupée, pratiques favorables pour la biodiversité floristique .	52
3.2.2	La non-action sur une année et la fauche coupée, pratiques favorables pour la faune prairiale .....	53
3.2.3	Des pratiques adaptées à chaque prairie .....	53
3.3	Une communication indispensable pour l'acceptation citoyenne .....	54
Conclusion.....		56
Bibliographie.....		A
Webographie .....		E
Abréviations .....		F
Glossaire.....		G
Table des illustrations.....		I
Table des tableaux.....		K
Table des annexes.....		L
Annexes.....		M
Résumé.....		X
Abstract .....		X

## Introduction

Aujourd'hui, nous faisons face à une perte de biodiversité importante à l'échelle mondiale dont les causes résident dans l'action anthropique et le changement climatique. Les changements d'occupation du sol représentent la première cause d'extinction d'espèces (Balmford & Bond, 2005) et plus particulièrement l'urbanisation (McKinney, 2006). Ces changements amènent, en fonction des cas, à une fragmentation des habitats ou à leur destruction directe. La fragmentation des habitats est définie comme étant la transformation de grands espaces homogènes en de petits espaces hétérogènes séparés les uns des autres (Ewers & Didham, 2006). Les populations d'espèces, confrontées à des habitats réduits et non connectés les uns aux autres, deviennent de plus en plus petites et perdent de leur diversité génétique. Elles sont donc soumises à des stochasticités démographiques<sup>1</sup> et environnementales<sup>2</sup> qui peuvent les conduire à disparaître (Bonsall & Hastings, 2004). La destruction directe amène également au déclin voire à l'extinction d'espèces. L'urbanisation ajoute à ces effets celui de l'homogénéisation de la biodiversité à l'échelle mondiale (McKinney, 2006). Les espaces bâtis par l'Homme répondent aux demandes de celui-ci et sont tous très similaires à travers le monde. Ils forment un tissu continu de surfaces artificialisées semblables : routes, gratte-ciel, habitations individuelles, habitations collectives, etc.

Avec l'accroissement de la population humaine, les villes sont de plus en plus présentes sur la surface terrestre et occupent environ 2% de cette surface (Gago et al., 2013). Aujourd'hui, 55% de la population mondiale vit en milieu urbain (Organisation des Nations Unies, 2018). Dans les prochaines décennies, cette population urbaine devrait atteindre cinq milliards de personnes (Williams, Hahs, & Vesk, 2015). Ces zones urbaines vont donc s'étaler au détriment des espaces ruraux et des terres agricoles. En France, par exemple, entre 2006 et 2015, 600 millions d'hectares d'espaces naturels et de terres agricoles ont été transformés en espaces artificialisés (Observatoire National de la Biodiversité, 2019). Ces espaces anthropisés soumettent la flore, la faune et la fonge à des conditions de vie particulières : surfaces des habitats réduits et séparés entre eux par une matrice imperméable, pollutions (sonore, atmosphérique et lumineuse), surpopulation humaine, îlot de chaleur (Voogt & Oke, 2003). Les températures des villes sont plus élevées qu'en milieu rural. En effet, les surfaces imperméables et les matériaux utilisés pour la construction de bâtiments absorbent l'énergie solaire et la relâche sous forme de chaleur dans l'atmosphère (Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique Nord-Pas de Calais, 2014).

Jusqu'en 1970, ces milieux contraignants étaient perçus négativement par les scientifiques (Grimm et al., 2000) et étaient considérés comme des lieux « dénués de vie », au sein desquels les espèces végétales et animales étaient vouées à disparaître (Cochard, 2017). Grâce au programme Homme et Biosphère de l'Unesco en 1974<sup>3</sup>, le milieu urbain a commencé à intéresser les scientifiques. Ainsi, des études d'écologie urbaine ont émergé afin de comprendre les effets de l'urbanisation sur les communautés et populations d'espèces et sur leur dynamique spatiale et évolutive.

---

<sup>1</sup> Variations du taux de croissance liées à l'incertitude dans la survie, la reproduction et la dispersion de chaque individu

<sup>2</sup> Variations du taux de croissance liées aux variations aléatoires de l'environnement

<sup>3</sup> Disponible sur <http://www.unesco.org/new/fr/natural-sciences/environment/ecological-sciences/man-and-biosphere-programme/>



Les milieux urbains, étant de plus en plus vastes, peuvent constituer un élément important de la biodiversité mondiale (Dearborn & Kark, 2010). Il a été montré que les villes pouvaient accueillir une plus grande diversité d'espèces que les environnements voisins (Kowarik, 2011; Rees, Roe, & Georges, 2009) notamment grâce à leur grande variété d'habitats générée par la diversité des activités humaines (Muratet, Lorrillière, Clergeau, & Fontaine, 2013). Cette nature urbaine est essentielle pour la santé et le bien-être des citoyens (Fuller et al., 2007; Tzoulas et al., 2007). Par exemple, des études ont montré que le contact des citoyens avec des espaces verts, notamment avec le microbiote contenu dans ces espaces, permettrait l'amélioration de la santé humaine (Rook, 2013). La biodiversité urbaine permet également de purifier l'air et l'eau (Bolund & Hunhammar, 1999), de créer des espaces de loisirs, de nourrir les citoyens, etc. De plus, elle permet de faire face à « l'extinction d'expérience » de nature des citoyens (Miller, 2005). En effet, les citoyens sont de plus en plus déconnectés du monde naturel et la présence de biodiversité en ville permet de maintenir un lien avec la nature et d'interagir avec. Ce lien naturel sensibilise la population urbaine qui sera plus susceptible d'être intéressée par les questions de biodiversité et par la conservation des espèces (McKinney, 2008). Les collectivités territoriales essayent donc de réintégrer petit à petit la nature en ville.

Le milieu urbain est souvent représenté comme un milieu contrôlé qui laisse peu de place au « naturel ». Outre les arbres d'alignements, quelques portions de territoires, appelés espaces verts urbains, ne sont pas bâties. Leur première destination visait à y installer des plantes et des équipements pour le bien-être et le loisir des citoyens. En moyenne, ces espaces occupent 5% de la surface urbaine en France (Portalez, 2016). Ces espaces, à l'image des villes, étaient très entretenus. Les gazons et les parterres fleuris représentent l'image de nature ordonnée et soignée recherchée. Depuis les années 90, les gestionnaires et les concepteurs d'espaces publics repensent leur représentation de la nature. Depuis le colloque européen portant sur l'évolution des espaces verts publics intitulés « Vers la gestion différenciée des espaces verts » d'octobre 1994<sup>4</sup> et celui intitulé « Jardins 21, de la gestion différenciée au développement durable » de juin 2000<sup>5</sup>, de nombreuses villes françaises et européennes ont commencé à pratiquer la gestion différenciée (Aggeri, 2004). Cette gestion s'adapte à l'usage qui en est fait par le public. La gestion différenciée peut se définir par cette simple phrase : « le bon entretien au bon endroit » (Portalez, 2016). Cette nouvelle pratique, qui se veut plus écologique, limite l'utilisation d'engrais et de pesticides et permet de ne plus effectuer de traitement uniforme. Elle favorise donc la biodiversité et la création d'espaces verts urbains plus divers et plus écologiques<sup>6</sup>. Par exemple, une pelouse servant de terrain de football sera tondu régulièrement pour rester un gazon. Par contre, un talus en bord de chemin sera tondu moins fréquemment et pourra devenir une prairie. La gestion différenciée permet ainsi d'accroître la biodiversité en ville en multipliant la diversité d'habitats écologiques et permet également de réduire le coût d'entretien des espaces verts, de rendre le travail des gestionnaires moins répétitifs ainsi que de sensibiliser le public à cette multiplicité de visions naturelles. La gestion différenciée permet d'améliorer le cadre de vie des habitants en mettant à disposition une grande variété de paysages.

---

<sup>4</sup> C.N.F.P.T., A.I.V.F, Actes du colloque européen « Vers la gestion différenciée des espaces verts », Strasbourg, 24-25-26 octobre 1994

<sup>5</sup> C.N.F.P.T, Actes du colloque, « Jardins 21, de la gestion différenciée au développement durable », Strasbourg, 6-7 juin 2000

<sup>6</sup> Disponible sur <https://www.gestiondifferenciee.org/espace-ressources/la-gestion-differenciee-dans-les-parcs-et-jardins-lillois>

Le passage à la gestion différenciée des espaces verts urbains a favorisé l'augmentation de la superficie occupée par les prairies urbaines. Ces espaces intermédiaires dans les successions végétales sont reconnus pour accueillir une grande diversité de plantes, insectes, araignées, mammifères, oiseaux,... autant d'espèces qui interagissent entre elles et qui ont besoin de cet habitat pour tout ou partie de leur cycle de vie (Lehane & Muratet, 2014). Ils permettent également de réduire les coûts d'entretien comme l'utilisation d'eau. Ces milieux sont encore peu étudiés (Rudolph et al., 2017) alors qu'ils représentent le seul espace vert perçu comme étant un élément naturel par une grande partie de la population mondiale (Dearborn & Kark, 2010; Kowarik, 2011). Face à l'augmentation du nombre de prairies urbaines, des questions ont émergé sur leur définition et leur place au sein du milieu urbain et donc vis-à-vis d'autres espaces verts urbains. De plus, des questions se sont également manifestées dans l'esprit des gestionnaires sur le type de gestion le mieux adapté au maintien et à l'amélioration de l'intérêt écologique de ces milieux.

### **Comment adapter la gestion des prairies urbaines en faveur de la végétation ?**

L'objectif de cette étude est de déterminer l'originalité des prairies urbaines au regard d'autres espaces verts urbains en développement dans la gestion urbaine de ces dernières décennies que sont les toitures végétalisées et les sites d'agriculture urbaine. Nous allons ensuite évaluer l'influence des pratiques de gestion et du paysage sur cette originalité. Enfin, nous allons apporter des éléments de réponse aux questionnements des gestionnaires pour les aider dans leurs prises de décisions quant à la gestion de leurs prairies.

## 1. La place des prairies urbaines dans la matrice urbaine

Dans cette première partie, nous allons montrer l'intérêt des prairies urbaines au sein de la matrice urbaine. Pour comprendre l'apport de ces prairies urbaines à la biodiversité, nous avons décidé de les comparer à deux « nouveaux écosystèmes urbains » : les toitures végétalisées et les zones d'agriculture urbaine (ZAU). Un « nouvel écosystème », ou « écosystème émergent », se définit comme étant un écosystème dont la composition spécifique n'existe pas dans un biome donné (Milton, 2003). L'écosystème n'est plus naturel car ne ressemble plus à aucun écosystème historique et devient donc « nouveau ». Cette transformation résulte souvent d'invasions d'espèces ou d'un changement environnemental dû à l'action humaine (Murcia et al., 2014). Toutefois, tous les écosystèmes que nous connaissons ont été impactés par l'action de l'Homme. Les « nouveaux écosystèmes » constitueraient donc, aujourd'hui, les « nouveaux normaux » (Murcia et al., 2014).

Nous avons choisi de nous intéresser spécifiquement à ces deux « nouveaux écosystèmes » puisqu'ils font aussi l'objet de deux études au sein de l'Agence régionale de la Biodiversité en Île-de-France (ARB îdF) : l'étude GROOVES (*Green ROOfs Verified Ecosystem Services*) et l'étude BiSEAU (Biodiversité et Services Ecosystémiques en Agriculture Urbaine). Les données sur les prairies urbaines viennent, quant à elles, du programme Florilèges-prairies urbaines.

Nous avons choisi d'utiliser les données de Vigie-Flore<sup>7</sup> comme référence pour mesurer l'apport de ces trois écosystèmes urbains. Vigie-Flore est un programme de sciences participatives du programme Vigie-Nature réservé aux botanistes confirmés, amateurs et professionnels. Il a été lancé en 2009 par le Centre d'Ecologie et de Sciences à la Conservation du Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) et le réseau des botanistes francophones Tela Botanica. Il permet d'effectuer un suivi de l'évolution temporelle et spatiale de la flore commune en France. Ce programme a inspiré les protocoles d'inventaire des trois types d'espaces verts étudiés dans ce mémoire. Un protocole identique rend la comparaison possible.

Pour cette comparaison, nous avons choisi d'utiliser les données de l'unique année commune aux deux études (GROOVES et BiSEAU) et aux deux programmes Florilèges et Vigie-Flore, soit 2018.

Avant de commencer l'analyse comparative, nous allons définir la zone d'étude ainsi que les trois types d'espaces verts urbains et leurs études associées.

---

<sup>7</sup> Disponible sur <http://www.vigienature.fr/fr/vigie-flore>



## 1.1 La matrice urbaine et les types d'espaces verts urbains étudiés

### 1.1.1 Le cœur de l'agglomération francilienne

L'Île-de-France est à la fois la région la plus peuplée et la plus petite de France. La densité humaine y est maximale. Elle abrite plus de 12 millions de Français en 2016<sup>8</sup>, soit 19% de la population française métropolitaine, sur environ 12 000 km<sup>2</sup> : c'est une mégapole. Cette région regroupe huit départements : au centre, Paris (75) puis la petite couronne composée des départements Hauts-de-Seine (92), Seine-Saint-Denis (93) et Val-de-Marne (94) et enfin la grande couronne composée des départements de Seine-et-Marne (77), Yvelines (78), Essonne (91) et Val-d'Oise (95).

L'Île-de-France est la région la plus urbanisée de France : 96,4% de sa population vit en ville (INSEE, 2011). La région se caractérise par un noyau parisien densément urbanisé qui se dé-densifie graduellement dans la petite couronne et progressivement remplacé par des champs et des espaces naturels dans la grande couronne (Kamal-Chaoui & Plouin, 2012). Les espaces naturels et agricoles représentent 76% du territoire francilien (53% terres agricoles et 23% de forêts) (Figure 1).

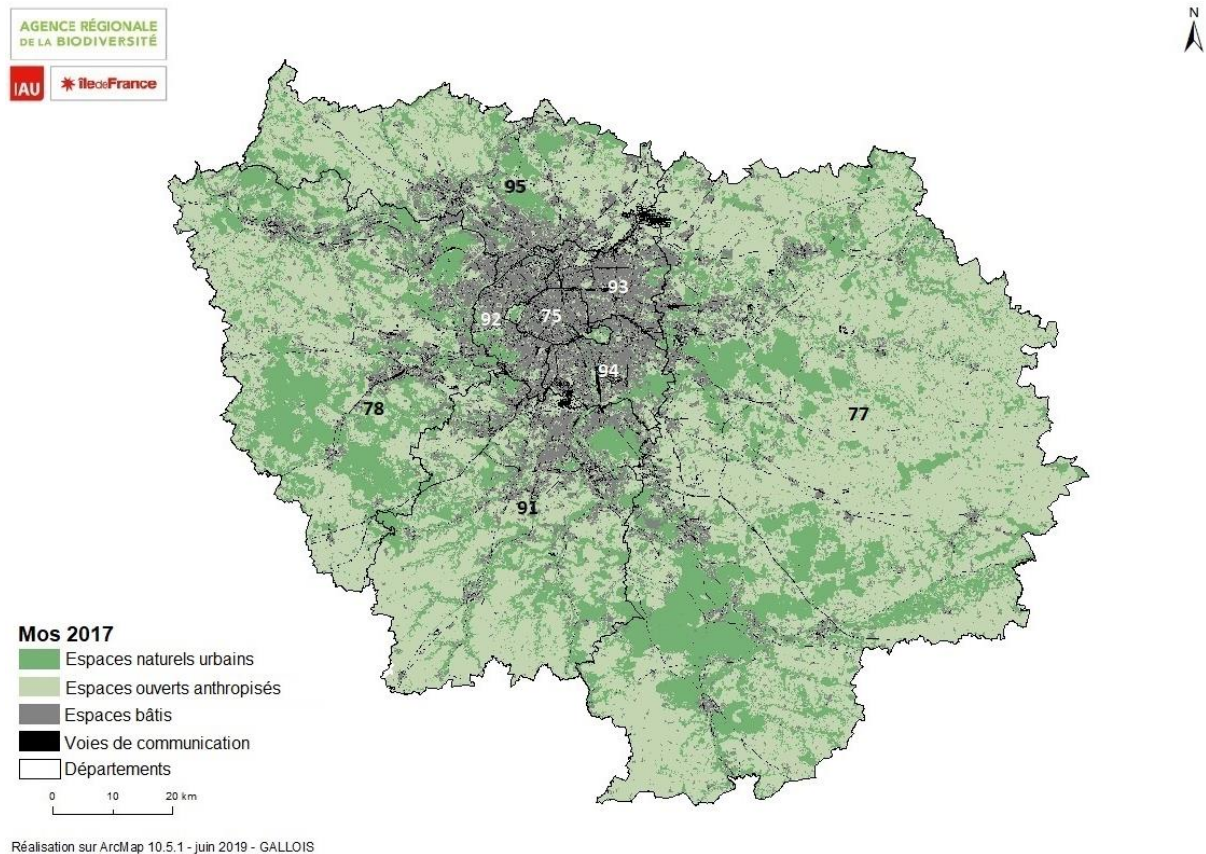


Figure 1 : Le territoire francilien majoritairement occupé par les espaces naturels urbains (forêts) et les espaces ouverts anthropisés (espaces agricoles et espaces semi-ouverts artificialisés)

La quasi-totalité de la surface agricole (99%) se trouve en grande couronne<sup>9</sup>. La région Île-de-France est donc composée de zones urbaines et de zones rurales qui se répartissent le long d'un gradient concentrique.

<sup>8</sup> Disponible sur <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3681457>

<sup>9</sup> Disponible sur <https://www.iau-idf.fr/nos-travaux/publications/occupation-du-sol-ile-de-france-2017.html>

Il existe une différence d'étalement urbain entre les départements de Paris et la petite couronne et ceux de la grande couronne. En effet, dans la zone la plus au centre, l'urbanisation se développe de manière verticale, c'est-à-dire que l'urbain s'étale en hauteur (verticalement) en privilégiant les habitats collectifs. Au contraire, dans la zone périphérique, ce sont les habitations individuelles qui sont privilégiées et l'étalement urbain s'effectue plutôt en longueur (horizontalement).

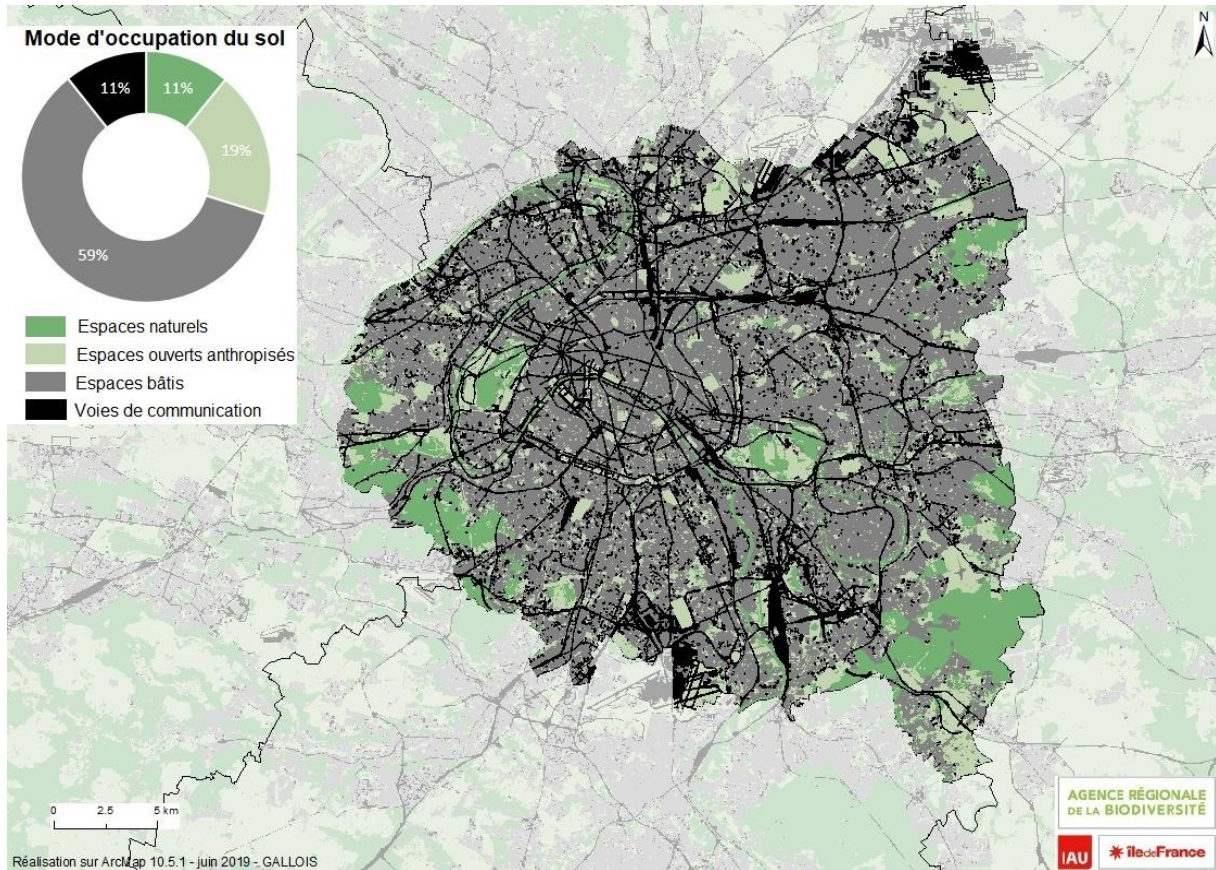


Figure 2 : Une petite couronne et une capitale fortement urbanisée

Dans notre analyse comparative, nous allons principalement nous intéresser au cœur de cette agglomération francilienne caractérisé par une forte urbanisation. En effet, 59% du territoire est composé d'espaces bâtis et seulement 30% du territoire est recouvert d'espaces verts (espaces naturels et espaces ouverts anthropisés) (Figure 2).


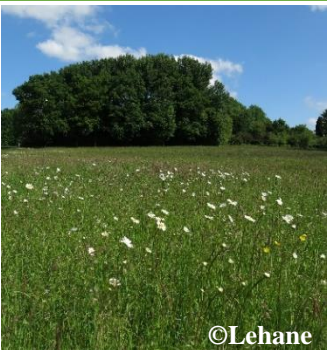

### 1.1.2 Les prairies urbaines : le programme Florilèges-prairies urbaines

Une prairie est un milieu ouvert composé d'une végétation herbacée dense et homogène. Cette végétation est souvent dominée par les Poacées et s'accompagne d'un cortège floristique spécifique composé d'espèces telles que la Marguerite (*Leucanthemum vulgare*) et le Salsifis des prés (*Tragopogon pratensis*) (Lehane & Muratet, 2014). En ville, les prairies urbaines représentent un stade transitoire entre le gazon et le boisement et peuvent se rencontrer aussi bien dans les parcs, les terrains de jeux, d'anciennes friches mais aussi dans certains jardins résidentiels (Klaus, 2013).



Une prairie urbaine peut facilement être confondue avec un gazon ou encore une friche (Tableau 1).

Tableau 1 : Différences entre les gazons, prairies urbaines et friches (Lehane & Muratet, 2014)

	Gazon	Prairie	Friche
Espèces dominantes	Trèfle rampant ( <i>Trifolium repens</i> ) Ivraie vivace ( <i>Lolium perenne</i> ) Pâquerette ( <i>Bellis perennis</i> )	Poacées principalement comme le Fromental élevé ( <i>Arrhenatherum elatius</i> )	Chénopode blanc ( <i>Chenopodium album</i> ) Panais cultivé ( <i>Pastinaca sativa</i> )
Gestion	Très fréquente	Peu fréquente mais régulière	Temporairement abandonnée ou irrégulièrement entretenue
Particularité	Faible diversité spécifique Espèces tolérantes au piétinement et à la tonte	Végétation herbacée dense composée de 100% de vivaces	Forte diversité spécifique Perturbation du sol et présence d'espèces pionnières <sup>10</sup> et nitrophiles
Photos	 ©Lehane	 ©Lehane	 ©Muratet

La grande différence entre ces milieux réside donc dans la gestion qui leur est apportée. Une prairie urbaine est un milieu intermédiaire entre gazon et friche qui nécessite une gestion peu fréquente mais régulière (Roche, 2016). En effet, outre les conditions climatiques, la gestion façonne la structure des prairies urbaines (Politi Bertoncini et al., 2012). Il faut noter que la formation d'une prairie urbaine qui a subi un traumatisme (labourage, fertilisation, surpâturage, etc.) peut prendre entre quinze et vingt ans pour retrouver un cortège d'espèces typiques. Pendant ce laps de temps, une végétation à l'interface du gazon et de la prairie peut s'installer sur le site (Lehane & Muratet, 2014).

Depuis quelques dizaines années, et notamment depuis l'utilisation de la gestion différenciée dans les espaces verts urbains, les prairies sont de plus en plus représentées dans la matrice urbaine. Les gestionnaires ont dû faire face à un remplacement progressif des gazons en prairies urbaines. Dès lors, ils se sont posés de nombreuses questions concernant notamment la gestion de ces espaces et leur importance dans le maintien de la biodiversité en milieu urbain (Roche & Muratet, 2016). Afin de répondre au mieux à leurs questions, le programme Florilèges-prairies urbaines a vu le jour en 2015.

Ce programme de sciences participatives a été co-conçu par l'ARB îdF, le département de la Seine-Saint-Denis (CD 93), l'équipe Vigie-nature du MNHN, le Conservatoire botanique national du Bassin parisien (CBNBP) et Plante & Cité.

<sup>10</sup> Espèces végétales capable de coloniser un milieu instable.

Le programme Florilèges-prairies urbaines permet d'améliorer les connaissances de l'effet des pratiques de gestion sur la qualité des prairies urbaines mais également de comprendre la dynamique de ces milieux. Il s'adresse aux gestionnaires d'espaces verts et peut se réaliser sans compétences particulières en botanique.

Le protocole consiste à suivre chaque année une prairie avec une gestion uniforme. Les gestionnaires vont donc réaliser un relevé floristique sur dix quadrats de 1 m<sup>2</sup> entre le 1<sup>er</sup> juin et le 31 juillet. Le relevé doit s'effectuer pendant cet intervalle de temps car c'est la période la plus propice à l'identification des espèces végétales. Les dix quadrats sont disposés de manière systématique ou standardisée en deux lots de cinq quadrats en fonction de la forme de la prairie (linéaire, carrée, triangulaire, etc.). Après la disposition des quadrats, les gestionnaires doivent remplir deux fiches de terrain (Annexe I et Annexe II) en notant l'historique de la prairie (date de conception, travaux préalables), sa gestion actuelle (type, fréquence, période de fauche, etc.) ainsi que la présence ou l'absence de 60 espèces proposées dans le guide *Clé des prairies*. Ces 60 espèces ont été choisies parmi les 1 600 espèces d'Île-de-France selon plusieurs critères : la facilité de leur identification, leur habitat préférentiel (gazon, prairie, friche) et leur écologie (cycle de vie, interaction avec la faune, etc.). Toutes ces espèces sont des plantes communes dans les prairies urbaines de la moitié Nord de la France. Après avoir effectué leur relevé, les gestionnaires doivent rentrer leurs données sur le site internet du programme Florilèges<sup>11</sup>.

Pour aider les gestionnaires dans l'exécution du protocole, l'ARB îdF organise dix formations au protocole Florilèges-prairies urbaines chaque année entre mai et juin dans les départements d'Île-de-France. Lors de ces formations, un bilan annuel du programme est présenté afin de montrer les résultats des années précédentes pour chaque prairie à l'échelle locale. Une restitution plus globale au niveau national est proposée en fin d'année.

## ZOOM SUR

J'ai participé à toutes ces formations pour aider les gestionnaires à utiliser les manuels de reconnaissance de la flore directement sur le terrain (Figure 3). Lors de ces formations, j'ai eu l'occasion de présenter le bilan des années précédentes (Figure 3).

J'ai coécrit le bilan de l'année 2018 avec Audrey Muratet (ARB îdF), Anne-Laure Gourmand (MNHN), Marianne Hédont (Plante & Cité) et Jérémy Détrée (CBNBP). Ce bilan est distribué lors des formations et est disponible sur le site de Florilèges (Gallois et al., 2019).

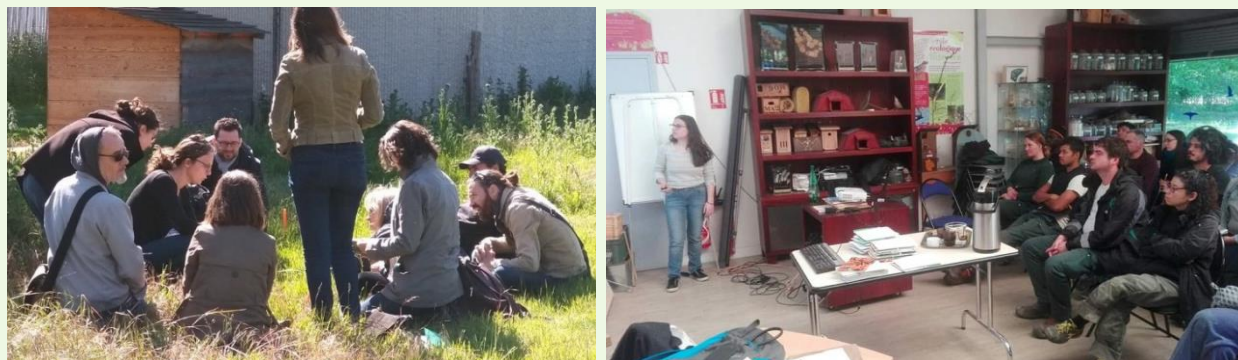


Figure 3 : Présentation du protocole sur le terrain à Colombes à gauche (©Ville de Colombes) et présentation du bilan au Bois de Vincennes à droite (©Kort)

<sup>11</sup> Disponible sur <http://www.vigienature.fr/fr/florileges>

Pour l'analyse comparative, seules les 49 prairies de Paris et des départements de la petite couronne suivies 2018 par les gestionnaires ont été prises en compte. La végétation de certaines de ces prairies est inventoriée par les gestionnaires depuis plusieurs années déjà (Figure 4).

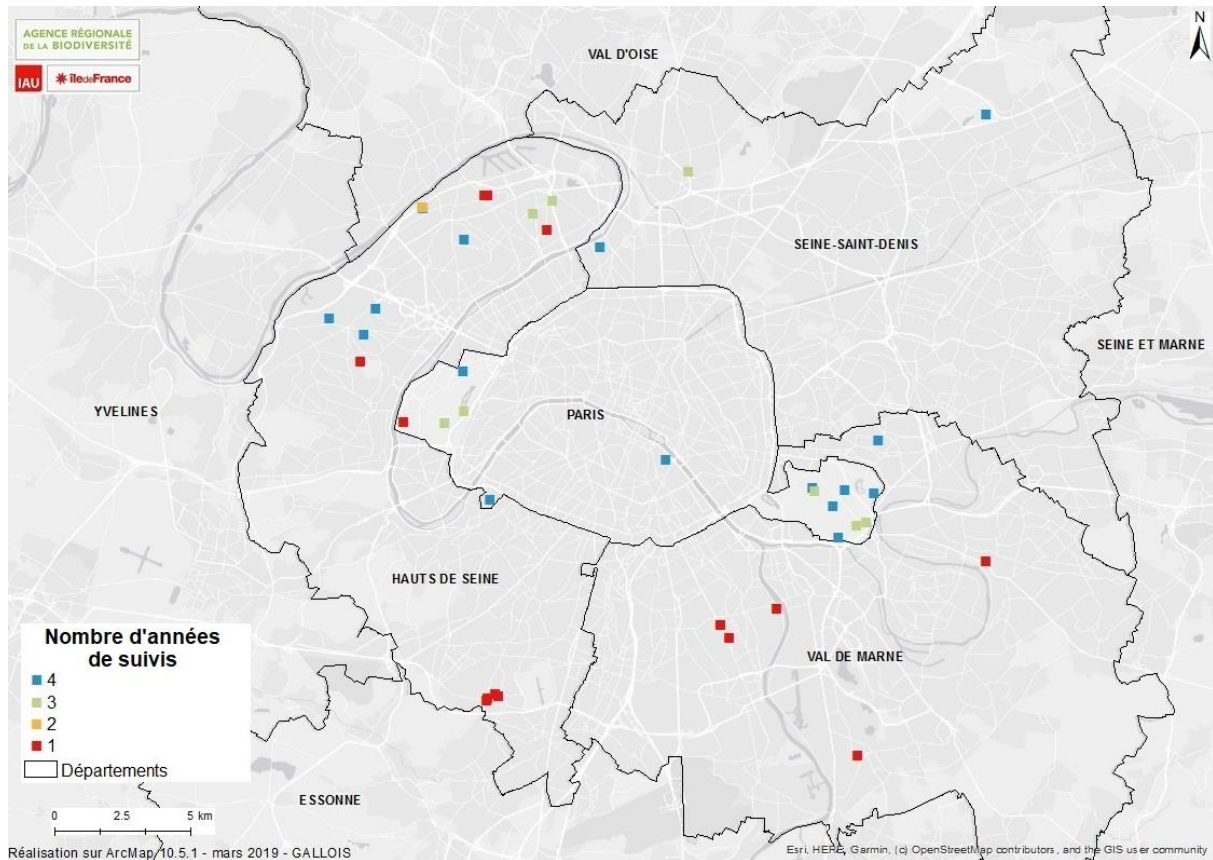


Figure 4 : Nombre d'années de suivis des prairies par les gestionnaires

### 1.1.3 Les toitures végétalisées : l'étude GROOVES

Une toiture végétalisée est un écosystème qui peut se développer spontanément sur des toits anciens non entretenus ou délibérément avec un apport de substrat et de plantes (Madre, 2014). Dans ce deuxième cas, une végétation spontanée peut se développer en plus des espèces plantées (Dunnett, Nagase, & Hallam, 2008). Ce nouvel espace permettrait de compenser partiellement et artificiellement la végétation qui a été détruite lors de la construction du bâtiment (Rowe, 2011). Avec l'augmentation des zones urbaines qui détruisent les habitats et entraînent une perte de la biodiversité (Hui & Chan, 2011), les toits végétalisés pourraient permettre d'ajouter des surfaces complémentaires pour accueillir la biodiversité en zone urbaine (Dusza et al., 2017). Ce constat est intéressant sachant que les toits représentent 30% de la surface totale des villes (Frazer, 2005). Ils pourraient donc, s'ils étaient tous végétalisés, permettre une nette augmentation de la biodiversité en milieu urbain. La mairie de Paris a d'ailleurs commencé à végétaliser les toits avec notamment le programme « Végétalisation de la ville ». Ainsi, d'ici 2020, 100 hectares de murs et de toits seront végétalisés ou cultivés<sup>12</sup>.





<sup>12</sup> Disponible sur <https://www.paris.fr/vegetalisonslaville>



Les concepteurs de toitures végétalisées associent outre une augmentation de l'habitat urbain pour la faune et la flore, de nombreuses fonctions écologiques aux végétations qu'ils installent sur les toits : gestion des eaux pluviales, régulation de la température des bâtiments, réduction des effets d'îlots de chaleur urbains (Oberndorfer et al., 2007). Mais tout cela reste à être évalué. En effet, les études scientifiques estimant le rôle écologique des toitures végétalisées sont très rares et incomplètes.

Ainsi, en 2017, l'ARB îdF a mis en place l'étude GROOVES pour aller plus loin dans la connaissance de l'intérêt des toitures végétalisées notamment leurs apports pour la biodiversité. Cette étude sur trois ans a pour but d'évaluer la biodiversité et les fonctions écologiques associées de différentes typologies de toitures végétalisées. Des inventaires taxonomiques de la faune et la flore ainsi que des mesures des fonctions de rétention d'eau, de rafraîchissement de l'air et de pollinisation ont été effectués en 2018 sur un échantillon de 36 toitures végétalisées. Les toitures sont regroupées en quatre classes selon l'installation ou non de plantes et la profondeur du substrat<sup>13</sup> : wildroof, extensive, semi-intensive et intensive (Tableau 2).

Tableau 2: Typologie des toitures végétalisées

Typologie	Wildroof	Extensive	Semi-intensive	Intensive
Epaisseur du substrat	< 15 cm + pas de plantations	4 à 15 cm + plantations	12 à 30 cm + plantations	> 30 cm + plantations
Toitures inventoriées	4	17	6	9
Exemple de toitures	Siège social de GTM Bâtiment, Nanterre 	Ecole Fontanes, Courbevoie 	Ecole Rosalind Franklin, Ivry-sur-Seine 	Cinéma Robespierre, Vitry-sur-Seine 

Le protocole de l'étude GROOVES concernant la flore s'inspire du programme Vigie-Flore. Il consiste, pour une toiture donnée, à inventorier entre mai et juin la flore vasculaire dans deux rangées de cinq quadrats d'1 m<sup>2</sup> une fois par an. L'inventaire permet donc de répertorier, de manière exhaustive, toutes les espèces présentes dans chaque quadrat.

<sup>13</sup> Disponible sur <http://www.adivet.net/v%C3%A9g%C3%A9taliser-une-toiture-terrasse/les-syst%C3%A8mes-de-v%C3%A9g%C3%A9tation-en-toitures.html>



## ZOOM SUR

Ayant participé au protocole flore des 36 toitures végétalisées de la dernière phrase de l'étude en 2019, j'ai aidé ma tutrice de stage et chargée d'études flore, Audrey Muratet, à positionner les quadrats au sein des toitures végétalisées et à effectuer le relevé de la flore (Figure 5).



Figure 5 : Inventaire de la flore sur la toiture « Siège social de GTM Bâtiment » avec Audrey Muratet

Pour notre analyse comparative, nous avons utilisé uniquement les données des 36 toitures végétalisées inventoriées en 2018 par Audrey Muratet soit 4 wildroof, 17 extensives, 6 semi-intensives et 9 intensives (Figure 6).

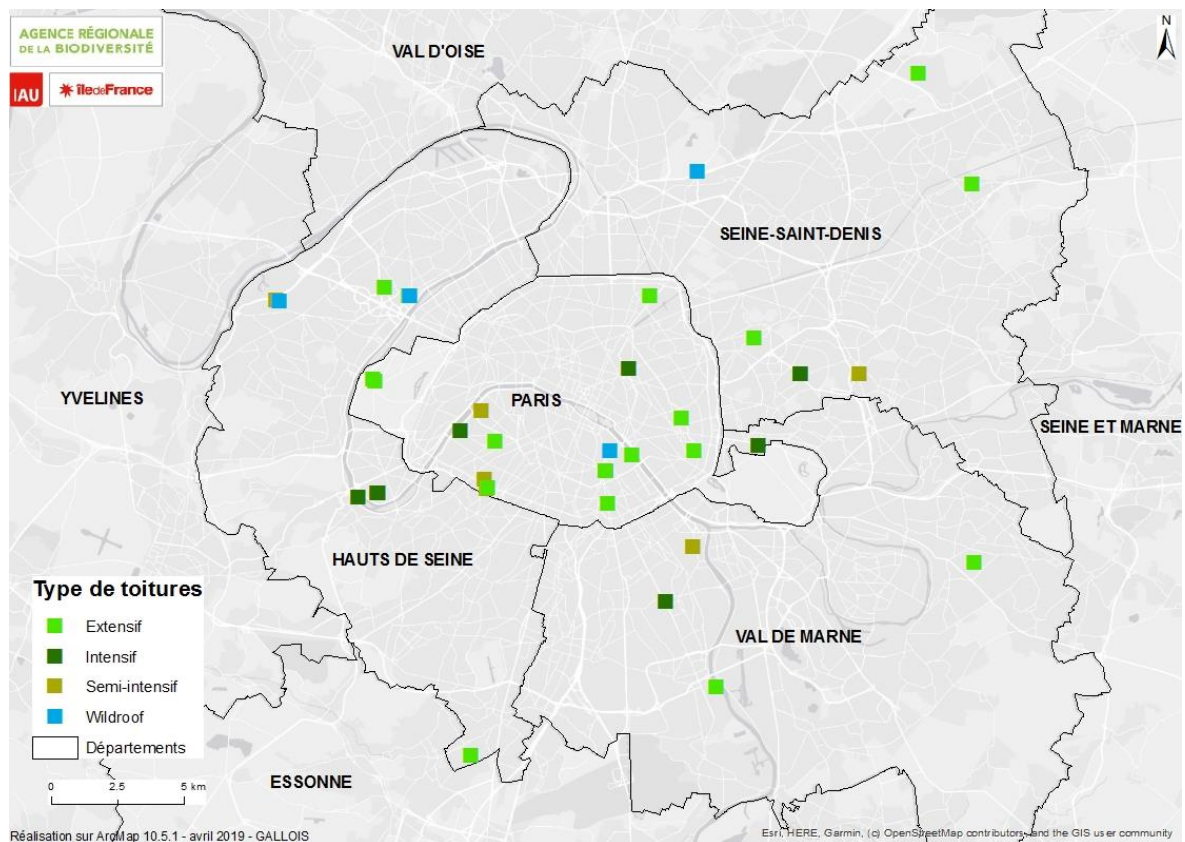


Figure 6 : Toitures végétalisées suivies en 2018 classées en fonction de la profondeur du substrat

#### 1.1.4 Les zones d'agricultures urbaines : l'étude BiSEAU

L'agriculture urbaine est une notion difficile à définir (Nahmías & Le Caro, 2013). Elle peut être définie comme étant une petite surface utilisée en ville pour cultiver quelques plantes et/ou élever des animaux (Mbaye & Moustier, 1999). Ces produits sont par la suite consommés par les producteurs ou vendus.

Il existe de nombreuses pratiques agricoles en milieu urbain telles que les jardins partagés ou encore les jardins familiaux. Il serait donc plus juste de parler d'agricultures urbaines au pluriel plutôt qu'au singulier pour définir ces pratiques agricoles différentes. Les agricultures urbaines permettent de nourrir une population, d'être récréatives et de ramener une certaine biodiversité en ville. Toutefois, sa contribution dans l'apport de biodiversité n'est pas encore actuellement évaluée<sup>14</sup>.

C'est donc dans la recherche de connaissances sur l'agriculture urbaine que l'étude BiSEAU a vu le jour au sein de l'ARB îdF en 2018. Ce projet, d'une durée de trois ans, consiste à étudier le lien entre « agricultures urbaines » et « services écosystémiques de support de biodiversité ». Elle va donc permettre de décrire la biodiversité abritée sur les espaces en agricultures urbaines. En 2018, 21 sites ont été étudiés. Il existe plusieurs pratiques agricoles en milieu urbain, nous avons donc distingué les jardins partagés<sup>15</sup>, les jardins familiaux<sup>16</sup>, les jardins pédagogiques<sup>17</sup> et les micro-fermes urbaines<sup>18</sup>.

Le protocole de l'étude BiSEAU concernant la flore est identique à celui de GROOVES : inventaire de dix quadrats d'1 m<sup>2</sup> répartis en deux lignes de cinq quadrats, une fois entre juin et juillet.

#### ZOOM SUR

Il a été accompagné Morgane Bernard, la coordinatrice de l'étude BiSEAU, pour effectuer les relevés floristiques de quatre zones d'agricultures urbaines (Figure 7).



Figure 7 : Quadrats pour l'inventaire de la flore à Mendes Pleine Terre

<sup>14</sup> Disponible sur <http://www.arb-idf.fr/nos-thematiques/pratiques/agriculture-urbaine>

<sup>15</sup> Jardins conçus, construits et cultivés collectivement par une même communauté

<sup>16</sup> Jardins séparés en parcelles : une parcelle par famille

<sup>17</sup> Espaces multidisciplinaire pour l'apprentissage du jardinage

<sup>18</sup> Jardins cultivés dans un but économique

Pour notre étude, nous avons utilisé uniquement les données des 21 zones d'agricultures urbaines inventoriées en 2018 par Emilie Périé, la coordinatrice de l'étude BiSEAU cette année-là (Figure 8).

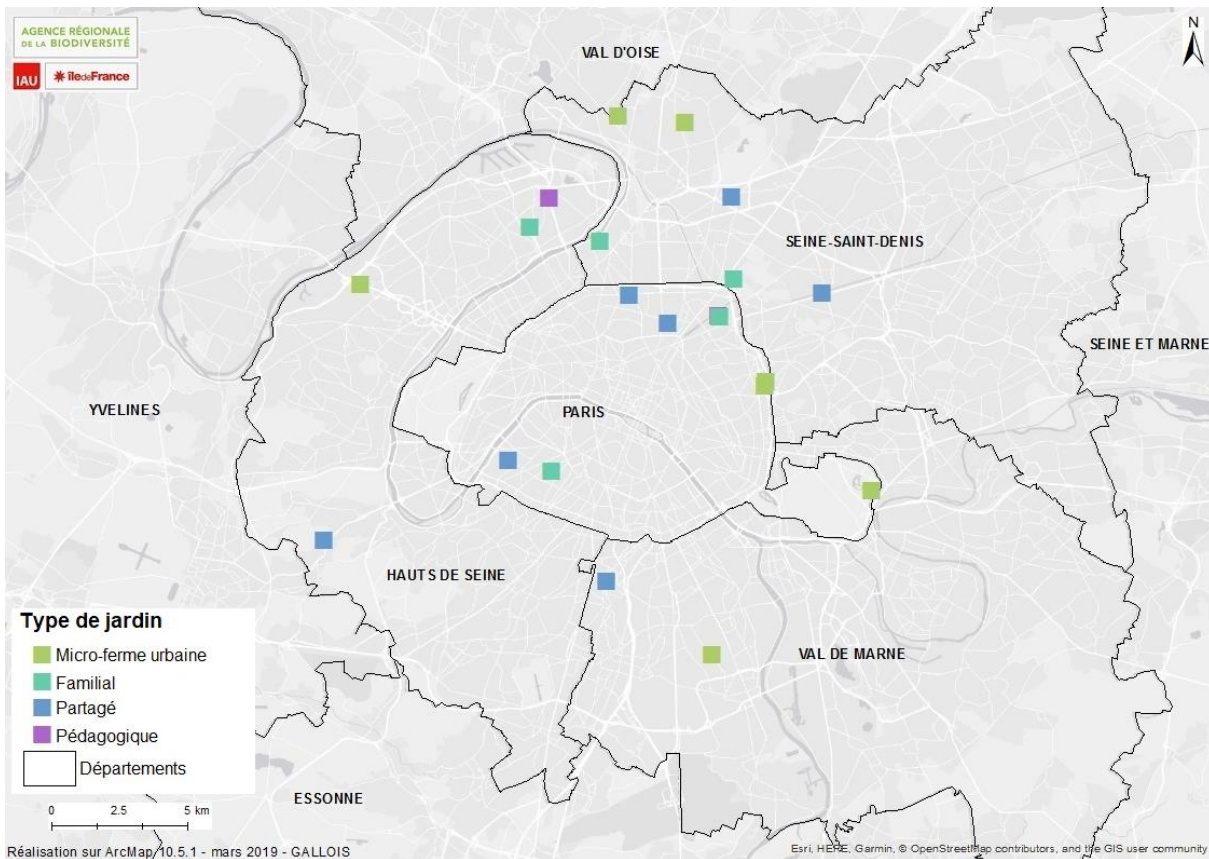


Figure 8: Sites d'agricultures urbaines inventoriés en 2018

## 1.2 L'analyse comparative des trois types d'espaces verts urbains

### 1.2.1 Le choix des traits éco-biologiques des végétaux

Pour comparer la biodiversité des espaces verts sélectionnés, nous avons décidé d'utiliser des indicateurs reposant sur les traits écologiques des végétaux présents dans les trois milieux choisis. Un trait est défini comme étant toute caractéristique morphologique, physiologique ou phénologique mesurable au niveau de l'individu qui a une influence indirecte sur les trois composantes de la performance individuelle (croissance, reproduction et survie) (Violle et al., 2007). Grâce à ces traits, nous pouvons relier les attributs des espèces végétales à des conditions environnementales (Lavorel et al., 1997).

Dans notre étude, nous avons sélectionné cinq indicateurs de qualité écologique (deux indicateurs de diversité et trois indicateurs d'interaction avec la faune) et deux indicateurs de perturbation (mécanique et chimique) disponibles dans la base de données TRAFFIF (TRAit de la Flore et de la Faune en Île-de-France) de l'ARB îdF (Roche, 2016). Ces indicateurs ont été choisis puisqu'ils sont liés à l'urbanisation.



Pour qualifier les indices de diversité, nous avons choisi d'utiliser la richesse spécifique et la fréquence.

**La richesse spécifique** peut être définie par le nombre d'espèces différentes présentes dans les dix quadrats du protocole.

**La fréquence** représente le nombre total d'observations sur les dix quadrats. Cette fréquence remplace la notion d'abondance qui est souvent difficile à évaluer pour les plantes. Par exemple, les espèces de Poacées sont présentes en grande quantité dans les quadrats et il semble donc difficile de compter chaque individu.

Pour qualifier le degré d'interaction avec la faune, nous avons décidé de nous servir du pourcentage d'espèces entomophiles, du pourcentage d'espèces zoochores et de l'offre en nectar.

**L'indice d'entomophilie** permet de mesurer la dépendance d'une espèce végétale aux animaux pour sa pollinisation et donc sa production de fruits. Il représente le pourcentage d'espèces dépendant des insectes pour leur pollinisation sur l'ensemble des espèces observées dans les quadrats. Lorsqu'une espèce possède d'autres modes de pollinisation associés à l'entomophilie (pollinisation par les insectes) comme l'anémophilie (pollinisation par le vent), nous avons considéré cette espèce comme entomophile. Ce pourcentage a été pondéré par la fréquence de chaque espèce.

**L'indice de zoochorie** permet de mesurer la dépendance d'une espèce végétale aux animaux pour coloniser de nouveaux sites. Il correspond au pourcentage d'espèces dépendant des animaux pour la dispersion de leurs semences par rapport aux autres modes de dispersion possible (anémochorie, barochorie, etc.) sur l'ensemble des espèces observées dans les quadrats. Ce pourcentage a été pondéré par la fréquence de chaque espèce.

**L'indice offre en nectar** permet d'estimer l'attrait des plantes pour les pollinisateurs. Il a été calculé sur l'ensemble des espèces observées dans les quadrats. Il a été classé en quatre classes allant de 0 à 3 (0 : pas de nectar, 1 : peu d'abondant, 2 : abondant, 3 : très abondant). Cet indice a été pondéré par la fréquence de chaque espèce.

Pour qualifier les perturbations chimique et mécanique du sol, nous avons utilisé le pourcentage d'espèces annuelles et l'indice de nitrophilie.

**Le pourcentage d'espèces annuelles** permet d'estimer la perturbation mécanique. Suite à une perturbation du sol (labour, creusement de terriers par les lapins, etc.), les espèces annuelles, qui sont des espèces pionnières, s'installent dans le milieu. Ces espèces modifient petit à petit le milieu et sont remplacées progressivement par d'autres espèces plus exigeantes. Le pourcentage d'espèces annuelles a été pondéré par la fréquence de chaque espèce.

**L'indice de nitrophilie** permet d'estimer la perturbation chimique du milieu en termes d'accumulation d'engrais, de pollutions ou de déchets d'origines diverses. Cet indice est catégorisé en neuf classes de 1 à 9 (1 : espèce vivant sur des sols extrêmement pauvres en azote – 9 : espèce vivant sur des sols extrêmement riches en azote) (Tableau 3). Cet indice a été pondéré par la fréquence de chaque espèce.

Tableau 3: Classes de l'indice de nitrophilie d'Ellenberg (1988).  
 (source : [http://www.omnibota.com/View/Flora\\_reference.php?INFO=Ecologie](http://www.omnibota.com/View/Flora_reference.php?INFO=Ecologie))

Modalité	Classe	Explications
Hyperoligotrophiles	1	Plantes des sols très pauvres en substances nutritives. Indicatrices prononcées de sols maigres
Oligotrophiles	2	Plantes des sols pauvres en substances nutritives. Indicatrices de sols maigres
Mésooligotrophiles	3	
Indicateur de sols plus ou moins fertiles - intermédiaires	4	Plantes des sols modérément pauvres à riches en substances nutritives. Indicatrices de sols ni maigres, ni fertilisés (fumés)
Mésotrophiles	5	
Mésoeutrophiles	6	
Indicateur de sols fertiles – intermédiaires	7	Plantes des sols riches en substances nutritives
Eutrophiles	8	
Polytrophiles	9	Plantes des sols à teneur excessive en substances nutritives (notamment en azote et en phosphore). Indicatrices de sols fertilisés

Pour comparer tous les types de paramètres (pourcentage, nombre, etc.), tous les indicateurs ont été centrés-réduits avec la moyenne francilienne de Vigie-Flore. En d'autres termes, les valeurs des indicateurs ont été transformées avec l'équation (1) pour qu'ils aient une moyenne nulle et un écart type égal à un.

$$x = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (1)$$

x = Indicateur centré-réduit

X = Indicateur

μ = Moyenne Vigie-Flore d'Île-de-France

σ = Ecart type Vigie-Flore d'Île-de-France

Le fait de centrer-réduire nos données va nous permettre de créer des radars pour visualiser nos données et ainsi pouvoir les comparer avec la moyenne régionale Vigie-Flore.

## 1.2.2 Les analyses statistiques

Afin de comparer les trois types d'espaces verts urbains, j'ai effectué des analyses statistiques à l'aide du logiciel R® (version 3.5.2, R Core Team, 2019). J'ai utilisé un  $\alpha$  égal à 0,05 pour le seuil de significativité.

### 1.2.2.1 Comparaison de la richesse spécifique spontanée des milieux d'Île-de-France

Dans un premier temps, j'ai comparé la richesse spécifique spontanée des trois espaces étudiés (prairies urbaines, toitures végétalisées et zones d'agricultures urbaines) aux autres milieux inventoriés en région parisienne en 2018 avec le programme Vigie-Flore. Ces autres milieux se composent de cultures, d'interstices urbains<sup>19</sup>, de forêts, de parcs et jardins, de landes et fruticées et de friches. Nous nous sommes focalisés sur la richesse des espèces spontanées<sup>20</sup> puisque, dans le protocole Vigie-Flore, les espèces horticoles et donc plantées ne sont souvent pas inventoriées. L'objectif est de voir, en termes de richesse spécifique spontanée, si les trois types d'espaces verts urbains se rapprochent d'autres espaces de la région parisienne. Pour cela, j'ai utilisé la fonction *boxplot()* du package *graphics*. Cette fonction permet de visualiser les différentes richesses spécifiques spontanées des espaces verts urbains. J'ai ensuite effectué une analyse de variance en utilisant la fonction *aov()* du package *stats* pour voir s'il existait un effet de l'habitat étudié sur la richesse observée. Ce test permet de savoir si au moins un des groupes est différent des autres sans toutefois savoir lequel (Abdi & Williams, 2010).

Lorsque cet effet était significatif, j'ai poursuivi avec une « comparaison par paires » en utilisant la fonction *TukeyHSD()* du package *stats* pour visualiser les différences significatives entre espaces verts urbains. Le test de Tukey, ou test HSD (*Honestly Significant Difference*) est un test de comparaison multiple qui permet de calculer la différence significative entre deux moyennes en utilisant une distribution statistique définie par Student. Elle permet de comparer deux-à-deux chaque moyenne en indiquant si elles sont significativement différentes ou non en utilisant la même distribution d'échantillonnage que celle utilisée pour la différence la plus grande (Abdi & Williams, 2010).

### 1.2.2.2 Comparaison des trois types d'espaces verts urbains

Ensuite, une fois la remise dans un contexte régional établie, j'ai souhaité comparer les trois types d'espaces verts urbains. Pour choisir le test adéquat pour ma comparaison de moyennes, j'ai vérifié si mes données suivaient une loi normale. Ma base de données est composée de 106 lignes dont 49 lignes correspondant aux prairies, 36 aux toitures et 21 aux zones d'agricultures urbaines et de 7 colonnes correspondant aux indices choisis en 1.2.1<sup>21</sup>. J'ai donc utilisé la fonction *shapiro.test()* du package *stats*.

Les données ne suivant pas une loi normale, j'ai choisi d'effectuer un test non paramétrique nommé le test de Wilcoxon ou de Mann-Whitney (fonction *wilcox.test()* du package *stats*). Ce test permet de déterminer si deux échantillons indépendants proviennent d'une seule et même population de même distribution (Barros, Hidalgo, & Cabral, 2018). En d'autres termes, il permet de comparer les moyennes pour chaque paramètre entre deux types d'espaces verts urbains.

---

<sup>19</sup> Espaces correspondant aux bords de routes, voies ferrées et aux zones bâties

<sup>20</sup> Espèces végétales se développant naturellement sans l'intervention intentionnelle de l'Homme

<sup>21</sup> Richesse spécifique (spontanée et non spontanée), fréquence, pourcentage d'espèces entomophiles, pourcentage d'espèces zoochores, indice offre en nectar, pourcentage d'espèces annuelles et indice de nitrophilie



Grâce à cette fonction et en ajoutant le paramètre *alternative= "greater"*, j'ai pu effectuer un test unilatéral pour estimer, lorsque la différence était significative, quel échantillon avait la plus haute moyenne.

Enfin, j'ai souhaité différencier les trois types d'espaces verts urbains en analysant les sept indicateurs écologiques calculés pour les trois milieux au sein d'une ACP (Analyse en composantes principales). L'ACP produit des facteurs qui sont les combinaisons linéaires des variables initiales (Guerrien, 2003). Ces variables initiales sont indépendantes et hiérarchisées. Cette analyse factorielle permet d'obtenir un nuage de point le plus représentatif possible des données. Elle va projeter chaque individu statistique (les 49 prairies, 36 toitures végétalisées et 21 ZAU) sur autant d'axes qu'il y a de variables (7 variables donc notre cas). Comme les facteurs sont hiérarchisés, les premiers axes (axe 1 et axe 2) concentrent généralement l'essentiel de l'information (Guerrien, 2003).

Les variables, ou indicateurs<sup>22</sup>, doivent toutes être indépendantes donc j'ai vérifié la corrélation des variables entre elles avec le coefficient de corrélation de Spearman calculé avec la fonction *cor* du package *stats*. J'ai considéré que deux variables étaient corrélées si elles avaient une valeur de corrélation supérieure à 0,7 (Xiao et al., 2016). Dans ce cas, je n'ai choisi qu'une seule des deux variables pour l'ACP. Enfin, j'ai créé mon ACP grâce à la fonction *dudi.pca()* du package *ade4* (Dray & Dufour, 2007). J'ai ensuite utilisé la fonction *get\_eigenvalue()* du package *factoextra* (Kassambara & Mundt, 2017) pour regarder le pourcentage de concentration d'informations des axes et donc vérifier que les axes choisis représente bien plus de 50% les données.

### 1.3 Les prairies urbaines, milieu original et stable

#### 1.3.1 Des richesses spécifiques spontanées différentes

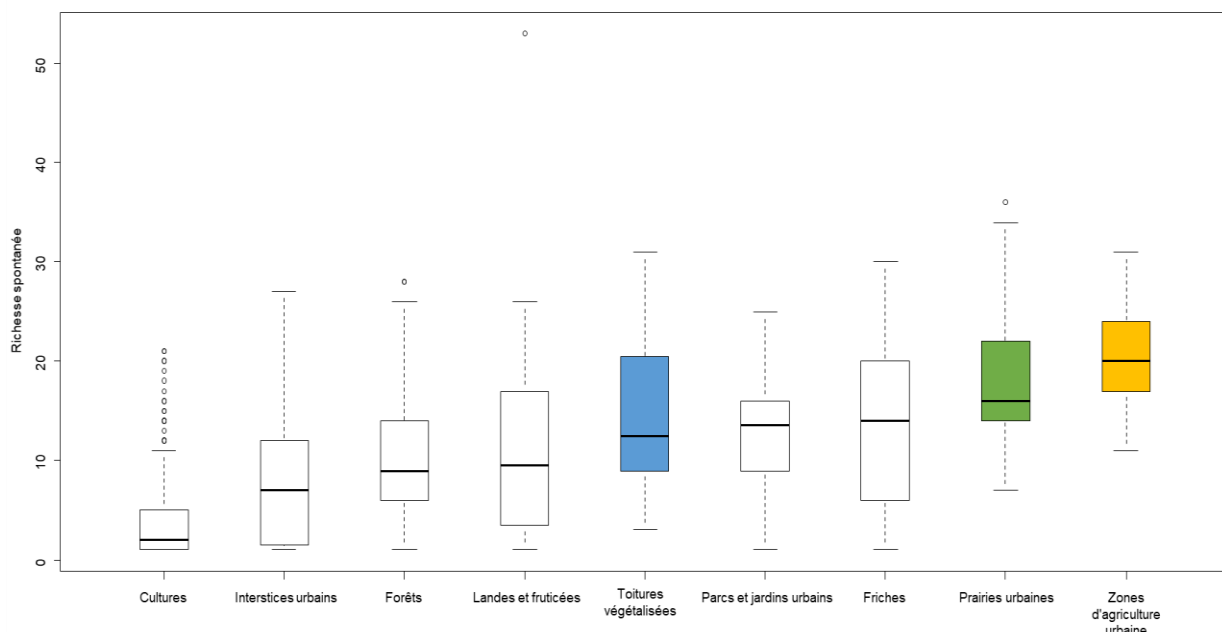


Figure 9: Boxplot de la richesse spécifique spontanée de tous les types d'espaces verts de la région Île-de-France. Ils ont été classés selon la médiane (ligne noire épaisse). Les points représentent les valeurs extrêmes

<sup>22</sup> Richesse spécifique (spontanée et non spontanée), fréquence, pourcentage d'espèces entomophiles, pourcentage d'espèces zoochores, indice offre en nectar, pourcentage d'espèces annuelles et indice de nitrophilie

Nous avons décidé de nous focaliser sur la richesse spécifique spontanée pour différencier les trois types d'espaces verts urbains des autres espaces qu'il est possible de retrouver en Île-de-France. La richesse spécifique spontanée peut nous indiquer, dans ce cas, quel est l'espace qui, en moyenne, a le plus d'espèces différentes qui ont poussé spontanément dans les dix quadrats du milieu.

Nous pouvons observer que la richesse des milieux étudiés est comparable voire plus grande en moyenne que celle des différents habitats de la région (Figure 9). Les toitures végétalisées ont une richesse très variable et pas différente significativement de celles des landes et fruticées, parcs et jardins urbains, friches et prairies urbaines (Annexe III). En revanche, les prairies urbaines sont significativement plus riches que les friches et les parcs et jardins (Annexe III). Cette différence est visible car même si les parcs et jardins urbains sont inclus dans la définition des prairies urbaines (1.1.2), il est possible de rencontrer dans ces milieux aussi bien des prairies urbaines que des gazons. Enfin, nous avons aussi pu mettre en évidence que les zones d'agriculture urbaines possèdent la plus grande richesse spécifique spontanée de tous les milieux inventoriés en Île-de-France en 2018. Elles ont une richesse beaucoup plus élevée que les cultures qui sont aussi une pratique agricole mais fort différente en termes de surfaces cultivées, d'intensité des pratiques, de recours aux machines, aux intrants chimiques, du type de végétation, etc.

### 1.3.2 Les espèces les plus fréquentes, indicateurs de similarité ou de différence

La richesse spécifique moyenne informe seulement sur le nombre moyen d'espèces de chaque milieu. Pour compléter l'analyse comparative des trois milieux étudiés, nous avons estimé le nombre total d'espèces différentes pour chaque milieu et noter les cinq espèces majoritairement rencontrées dans les trois types d'espaces verts urbains étudiés (Tableau 4).

Tableau 4 : Répertoire des cinq espèces les plus fréquemment rencontrées dans les trois types d'espaces verts urbains étudiés. Entre parenthèses, le nombre total d'espèces différentes rencontrées dans chaque espace vert urbain. Les espèces en gras se retrouvent dans deux milieux

Prairies urbaines (301)	Toitures végétalisées (221)	Zones d'agriculture urbaines (206)
Plantain lancéolé ( <i>Plantago lanceolata</i> )	Orpin blanc ( <i>Sedum album</i> )	Ivraie vivace ( <i>Lolium perenne</i> )
Pâturin des prés ( <i>Poa pratensis</i> )	Vulpie queue-de-rat ( <i>Vulpia myuros</i> )	<b>Liseron des champs</b> ( <i>Convolvulus arvensis</i> )
Dactyle aggloméré ( <i>Dactylis glomerata</i> )	Orpin du Kamtchatka ( <i>Sedum kamtschaticum</i> )	Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> )
<b>Pissenlit</b> ( <i>Taraxacum sp</i> )	Picris fausse épervière ( <i>Picris hieracioides</i> )	Véronique de Perse ( <i>Veronica persica</i> )
<b>Liseron des champs</b> ( <i>Convolvulus arvensis</i> )	Orpin d'Espagne ( <i>Sedum hispanicum</i> )	<b>Pissenlit</b> ( <i>Taraxacum sp.</i> )

D'après le Tableau 4, la première chose à noter est que, pour chaque habitat, il existe un nombre élevé d'espèces observées dans chaque milieu respectivement 301 dans les prairies, 221 sur les toitures végétalisées et 206 dans les ZAU.

Dans les prairies urbaines, il est possible d'y retrouver, au regard des cinq espèces les plus fréquentes, trois espèces typiques des prairies (Plantain lancéolé, Pâturin des prés et Dactyle aggloméré) ainsi que deux espèces de la famille des Poacées (Pâturin des prés et Dactyle aggloméré). Ces caractéristiques concordent avec la définition des prairies urbaines abordée en 1.1.2.

Les toitures végétalisées, quant à elles, sont majoritairement peuplées par des orpins. Ce constat coïncide avec l'échantillon que nous avons effectué. Effectivement, notre échantillon est composé à presque 50% de toitures extensives qui sont constituées principalement d'orpins.

Enfin, dans les zones d'agricultures urbaines, nous retrouvons une espèce plantée et cultivée, la Tomate. De plus, deux espèces les plus rencontrées en ZAU sont des espèces typiques des champs (Liseron des champs et Véronique de Perse).

Ces trois habitats sont donc complémentaires dans leur composition à l'échelle d'une ville. En effet, il est possible de retrouver des espèces associées uniquement à l'un de ces trois types de milieux.

Nous pouvons noter qu'il y a deux espèces en commun entre les prairies urbaines et les zones d'agricultures urbaines : le Liseron des champs et le Pissenlit. La première est une espèce plutôt de friches urbaines qui croît sur des zones retournées. Ces zones peuvent être des prairies urbaines avec une gestion plutôt intensive ou encore des ZAU qui comprennent un retournement de la terre pour les plantations. La seconde est une espèce qui croît sur des sols riches en azote et tolère la fauche et le piétinement. Elle peut donc se retrouver dans les prairies mais aussi au bord des champs.

La richesse spécifique et le nom des espèces les plus fréquentes nous permettent déjà de voir apparaître quelques différences entre les trois milieux. Toutefois, ces données ne sont pas assez précises au regard des biais liés aux efforts d'échantillonnage variables des trois études. En effet, nous ne possédons pas le même nombre d'échantillon pour les trois milieux : 49 pour les prairies, 36 pour les toitures et 21 pour les ZAU. De plus, les gestionnaires des prairies urbaines, n'étant pas des botanistes et ayant des compétences différentes en la matière, ne peuvent pas inventorier la totalité des espèces présentes dans leurs quadrats contrairement aux deux études de l'ARB. Florilèges est un programme de sciences participatives et repose sur l'implication des volontaires dans la recherche (Dickinson, Zuckerberg, & Bonter, 2010) et donc sur leur connaissance ce qui entraîne un biais dans l'exhaustivité des inventaires effectués par les gestionnaires.

Pour la suite de l'analyse comparative, nous avons donc décidé de nous focaliser sur des caractères qualitatifs soit les traits écologiques des espèces pour qualifier chaque type d'espace vert urbain de manière plus détaillée et pour limiter les biais évoqués.

### 1.3.3 Trois milieux originaux pour la biodiversité

Nous avons décidé de représenter nos résultats sous la forme de radars (Figure 10). L'utilisation de radars permet de comparer visuellement les traits écologiques des trois milieux étudiés avec la moyenne Vigie-Flore.

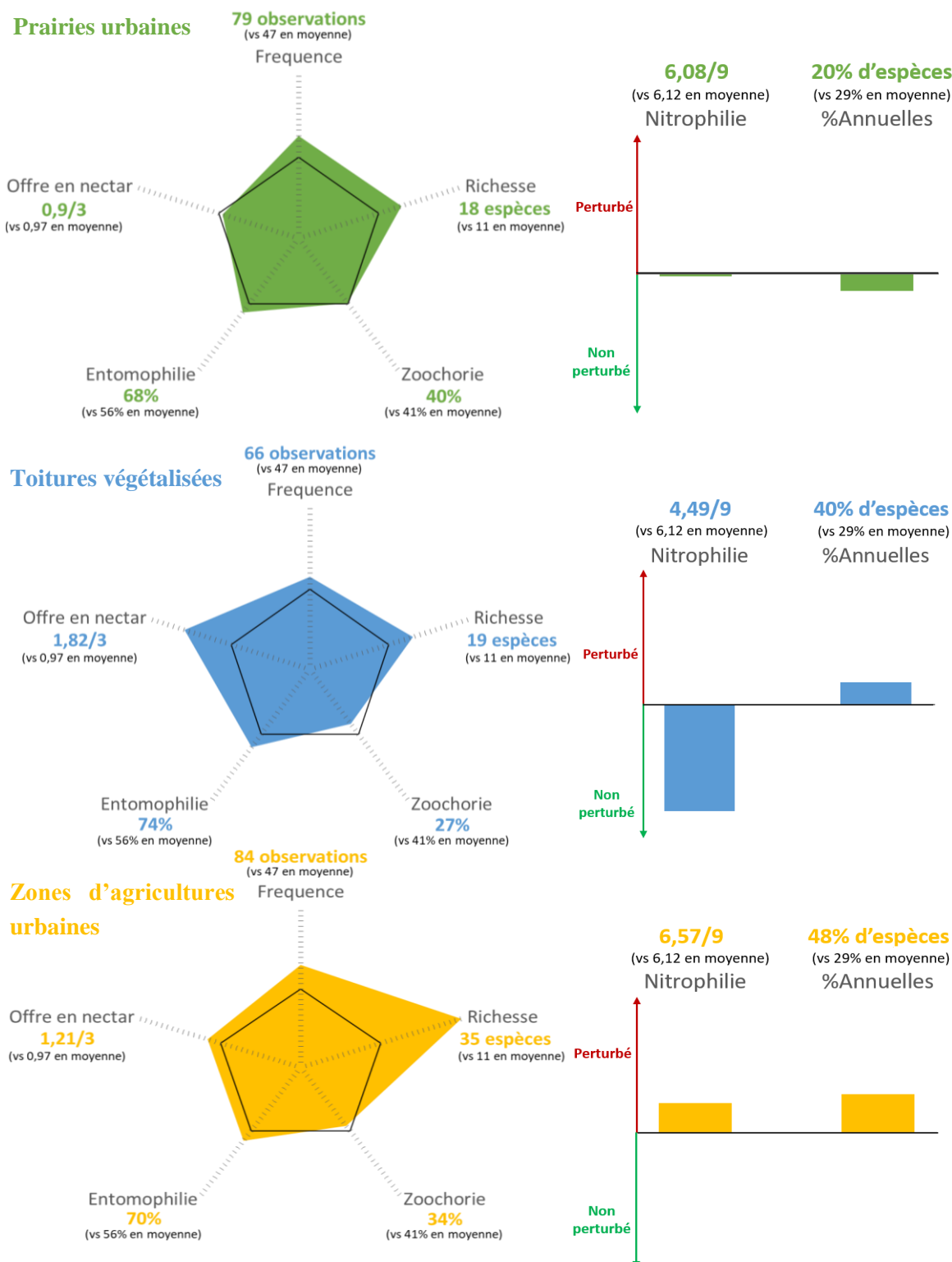


Figure 10: Radars représentant les indices choisis basés sur les traits des espèces en vert les prairies urbaines, en bleu les toitures végétalisées et en jaune les zones d'agriculture urbaines. Le trait noir représente la moyenne Vigie-Flore d'Île-de-France

Les prairies urbaines, en moyenne, possèdent une fréquence et une richesse plus élevée que la moyenne régionale. Elles sont moyennement attractives pour la faune mais restent un milieu peu perturbé (Figure 10). En effet, elles possèdent un pourcentage faible d'espèces annuelles et un indice de nitrophilie proche de la moyenne régionale. Les prairies urbaines d'Île-de-France sont mésoeutrophiles, c'est-à-dire qu'elles sont colonisées par des plantes indicatrices de sols ni maigres ni fertilisés ce qui nous montre que ce type de prairie est bien associé à l'urbanisation. Ce constat correspond à la définition des prairies urbaines décrite en 1.1.2.

Les toitures végétalisées ont aussi une richesse et une fréquence supérieure à la moyenne. Elles sont attractives pour la faune notamment avec son offre en nectar de 1,82/3. Les toitures végétalisées ne sont pas perturbées chimiquement mais mécaniquement. Effectivement, les substrats que nous pouvons retrouver sur les toitures végétalisées ont été importés et sont souvent composés de matières minérales et donc non polluées chimiquement par des engrais ou des pesticides. De plus, la majorité des toitures ne sont pas visitables et donc seulement quelques personnes peuvent s'y promener, piétiner ou encore laisser leurs déchets. L'ajout d'engrais n'est pas fréquent d'autant plus que la majorité des toitures est de type extensif et est donc très peu gérée. Les toitures végétalisées sont, pour la plupart de notre échantillon, des toitures récentes et sont donc, malgré les espèces plantées, encore recouvertes d'espèces annuelles. C'est un milieu nouveau encore sujet à la perturbation du sol et donc encore instable. Une autre hypothèse réside dans les conditions de vie difficiles que représentent les toitures végétalisées. Les espèces thermophiles peuvent se développer facilement sur ce type de milieu mais représentent en moyenne seulement 20% des espèces présentes.

Les zones d'agricultures urbaines sont très riches en espèces (35 espèces en moyenne sur les dix quadrats). Elles sont légèrement attractives pour la faune avec des indices un peu au-dessus de la moyenne. Toutefois, ce sont des milieux très perturbés que ce soit chimiquement ou mécaniquement. En effet, le sol des zones d'agricultures urbaines est souvent retourné pour cultiver des plantes comestibles ce qui augmente le pourcentage d'espèces annuelles du milieu (Michael, 1999). De plus, certains engrais, notamment le compost, sont souvent utilisés ce qui expliquerait l'enrichissement du sol. Enfin, ces ZAU sont très fréquentées. Le piétinement et l'apport de déchets pourraient aussi expliquer le taux élevé de nitrophilie que nous pouvons retrouver dans ces zones.

Après cette description de chaque espace, nous avons voulu les comparer. L'indice W du test de Wilcoxon et les p-values associées ont été répertoriés dans l'Annexe IV. Pour simplifier l'analyse, j'ai créé le Tableau 5 avec le classement des espaces verts urbains selon les traits éco-biologiques choisis.

*Tableau 5 : Classement des espaces verts urbains de la plus haute moyenne (case la plus haute) à la plus basse moyenne (case la plus basse). Lorsque deux espaces verts urbains sont dans la même case, il n'existe pas de différence significative entre les deux moyennes. Le trait épais noir représente la moyenne de l'Île-de-France. Les noms entre parenthèses signifient qu'il n'y a pas de différence significative entre la moyenne et le milieu entre parenthèse. ZAU = Zones d'agricultures urbaines*

Fréquence	Richesse	Zoochorie	Entomophilie	Offre en nectar	Nitrophilie	% Annuelles
ZAU	ZAU	(Prairie)	Toiture	Toiture	ZAU	(Toiture)
Prairie	Prairie		ZAU	ZAU	(Prairie)	(ZAU)
Toiture	Toiture		ZAU	Prairie	Prairie	Prairie
		(ZAU) Toiture				

Grâce au Tableau 5, nous pouvons d'abord observer qu'il n'existe aucune différence significative entre les trois milieux concernant l'indice d'entomophilie. Nous pouvons ensuite voir les caractéristiques propres de chaque milieu étudié.

Les prairies urbaines sont originales car elles représentent le milieu le plus stable des trois étudiés avec son faible pourcentage d'espèces annuelles. Elles sont aussi caractérisées par leur haut pourcentage d'espèces zoochores et par leur plus faible offre en nectar notamment à cause de la présence d'une grande majorité de Poacées et donc d'espèces non mellifères. Les toitures végétalisées représentent le milieu le plus attractif, des trois étudiés, pour les pollinisateurs. C'est également celui qui est le moins perturbé chimiquement. Les zones d'agriculture urbaines sont les milieux les plus riches mais aussi les plus instables des trois étudiés.

Nous avons pu observer les traits caractéristiques des milieux étudiés et donc déterminer l'originalité de chaque milieu. Toutefois, nous avons seulement effectué des comparaisons de moyennes deux à deux pour réaliser le Tableau 5 et nous n'avons pas pris en compte toutes les variables en même temps. Pour vérifier les résultats obtenus dans ce tableau, c'est-à-dire que les trois types d'espaces verts urbains étudiés sont des milieux aux caractéristiques propres, j'ai décidé d'effectuer une ACP.

Lors de la création de mon ACP, au regard de l'histogramme de répartition de mes données, j'ai choisi deux axes pour représenter mes données. J'ai effectué mon ACP avec les sept indicateurs sélectionnés en 1.2.1. Après la création de l'ACP, j'ai pu constater que l'indice d'entomophilie n'avait aucune influence sur la répartition des points. De plus, nous avons vu que ce même indice ne permet pas de discriminer les trois types d'espaces verts urbains. J'ai donc décidé de créer une nouvelle ACP en ne prenant pas en compte l'indice d'entomophilie (Figure 11).

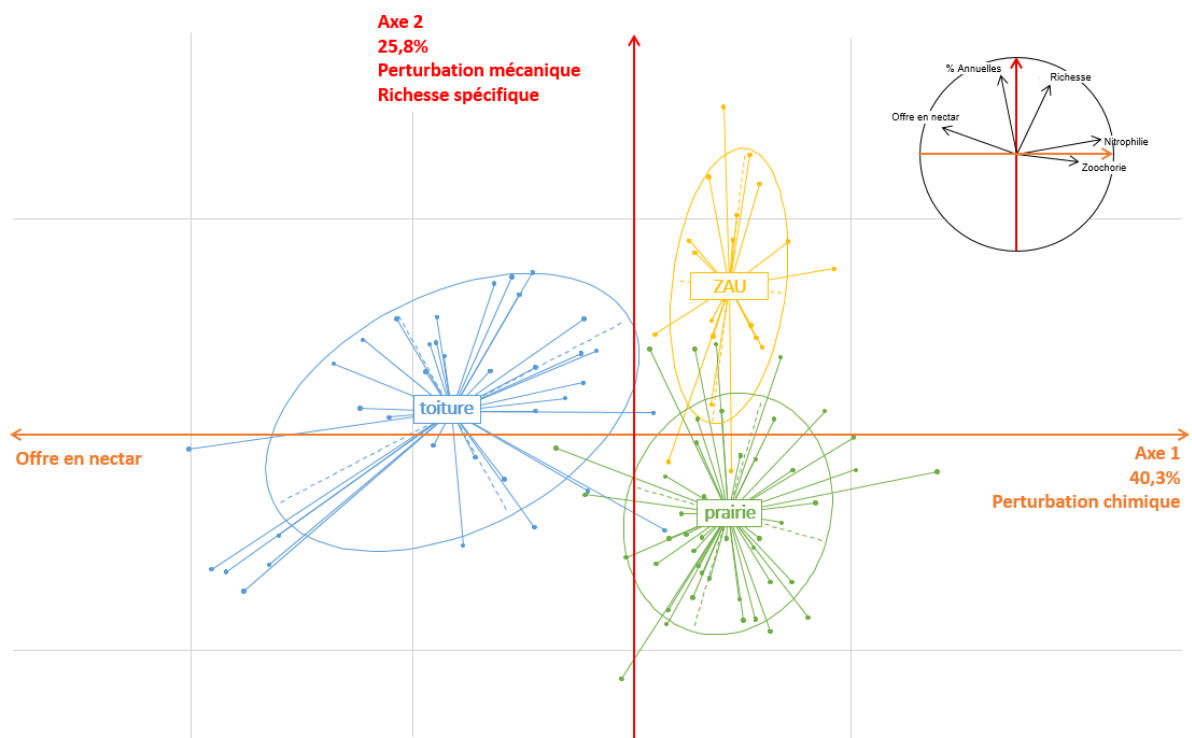


Figure 11 : ACP des trois types d'espaces verts selon six variables qui reposent sur les traits écobio-écologiques. ZAU = zones d'agriculture urbaines



Les deux axes de la seconde ACP expliquent 66,1% de l'information alors que la première ACP expliquait seulement 57,1% de l'information (Annexe V). Nous avons donc décidé de garder la deuxième ACP.

Le premier axe de cet ACP concentre 25,8% de l'ensemble de l'information et le second 40,3%. D'après la règle de Kaiser–Guttman, un axe est considéré comme étant intéressant si sa valeur propre est supérieure à 1 (Yeomans & Golder, 2017). Nous pouvons donc nous contenter d'exploiter l'information contenue dans les deux premiers axes pour l'analyse car ils possèdent tous les deux une valeur propre supérieur à 1 et expliquent plus de 60% de l'inertie totale (Annexe VI). L'information contenue dans les quatre autres axes est donc négligeable. La longueur des flèches représente le poids de l'indicateur dans la signification des axes. Par exemple, une longue flèche signifie que l'indicateur a un poids important dans la projection. Au contraire, une courte flèche signifie que l'indicateur n'a pas de poids dans la projection.

L'axe 1 représente la teneur en nectar pour les valeurs négatives et la perturbation chimique (« Nitrophilie ») pour les valeurs positives. L'axe 2 représente la richesse spécifique et la perturbation mécanique (« % Annuelles »).

Le nuage de point représenté sur le plan des axes 1 et 2 nous montre que les trois types d'espaces verts étudiés forment trois groupes différents. Cette observation concorde avec le Tableau 5. Les toitures végétalisées (en bleu) sont caractérisées par une meilleure attractivité pour les pollinisateurs. Les prairies urbaines (en vert) sont le milieu le moins perturbé mécaniquement. Les zones d'agricultures urbaines sont des milieux instables qui possèdent une grande richesse et donc une grande diversité spécifique.

Chacun des trois milieux étudiés apporte quelque chose de différent à la matrice urbaine. Les prairies urbaines sont donc un milieu différent et original qu'il est nécessaire de garder. Elles fournissent un habitat préférentiel de certaines espèces et représentent un milieu stable au regard de son pourcentage d'espèces annuelles. Les prairies urbaines semblent donc importantes pour la biodiversité locale et il faut permettre le développement de celles-ci. De plus, elles constituent des parcelles d'habitats indispensables au développement de certaines espèces et peuvent servir de corridors écologiques pour d'autres en assurant une connectivité entre de plus grandes parcelles (Roy-Christien, 2017).

Comment garder des espaces verts sous forme de prairies urbaines ? D'après la définition des prairies urbaines en 1.1.2, la solution résiderait dans la gestion. Mais comment gérer les prairies urbaines pour qu'elles ne deviennent pas des gazons ou des friches ou même un boisement ? Quelle est l'influence des pratiques de gestion sur la végétation des prairies urbaines ? Le paysage joue-t-il également un rôle quant à la création et le maintien des prairies urbaines ?

## 2. L'influence des pratiques de gestion et du paysage sur la végétation des prairies urbaines

Comme nous l'avons vu en 1.1.2, la gestion façonne la structure des prairies urbaines (Politi Bertoncini et al., 2012). Le paysage peut également influencer sur leur constitution en favorisant ou limitant l'arrivée de nouvelles espèces. En effet, la composition d'un paysage est l'un des facteurs clés expliquant la richesse spécifique à l'échelle régionale (Dauber et al., 2003). Ainsi, dans cette partie, nous allons chercher à voir si la structure du paysage et les pratiques de gestion peuvent avoir une influence sur la végétation des prairies urbaines.

### 2.1 La méthode utilisée

#### 2.1.1 L'Île-de-France, région au cœur du programme Florilèges-prairies urbaines

L'Île-de-France est la région qui abrite le plus de gestionnaires participant au programme Florilèges-prairies urbaines (Figure 12). En 2018, près de 160 prairies y ont été suivies depuis le démarrage officiel de ce programme en 2015.

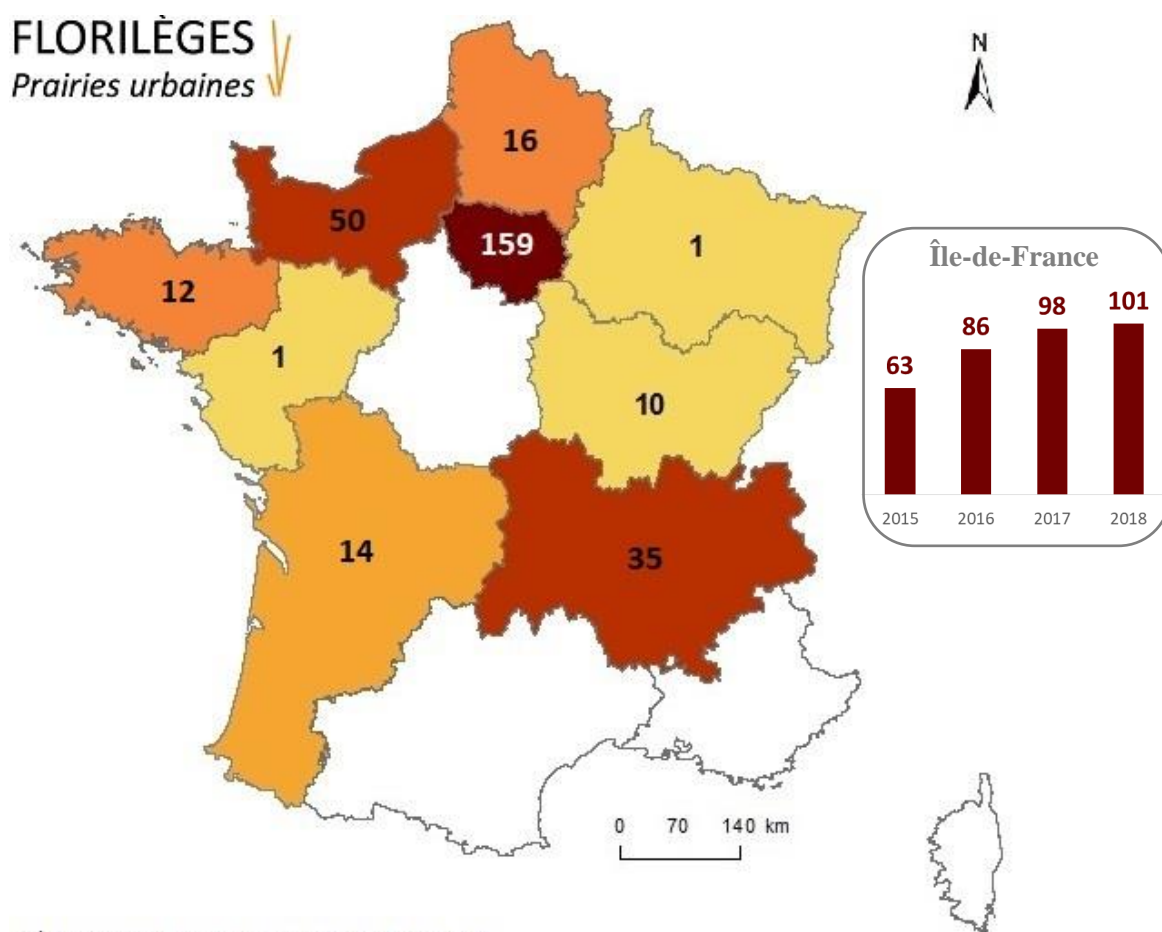


Figure 12 : Nombre total de prairies suivies entre 2015 et 2018 dans toute la France métropolitaine

Cette grande implication des gestionnaires de la région francilienne pourrait s'expliquer par l'animation très forte au niveau régional (1.1.2). C'est la seule région qui voit son taux de participation au programme augmenter d'année en année (Figure 12).

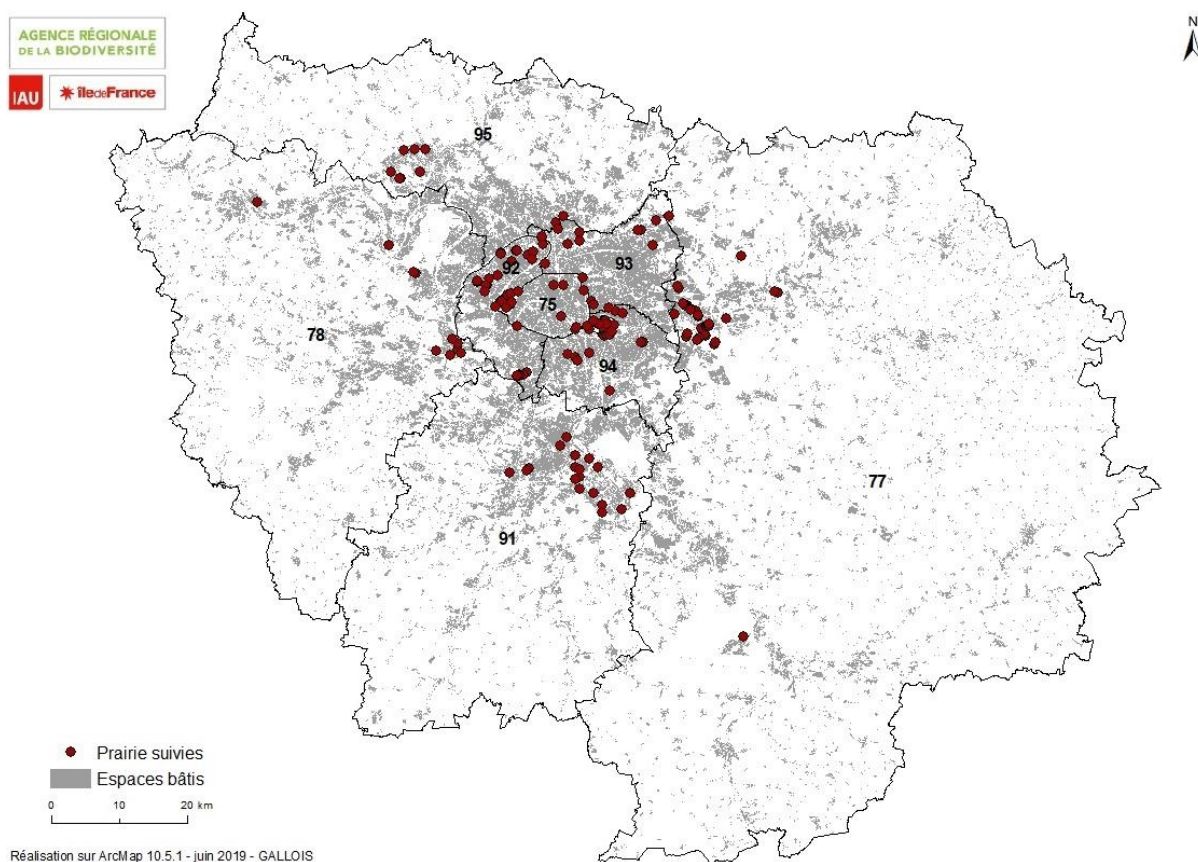


Figure 13 : Localisation des prairies suivies avec le programme Florilèges-prairies urbaines en Île-de-France

Comme il s'agit de la région la plus urbanisée à l'échelle nationale (Figure 13) et qu'elle représente le territoire d'étude de l'ARB îdF, nous nous sommes focalisés sur les données issues de ce territoire pour estimer l'influence des pratiques de gestion et du paysage sur la végétation des prairies urbaines.

Nous pouvons dénombrer 85 prairies suivies par les gestionnaires des départements de Paris et de la petite couronne et 74 prairies suivies par les gestionnaires des départements de la grande couronne. Ces dernières sont toutes situées dans des zones urbaines et sont très proches, pour la majorité, du cœur de l'agglomération parisienne (Figure 13). Nous avons donc utilisé les informations des 159 prairies urbaines qui ont été suivies au minimum une année depuis 2015 jusqu'en 2018. Les données de 2019 n'ont pas pu être prises en compte. En effet, les gestionnaires peuvent effectuer leur terrain jusqu'au 31 juillet et peuvent mettre un certain temps avant de rentrer leurs données sur le site internet. Pour obtenir toutes les données de l'année 2019, il faut attendre fin 2019 voire début 2020.

### 2.1.2 *Des indicateurs adéquates*

Nous avons décidé de recourir aux mêmes indicateurs utilisés en 1.2.1 : richesse spécifique, indice de zoochorie, indice de nitrophilie, indice d'entomophilie, offre en nectar et pourcentage d'espèces annuelles.

Nous avons également ajouté l'**indice de typicité** que nous avons défini comme étant le pourcentage d'espèces typiques des prairies par rapport aux espèces typiques de gazon ou de friches. Cet indicateur s'approche d'un indice de spécialisation écologique des espèces. Il apporte une information qualitative à une donnée quantitative comme la richesse spécifique (Abadie et al., 2011).

Nous avons fait le choix de séparer les données par quadrat afin d'avoir, dans chaque prairie, dix réplicats correspondant aux dix quadrats inventoriés.

En utilisant ces traits écologiques en tant qu'indicateurs, nous allons pouvoir mesurer la réponse des écosystèmes face aux perturbations anthropiques (Niemi & McDonald, 2004). De plus, les traits fonctionnels peuvent être liés à des mécanismes anthropiques comme les traitements dus à la gestion et peuvent donc permettre de mesurer l'influence des pratiques sur la végétation (Kahmen & Poschlod, 2008).

### 2.1.3 *Les variables explicatives choisies*

#### 2.1.3.1 *Création de variables explicatives des pratiques de gestion*

Pour estimer l'effet du mode et de l'intensité de gestion sur la végétation des prairies urbaines, nous avons utilisé les informations issues des fiches de terrain et remplies par les gestionnaires (Annexe I et Annexe II).

L'analyse de ces dernières nous indique qu'il existe, actuellement, quatre types de gestion mis en place dans les prairies franciliennes : fauche coupée, fauche broyée, pâturage et aucune action. Les cinq prairies qui ont une gestion mixte (fauche et pâturage) n'ont pas été considérées dans cette étude.

**La fauche**<sup>23</sup> consiste à supprimer la partie supérieure des plantes par action mécanique pour maintenir un couvert végétal herbacé et éviter la colonisation du milieu par les espèces ligneuses<sup>24</sup>. **La fauche coupée** consiste à utiliser une lame ou une faux pour couper les végétaux. Les résidus de fauche coupée sont généralement valorisés en foin. **La fauche broyée** consiste, quant à elle, à utiliser un rotofil<sup>25</sup> ou un gyrobroyeur<sup>26</sup> qui possèdent une puissance telle qu'elle peut être utilisée sur des herbes hautes voire des friches y compris arbustives. Elle permet d'utiliser du matériel plus résistant qui supporte mieux les cailloux et les rochers. La distinction entre les deux fauches a été demandée par les gestionnaires car, selon eux, les deux techniques sont différentes et auraient donc des conséquences dissemblables sur la végétation des prairies urbaines. Enfin, **le pâturage** est une technique qui fait appel à du bétail pour s'alimenter des végétaux se trouvant dans la prairie.

---

<sup>23</sup> Disponible sur <http://www.saint-geniesdemalgoires.fr/Donnees/Structures/81968/Upload/605614.pdf>

<sup>24</sup> Plantes dont la tige est solidifiée par de la lignine : arbres, arbustes et arbrisseaux

<sup>25</sup> Débroussailleuse portative à fil à nylon permettant de broyer la végétation d'un milieu

<sup>26</sup> Outil tracté par un véhicule permettant de débroussailler un milieu

Pour estimer un gradient d'intensité des pratiques de gestion, nous avons utilisé les informations qui concernent l'intensité de la fauche (fréquence et période) ainsi que la pression de pâturage (type d'animaux, nombre et durée du pâturage exprimée en mois). Les données liées au mode de gestion pâturage et fauche sont des données qualitatives.

La fréquence de fauche est classée en trois catégories : fauché une fois par an, deux fois par an ou plus de deux fois par an. La période est également définie en trois catégories : précoce (entre janvier et mai), estivale (entre juin et août) ou encore tardive (entre septembre et décembre). N'ayant pas le recul nécessaire pour évaluer les effets de l'année n-1, j'ai fait le choix de concentrer mon analyse exclusivement sur la gestion effectuée sur une année. Lorsque le gestionnaire a coché la case "fauché moins d'une fois par an", j'ai considéré qu'il n'avait pas fauché la prairie l'année en question. J'ai également décidé de regrouper les périodes mixtes, c'est-à-dire lorsque la fauche a été faite sur deux ou trois périodes. Ainsi, j'ai renommé la période mixte avec le nom de la période de fauche la plus tôt dans l'année. Par exemple, si le gestionnaire a fauché sa prairie en période estivale et tardive, cette prairie sera catégorisée comme étant une prairie fauchée en période estivale. La période la plus précoce correspond à celle qui est la plus préjudiciable pour le cycle de vie d'une espèce. En effet, lorsque la fauche a lieu trop tôt dans l'année, certaines espèces végétales n'ont pas suffisamment de temps pour fleurir ou fructifier avant la fauche (Zechmeister et al., 2003). Ainsi, une fauche en période précoce est considérée comme exerçant une pression plus forte sur la prairie qu'une autre période de fauche plus tardive. J'ai ainsi pu définir cinq classes d'intensité de gestion (de 0 à 4) répertoriées ci-dessous (Tableau 6).

Tableau 6 : Classes d'intensité de la fauche sur les prairies franciliennes suivies par le protocole Florilèges-prairies urbaines. Du moins intense (0) au plus intense (4)

Fréquence \ Période	Tardive	Estivale	Précoce
Pas de fauche	0	0	0
1 fois par an	1	2	3
2 fois par an	2	3	4
Plus de 2 fois par an	3	4	4

Concernant l'intensité du pâturage, nous avons calculé l'UGB (Unité de Gros Bétail) de la prairie puis l'indice de densité de bétail (Idb) pour retranscrire la pression de pâturage sur le milieu. L'UGB est une unité de référence utilisée pour unifier les différentes catégories d'animaux de bétail en se basant sur leurs besoins alimentaires ou nutritionnels. Un UGB (unité standard) équivaut à une vache laitière adulte. Tous les animaux recensés ont été considérés comme étant adultes puisque leur âge n'a pas été précisé dans les données recueillies. De plus, seul le cheptel total est indiqué mais le nombre de tête pour chaque type d'animaux n'est pas précisé. Dans ce cas de figure, pour chaque prairie concernée, nous avons décidé de faire la moyenne des UGB des deux ou trois types d'animaux pour déterminer l'UGB moyen des animaux en place dans la prairie. Enfin, comme nous possédons la durée annuelle de pâturage exprimée en mois, nous avons rapporté l'unité UGB exprimée en année en mois. Le Tableau 7 regroupe les différents types d'UGB :

Tableau 7 : Unité de gros bétail d'un adulte pour chaque type d'animaux de pâturage. Source : Annexe III du règlement d'exécution no 808/2014 en ce qui concerne la modification et le contenu des programmes de développement rural, la publicité de ces programmes, et les taux de conversion en UGB<sup>27</sup>

Type d'animaux	UGB d'un adulte pour une année	UGB d'un adulte pour un mois
Bovins	1,000	0,080
Equins	1,000	0,080
Ovins	0,150	0,012
Caprins	0,150	0,012

Pour obtenir l'UGB total d'une prairie pour une année, nous avons utilisé l'équation (2).

$$UGB = UGB_{\text{mois}} \times Nb \text{ d'animaux} \times Nb \text{ de mois} \quad (2)$$

UGB = Unité de Gros Bétail

UGB<sub>mois</sub> = Unité de Gros Bétail par mois

Nb = nombre

Enfin, nous avons calculé l'indice de densité du bétail avec l'équation (3). Cet indice nous permet d'estimer la pression de pâturage exercée sur la prairie et donc un gradient d'intensité de gestion.

$$Idb = \frac{UGB}{S} \quad (3)$$

Idb = Indice de densité du bétail

UGB = Unité de Gros Bétail

S = Surface

En récupérant les quartiles et la médiane des données, nous obtenons cinq classes d'intensité.

Nous possédons donc, en combinant la pression de pâturage et l'intensité de fauche, une variable d'intensité de gestion classée en cinq classes (de 0 à 4).

### 2.1.3.2 Une échelle spatiale adéquate pour estimer l'influence du paysage

Les relations entre paysage et diversité végétale dépendent de l'échelle utilisée. En effet, les espèces réagissent différemment au paysage environnant en fonction de leur taille et leur traits fonctionnels (Marini et al., 2008). Nous allons donc chercher à estimer l'échelle la plus pertinente à prendre en compte pour saisir l'influence du paysage sur la richesse spécifique des prairies pour ensuite voir l'influence de cette variable sur les autres indicateurs.

Pour qualifier le paysage, nous avons utilisé le Mode d'occupation du sol (Mos) de 2017 distinguant onze classes. Il s'agit de l'inventaire numérique de l'occupation du sol de l'Île-de-France<sup>28</sup> qui a été réalisé à partir de photos aériennes de toute la région francilienne. Le Mos est une donnée actualisée tous les quatre ou cinq ans. Celui réalisé en 2017 est donc le plus récent disponible. Nous avons regroupé les classes du Mos en trois classes principales pour cette étude (Tableau 8).

<sup>27</sup> Disponible sur <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0669&from=fr>

<sup>28</sup> Disponible sur <https://www.iau-idf.fr/nos-travaux/publications/occupation-du-sol-ile-de-france-2017.html>



*Tableau 8 : Description des trois classes de paysage utilisées pour l'étude*

Groupes	Classes du MOS 2017
Espaces naturels	Forêt Eau Milieux semi-naturels
Espaces ouverts anthropisés	Espaces agricoles Espaces ouverts artificialisés
Espaces bâtis	Habitat individuel Habitat collectif Activités Equipements Carrières, chantiers, décharges Transports

A l'aide du logiciel ArcMap® (version 10.5.1), nous avons créé des zones tampons allant de 100 à 1 000 m autour de chaque site (159 au total) avec un pas de 100 m et estimé la proportion de chaque classe dans chaque zone tampon (10 au total). Ensuite, à l'aide du logiciel R® (version 3.5.2), nous avons créé autant de modèles linéaires (LM) que de zones tampons avec la fonction *lm* du package *stats*. Nous avons donc examiné la relation entre la richesse spécifique et les proportions de chaque classe paysagère dans toutes les zones tampons créées. Nous avons ensuite choisi la zone tampon qui explique le mieux la variation de la richesse soit la valeur de  $R^2$  la plus élevée. Le rayon de la zone tampon de 200 m a généré le meilleur ajustement et a donc été retenu pour les futures analyses (Annexe VII). Cette distance optimale pour voir l'influence du paysage sur la végétation en milieu urbain concorde avec d'autres études (Muratet et al., 2008).

Afin de voir si le paysage et les pratiques de gestion ont ou peuvent avoir une influence sur la végétation, nous avons décidé d'utiliser les variables explicatives répertoriées dans le Tableau 9 :

*Tableau 9 : Variables explicatives utilisées pour la suite de l'étude*

Type de variables	Variables
Pratiques de gestion	Mode de gestion
	Intensité de gestion
	Exportation ou non des résidus de fauche
Paysage	Pourcentage d'espaces naturels (zone tampon 200 m)
	Pourcentage d'espaces ouverts anthropisés (zone tampon 200 m)
	Pourcentage d'espaces bâtis (zone tampon 200 m)
	Longitude (X)
	Latitude (Y)
Caractéristiques de la prairie	Age
	Surface
	Année d'inventaire

Nous avons décidé d'ajouter les variables relatives aux caractéristiques de la prairie car nous pensons qu'elles peuvent avoir un effet sur la végétation des prairies urbaines.

#### 2.1.4 Des modèles linéaires généralisés mixtes

Afin d'estimer l'influence des pratiques de gestion et du paysage, nous avons effectué nos analyses statistiques avec le logiciel R® (version 3.5.2). J'ai utilisé un  $\alpha$  égal à 0,05 pour le seuil de significativité.

Dans un premier temps, nous avons choisi de construire des modèles linéaires généralisés mixtes (GLMM). Les modèles GLMM sont des modèles GLM (modèle linéaire généralisé) dans lesquels le prédicteur linéaire peut contenir des effets aléatoires (Dormann et al., 2007). Ce modèle permet de voir l'influence de la combinaison linéaire des variables<sup>29</sup> sur les indicateurs choisis<sup>30</sup>. Il peut prendre en compte l'autocorrélation spatiale avec l'ajout des coordonnées du milieu (variables X et Y) ainsi que des variables qui ne sont pas distribuées normalement. La mesure de l'autocorrélation spatiale va nous permettre de savoir si les sites qui sont proches géographiquement sont semblables ou dissemblables (Oliveau, 2010) et permet donc d'éviter un biais dans notre étude.

Nous avons créé autant de modèles que d'indicateurs (soit sept) avec la fonction *glmmPQL()* du package *MASS* (Venables & Ripley, 2002). Cette fonction correspond à un modèle mixte linéaire généralisé avec des effets aléatoires normaux multivariés, utilisant la quasi-vraisemblance pénalisée (d'où le «PQL») (Crawley, 2007). Cette fonction peut traiter les mêmes structures d'erreur qu'un GLM, à savoir Poisson (pour les données de comptage), binomial (pour les données de proportion) ou gaussien (pour les données distribuées normalement). Pour tous nos modèles, nous avons choisi d'inscrire la variable « site » comme variable aléatoire.

Dans un second temps, nous avons effectué une ANOVA avec la fonction *Anova()* du package *car* (Fox & Weisberg, 2019) pour estimer les variables qui avaient une influence significative sur les indicateurs. Nous avons également effectué un test de Tukey pour les variables qualitatives dont l'influence était significative afin de démêler les effets au sein de ces variables.

Dans un dernier temps, pour représenter les données, nous avons décidé de créer des modèles GAM (modèle additif généralisé). Ce type de modèle permet d'estimer les relations fonctionnelles lisses entre les variables et les indicateurs et donc de les décrire par des courbes lisses ou d'autres formes de graphiques (Pedersen et al., 2019). Nous avons donc créé ces modèles avec la fonction *gam()* du package *gam* (Hastie, 2019) et nous avons ensuite tracé les graphiques correspondants avec la fonction *plot()* du package *graphics*.

---

<sup>29</sup> Le pourcentage d'espaces naturels, d'espaces ouverts anthropisés et d'espaces bâtis dans la zone tampon de 200 m autour des prairies urbaines, l'âge de la prairie, l'année du relevé, la surface de la prairie, la longitude (X), la latitude (Y), son mode de gestion, l'intensité de gestion et l'export ou non des résidus de fauche.

<sup>30</sup> La richesse spécifique, la typicité, le pourcentage d'espèces annuelles, l'indice de nitrophilie, l'indice d'entomophilie, l'indice de zoochorie et l'offre en nectar.

## 2.2 Des indicateurs influencés par les pratiques de gestion

Nous avons répertorié dans le Tableau 10 les résultats de l'ANOVA. Ce tableau nous permet de voir quelles sont les variables qui influent sur les indicateurs que nous avons choisis.

Tableau 10 : Résultats de l'ANOVA.

En rouge, effet négatif de la variable sur l'indicateur. En vert, effet positif de la variable sur l'indicateur. En bleu, il faut utiliser le test de Tukey pour connaître l'effet des différentes modalités de la variable (Annexe VI).

Code pour la significativité des variables : 0 '\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05

		Richesse	Typicité	Annuelle	Nitrophilie	Entomophilie	Zoochorie	Offre en nectar
Caractères de la prairie	Années	0,45	0,32	0,123	0,10	***	0,26	***
	Age	0,37	0,22	***	***	*	0,82	0,77
	Surface	0,45	*	0,31	0,75	0,24	0,45	0,91
Pratiques de gestion	Export	***	***	0,14	0,42	0,81	***	0,16
	Mode de gestion	***	***	*	***	***	***	0,09
	Intensité	0,08	***	0,82	0,89	0,31	0,31	*
Variables paysagères	Espace naturel	0,05	0,42	0,83	0,08	0,62	0,80	0,4
	Espace ouvert anthropisé	0,3	0,21	0,67	0,16	0,14	0,63	0,31
	Espace bâti	0,52	0,43	0,19	0,86	0,13	0,97	0,72
	Longitude	0,14	0,66	0,13	0,08	0,16	0,43	0,19
	Latitude	0,45	***	***	0,07	0,23	0,73	0,25

Nous pouvons d'abord remarquer que les variables liées aux pratiques de gestion ont une plus grande influence que les variables paysagères sur l'ensemble des indicateurs. Plus précisément, tous les indicateurs, sauf l'offre en nectar, sont influencés par le mode de gestion. Les variables paysagères liées aux espaces se trouvant proches des prairies urbaines n'ont pas d'influence significative sur la végétation des prairies urbaines. La gestion semble donc jouer un rôle crucial quant à la création et au maintien des prairies urbaines.

Pour appréhender l'influence des pratiques de gestion et du paysage, nous allons décrire les variables qui ont une influence significative pour chaque indicateur. Les résultats du test de Tukey ont été répertoriés en Annexe VIII.

## 2.2.1 Indicateurs écologiques

### 2.2.1.1 La richesse spécifique

**La richesse des prairies urbaines** est influencée par l'exportation des résidus de fauche et par le mode de gestion. L'absence de significativité de l'influence des variables paysagères sur la richesse spécifique des prairies urbaines est conforme à d'autres études (Marini et al., 2008) (Tableau 10).

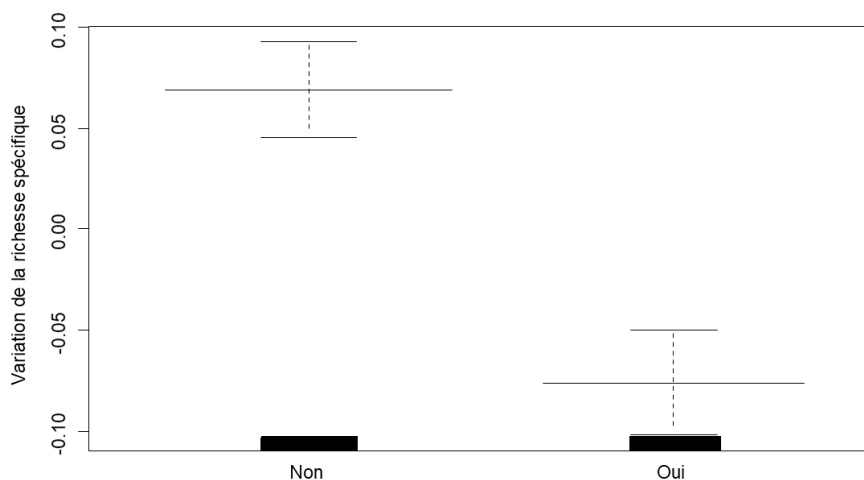


Figure 14 : Influence de l'exportation sur la richesse spécifique. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons.

**Le fait d'exporter les résidus de fauche diminue la richesse spécifique** dans la prairie (Figure 14). Ce résultat ne correspond pas aux précédentes études effectuées qui ont montré que l'exportation des résidus de fauche permet l'augmentation de la diversité des plantes (Noordijk et al., 2009). Le résultat de l'étude de Noordijk et de ses collaborateurs est plus cohérent car la concurrence dans des prairies fortement fertilisées réduit la richesse en espèces en raison d'une exclusion compétitive interspécifique (Rajaniemi, 2002). En d'autres termes, la fertilisation du sol peut augmenter la compétition pour la ressource dans le sol et favoriser les espèces nitrophiles ainsi qu'exclure les espèces sensibles à l'azote (Stevens et al., 2004). L'exportation des résidus de fauche permet l'appauvrissement du sol (Manninen, Forss, & Venn, 2010) et permet de diminuer la compétition pour les ressources dans la prairie et entraîne donc l'augmentation de la richesse en espèce. La différence entre nos résultats et ceux retrouvés dans la bibliographie résiderait peut-être dans le fait que nous utilisons 60 espèces seulement, celles du guide proposé aux gestionnaires participants. La richesse spécifique de notre étude permet seulement de savoir combien d'espèces, sur les 60, sont présentes sur le site. Cette limite quant au nombre d'espèces que nous pouvons retrouver dans une prairie urbaine pourrait constituer un biais dans notre étude. C'est pourquoi nous nous intéressons plus particulièrement aux indicateurs qualitatifs moins soumis à ce type de biais.



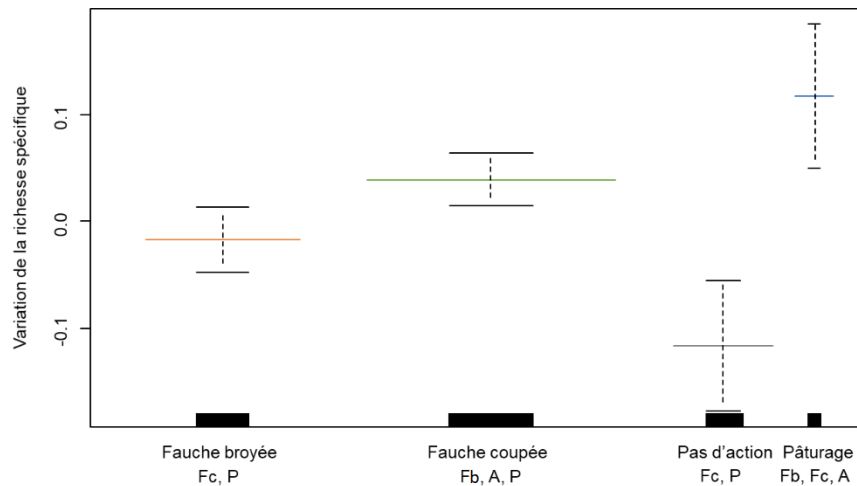


Figure 15 : Influence du mode de gestion sur la richesse spécifique. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons. Les lettres sous chaque pratique de gestion montrent quelles autres pratiques sont différentes significativement de celle-ci (test de Tukey). Fc = fauche coupée, Fb = fauche broyée, A = pas d'action, P = pâturage

**Le pâturage est le mode de gestion qui permet d'augmenter la richesse spécifique** d'une prairie, contrairement à la pratique de la fauche broyée qui va amener à une diminution de la richesse spécifique (Figure 15). Ces résultats concordent avec d'autres études qui ont, elles aussi, remarqué un nombre d'espèces plus élevé dans les parcelles pâturées que dans les parcelles fauchées (Ansquer et al., 2004; Farruggia et al., 2006). Cette plus grande richesse spécifique des prairies pâturées résiderait dans la composition végétale de chaque type de prairie. En effet, une prairie pâturée possède un assemblage de communautés végétales différentes avec par conséquent un grand nombre d'espèces tandis que les prairies fauchées sont plutôt homogènes avec moins d'espèces (Correll, Isselstein, & Pavlu, 2003; Dumont, Farruggia, & Garel, 2007). Les grands herbivores peuvent favoriser la diversité végétale en réduisant l'intensité de la compétition pour la lumière et en créant des lacunes dans la végétation ce qui est propice à l'implantation de nouvelles espèces. L'action de ces animaux induit donc la création de patches de végétation variable en termes de hauteur mais également de composition (Benoit, 2010). Ce mode de gestion représente une forme de perturbation écologique et permet de maintenir un niveau intermédiaire de perturbation (Reitalu et al., 2010). Ce résultat est cohérent avec l'hypothèse de la perturbation intermédiaire (Connell, 1978) qui expose qu'un niveau intermédiaire de perturbation (intensité moyenne) permet l'augmentation de la richesse spécifique à une échelle locale.

De plus, d'après la Figure 15, la non-action entraîne aussi la diminution de la richesse spécifique car, en absence de stress, donc dans le cas d'une prairie non gérée, les espèces très compétitives éliminent les espèces moins compétitives entraînant une diminution de la richesse floristique (Dumont et al., 2007).

### 2.2.1.2 La typicité des prairies

**La typicité des prairies urbaines** est influencée par l'exportation, le mode de gestion, l'intensité de gestion, la latitude et la surface (Tableau 10).

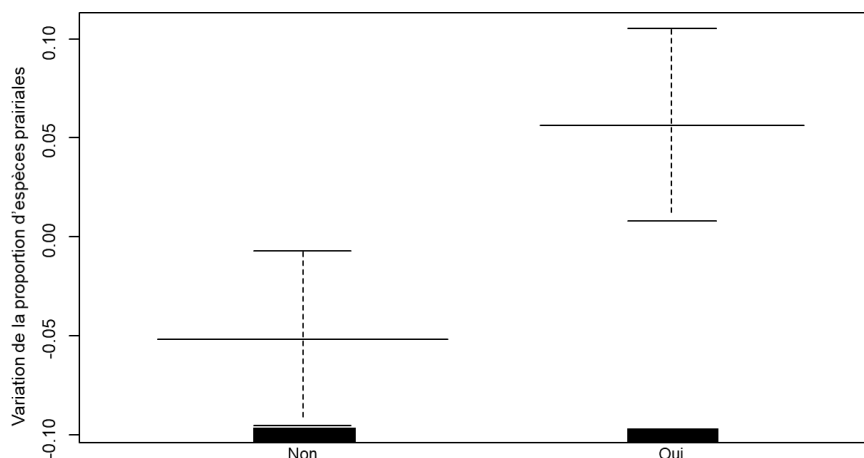


Figure 16 : Influence de l'exportation sur la typicité. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons.

**Le fait d'exporter les résidus de fauche augmente le nombre d'espèces prairiales** dans la prairie (Figure 16). En effet, l'export des résidus évite leur décomposition sur place et va donc permettre l'appauvrissement du sol (2.2.1.1). D'après nos données, les espèces typiques des prairies retrouvées par les gestionnaires sont en moyenne indicatrices d'un sol plus ou moins fertiles (4,89/9) (Tableau 3). Il faut donc appauvrir les sols d'Île-de-France, qui sont en moyenne assez riches (6,12/9), pour voir se développer plus d'espèces prairiales.

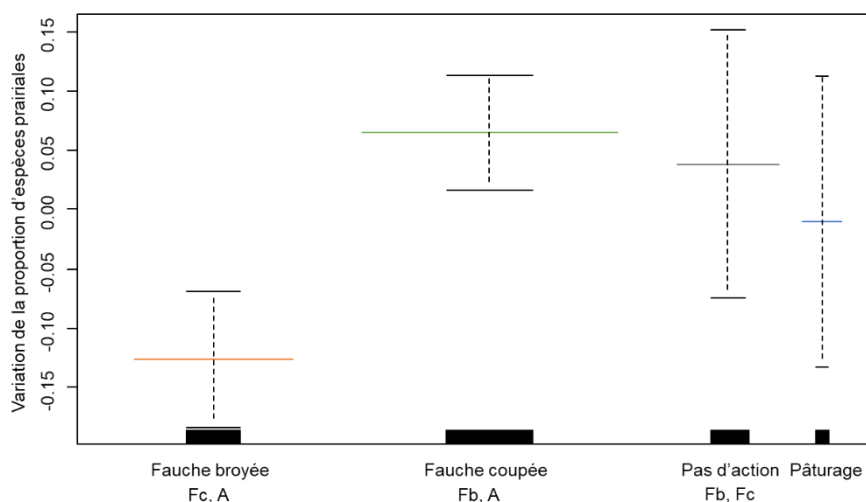


Figure 17 : Influence du mode de gestion sur la typicité. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons. Les lettres sous chaque pratique de gestion montrent quelles autres pratiques sont différentes significativement de celle-ci (test de Tukey). Fc = fauche coupée, Fb = fauche broyée, A = pas d'action, P = pâturage

**La fauche coupée permet l'augmentation du nombre d'espèces prairiales** par rapport aux autres techniques (Figure 17). Il s'agit du mode de gestion le plus uniforme ce qui se révèle favorable aux espèces prairiales sensibles à une moindre perturbation de leur milieu. Une prairie requiert une gestion uniforme et régulière dans le temps. La fauche broyée est plus aléatoire et plus perturbante pour le milieu ce qui explique son effet négatif. Quant à l'effet du pâturage nous remarquons que celui-ci est très variable : le choix du bétail (moutons, vaches, chèvres, chevaux) doit certainement expliquer en partie cette variabilité mais nous n'avons pas un échantillon suffisamment grand pour distinguer ces différents types de pâturage. Enfin l'absence d'action a aussi un effet très variable. Il faudrait certainement avoir un recul sur plusieurs années pour distinguer l'absence d'action.

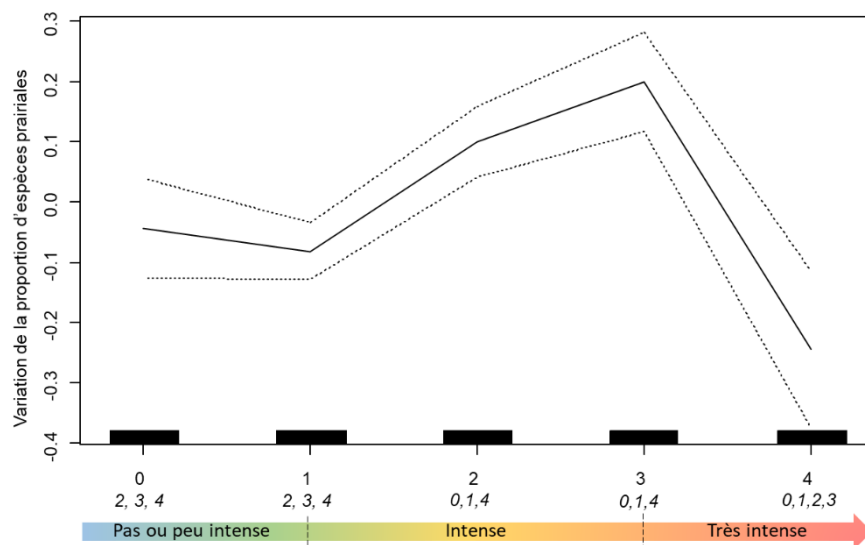


Figure 18 : Influence de l'intensité de gestion sur la typicité. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons. Les chiffres en dessous d'une intensité de gestion montrent quelles autres intensités sont différentes significativement de celle-ci (test de Tukey).

Nous pouvons observer sur la Figure 18, **un effet non linéaire de l'intensité (en cloche) de la gestion sur la typicité de la prairie**. Une prairie qui est gérée de manière trop intensive (indice 4 du Tableau 6 ou pression de pâturage très intense) va évoluer vers un gazon. Au contraire, une prairie qui n'est pas ou trop peu gérée (indice 0 voire 1 du Tableau 6) va, quant à elle, évoluer vers un boisement (Roche, 2016). Cette observation paraît donc cohérente avec la définition d'une prairie urbaine expliquée en 1.1.2.

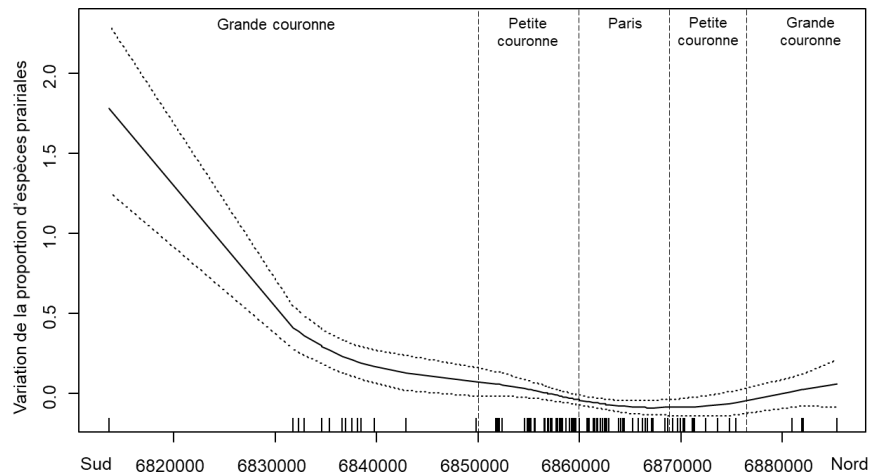


Figure 19 : Influence de la latitude sur la typicité.  
Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons

Nous pouvons remarquer que **les prairies urbaines des départements du sud la grande couronne sont plus typiques que celles des départements de Paris, de la petite couronne et du nord de la grande couronne** (Figure 19). Cette observation nous montre l'existence d'un gradient sud-nord impossible à démêler d'un gradient d'urbanisation qui a une influence sur la proportion d'espèces prairiales. Pourtant, nous n'avons trouvé aucune influence significative du pourcentage d'espaces bâtis autour des prairies urbaines. La latitude serait une variable plus adaptée pour voir l'influence de l'urbanisation par rapport au pourcentage d'espaces bâtis. En effet, les variables paysagères liées aux espaces se trouvant à proximité de la prairie ont été calculées dans une zone tampon de 200 m autour du centre de chaque prairie urbaine. Les zones tampons que nous avons créées prennent donc en compte une partie de la prairie. Le pourcentage d'espaces ouverts anthropisés est donc surestimé et le pourcentage d'espaces bâtis et le pourcentage d'espaces naturels sont sous-estimés. Cela représente un biais dans la création de cette variable.

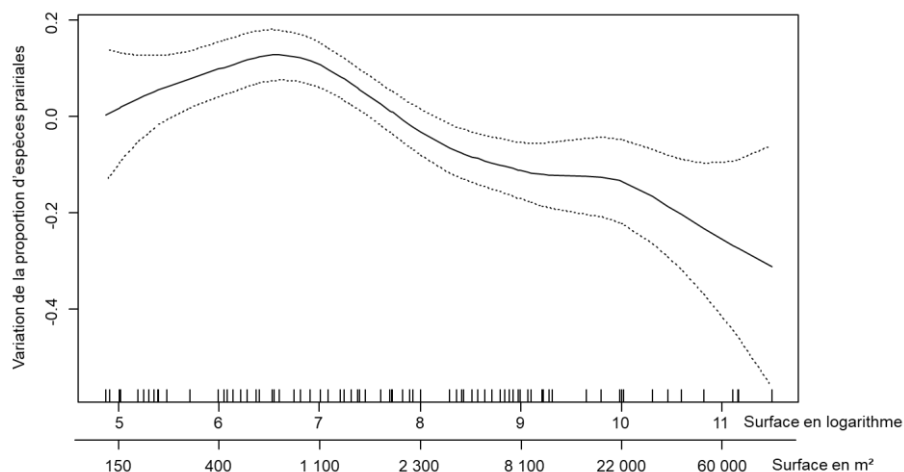


Figure 20 : Influence de la surface sur la typicité. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons

Les résultats obtenus nous indiquent **qu'une petite prairie** (surface entre 0 et 1 100 m<sup>2</sup>) **possède une typicité plus élevée** qu'une grande prairie (surface supérieure à 1 100 m<sup>2</sup>). Si nous ne considérons que la première partie du graphique, c'est-à-dire la surface entre 0 et 1 100 m<sup>2</sup>, nous observons une augmentation du pourcentage d'espèces prairiales avec l'augmentation de la surface. Cette tendance peut être expliquée par la relation aire-espèce, un phénomène très étudié en écologie (Lomolino, 2001). Il permet d'expliquer l'augmentation de la richesse spécifique mais pas précisément celle de la typicité. Cependant, nous pouvons estimer que le nombre d'espèces prairiales dans une prairie évolue comme la richesse spécifique d'un milieu. Toutefois, au-delà de 1 100 m<sup>2</sup>, pour une grande surface, la typicité diminue. Cela pourrait s'expliquer par la structure du paysage qui serait plus impactante sur une grande surface. Plus une surface est grande, plus il est possible de rencontrer une grande variation dans la composition du sol ou encore dans la composition de la végétation de la prairie et des milieux environnants. Les gestionnaires ont choisi des prairies dont la gestion est uniforme pour éviter ce type de biais. Mais, il est possible, même en appliquant la même gestion, que le paysage ait une influence sur les grandes prairies.

Avec les deux indicateurs écologiques choisis, nous avons pu voir que le mode de gestion, l'exportation des résidus, l'intensité de gestion, la latitude et la surface ont une influence sur la végétation des prairies urbaines. Seuls le mode de gestion et l'exportation des résidus de fauche ont une influence significative sur les deux indicateurs. Concernant l'exportation des résidus, nous nous attendions à ce que celle-ci entraîne l'augmentation de la richesse spécifique et l'augmentation de la typicité. Toutefois, ce n'est pas le cas pour la richesse spécifique (Figure 14). Ces résultats nous montrent que la richesse spécifique n'est pas à considérer seule. Il faut toujours l'associer à d'autres indicateurs pour pouvoir conclure sur, par exemple, l'influence des pratiques de gestion sur la végétation. Nous avons décidé de l'associer à la typicité car cet indicateur a été demandé par les gestionnaires. En effet, ils voulaient être capables de qualifier leur prairies et donc d'évaluer leur typicité pour les distinguer des gazons et des friches (Gourmand et al., 2015).



## 2.2.2 Indicateurs de perturbation

### 2.2.2.1 La perturbation mécanique

La **proportion d'espèces annuelles**, d'après nos modèles, est influencée par le mode de gestion, la latitude et l'âge (Tableau 10).

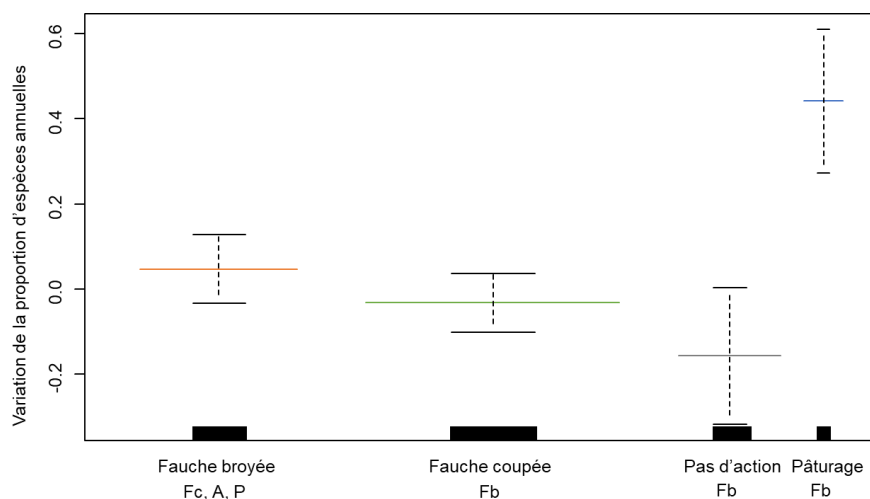


Figure 21 : Influence du mode de gestion sur la proportion d'espèces annuelles. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons. Les lettres sous chaque pratique de gestion montrent quelles autres pratiques sont différentes significativement de celle-ci (test de Tukey). Fc = fauche coupée, Fb = fauche broyée, A = pas d'action, P = pâturage

**Le pâturage permet d'augmenter la proportion d'espèces annuelles** (Figure 21). En effet, le pâturage favorise les plantes annuelles (Díaz, Cabido, & Casanoves, 1998). Toutefois, d'après le test de Tukey, cette pratique n'est pas significativement différente des autres modes de gestion sauf de la fauche broyée. Il existe encore aujourd'hui très peu de prairies pâturées en Île-de-France. Notre échantillon comporte seize prairies pâturées, c'est donc un biais à prendre en compte.

Seule la **fauche broyée** est significativement différente des autres pratiques de gestion et **entraîne l'augmentation du pourcentage d'espèces annuelles** présentes dans la prairie. Le broyage perturbe mécaniquement le sol et favorise le développement des espèces annuelles. En coupant l'herbe en fragments très courts, il est possible de mettre le sol ponctuellement à nu et donc de favoriser le développement d'espèces annuelles pionnières (Eau de Paris, 2014).

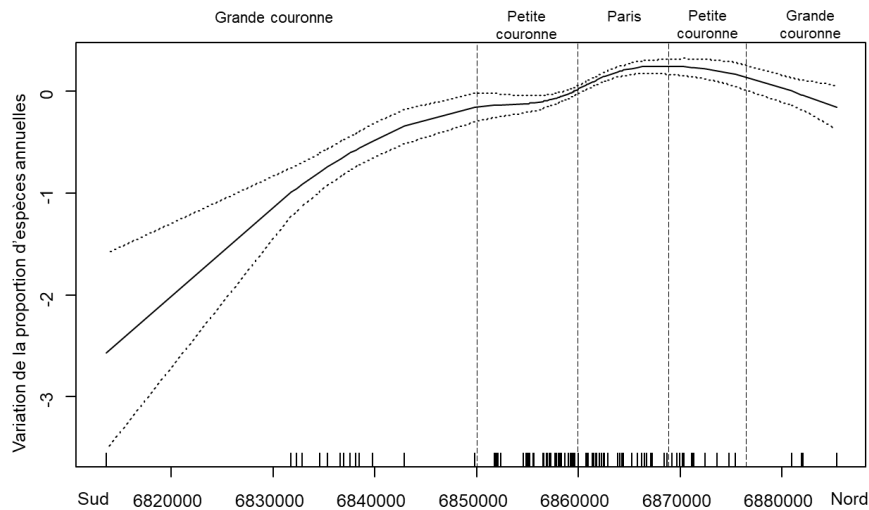


Figure 22 : Influence de la latitude sur la proportion d'espèces annuelles. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons

Nous pouvons remarquer, sur la Figure 22, qu'il existe une influence du gradient d'urbanisation sur les espèces annuelles. En effet, **les espèces annuelles sont plus présentes dans les départements les plus urbanisés de la région parisienne (Paris et la petite couronne)** que dans les départements de la grande couronne, qui sont plutôt recouverts d'espaces ouverts anthropisés et naturels. Les espèces annuelles ont tendances à être favorisées par l'urbanisation, et donc par l'augmentation de l'impact de l'Homme (Fischer, Von der Lippe, & Kowarik, 2013; Williams et al., 2015).

En s'appuyant sur les Figure 19 et Figure 22, nous pouvons remarquer que le gradient d'urbanisation a un impact différent sur les espèces prairiales et les espèces annuelles. Nous observons une corrélation négative entre ces deux indicateurs. Lorsqu'une variable va permettre d'augmenter le nombre d'espèces annuelles, elle va entraîner la diminution des espèces prairiales et vice versa. En effet, une prairie typique tend à être constituée uniquement d'espèces vivaces. L'urbanisation est plus favorable au développement des espèces annuelles qu'à celui des espèces prairiales.

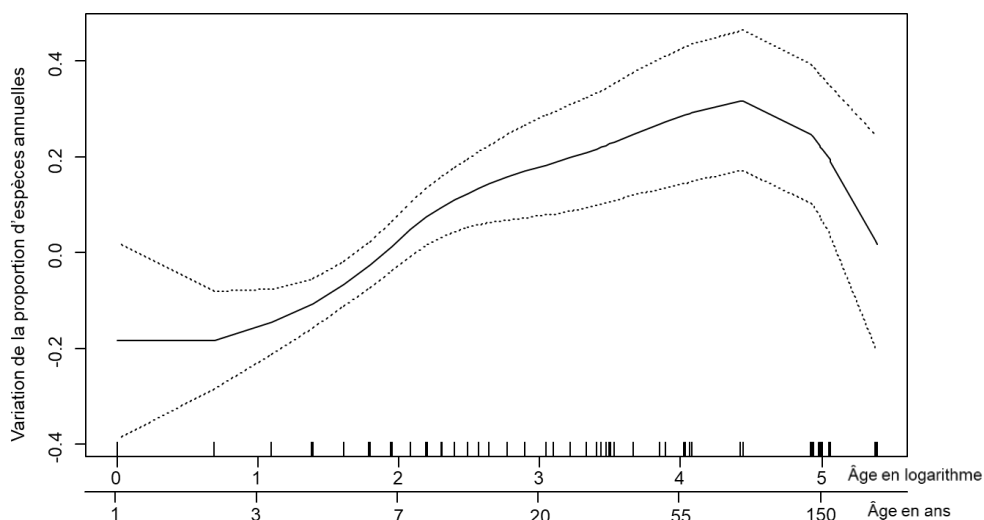


Figure 23 : Influence de l'âge de la prairie sur la proportion d'espèces annuelles Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons

D'après la Figure 23, ce n'est qu'à partir de 90 ans que le pourcentage d'espèces annuelles diminue. Ce résultat est inattendu puisqu'une prairie est, à terme, colonisée entièrement par des espèces vivaces et nous devrions donc observer une diminution des espèces annuelles avec l'âge. Toutefois, les prairies urbaines se développent, comme leur nom l'indique, dans un milieu urbain et sont donc sujettes à des perturbations permanentes. Nous avons vu en 1.1.2 qu'une prairie peut mettre entre quinze et vingt ans pour retrouver un cortège d'espèces typiques. Il est donc normal de continuer à retrouver des espèces annuelles pendant ce laps de temps. Cependant, nous n'arrivons pas à expliquer pourquoi le pourcentage d'espèces annuelles ne fait qu'augmenter au cours du temps pour seulement décroître à partir de 90 ans.

### 2.2.2.2 La perturbation chimique

**L'indice de nitrophilie** est influencé par le mode de gestion et l'âge (Tableau 10).

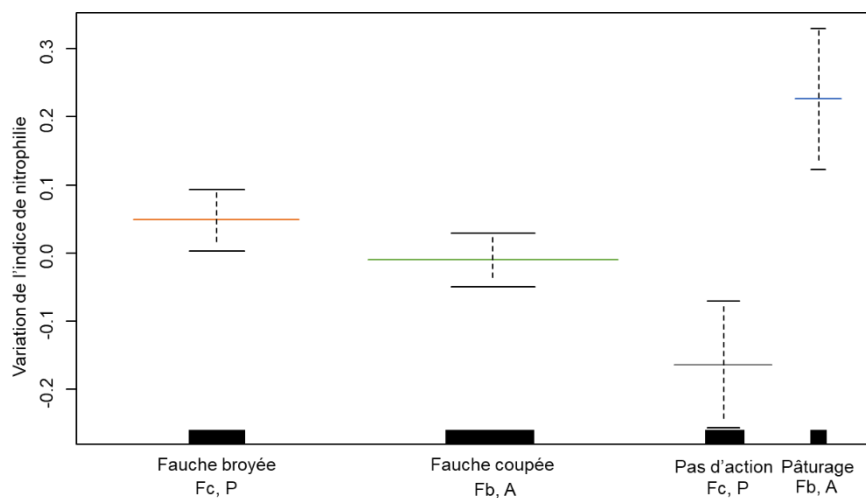


Figure 24 : Influence du mode de gestion sur l'indice de nitrophilie. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons. Les lettres sous chaque pratique de gestion montrent quelles autres pratiques sont différentes significativement de celle-ci (test de Tukey). Fc = fauche coupée, Fb = fauche broyée, A = pas d'action, P = pâturage

**Une prairie pâturée aura un indice de nitrophilie plus fort** qu'une prairie fauchée ou une prairie non gérée (Figure 24). En effet, l'action des grands herbivores comme le dépôt d'urine et de fèces entraîne l'augmentation rapide mais de courte durée de l'azote dans le sol des prairies (Steinauer & Collins, 1995).

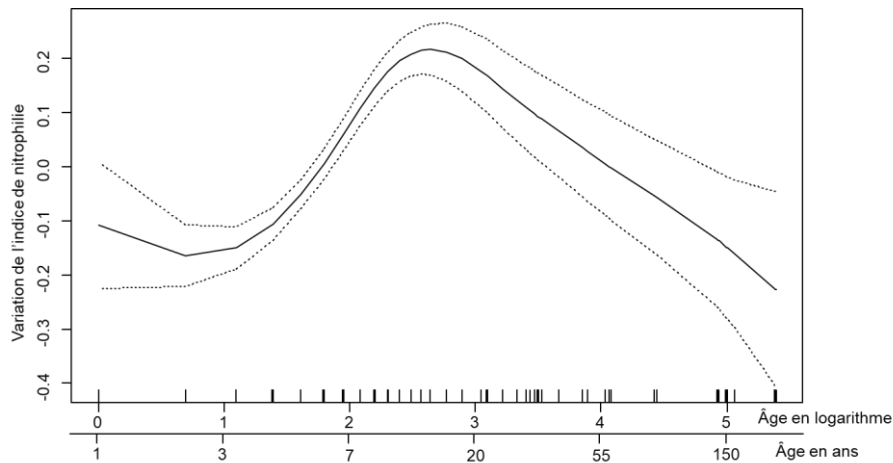


Figure 25 : Influence de l'âge de la prairie sur l'indice de nitrophilie. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons

**L'indice de nitrophilie augmente pour des prairies âgées de 0 à 15 ans et diminue pour des prairies de plus de 15 ans** (Figure 25). Une jeune prairie ou une prairie âgée de plus de quinze ans possèdent moins d'espèces nitrophiles qu'une prairie âgée de dix ans. Nous pensons que les espèces nitrophiles se développent petit à petit sur le sol mésoeutrophile (Tableau 3) des prairies urbaines qui est, en moyenne, assez riche (6,08/9). Puis, à partir d'un certain temps, quinze ans environ, d'après notre modèle, les espèces nitrophiles vont peu à peu disparaître du milieu. Cela peut s'expliquer, d'une part, par le fait que ces dernières ont absorbé une grande partie de l'azote contenu dans le sol provoquant l'appauvrissement du terrain et, d'autre part, par l'apparition progressive de nouvelles espèces à fort potentiel colonisateur. C'est d'ailleurs après quinze ans qu'une prairie va devenir de plus en plus typique (1.1.2). Les espèces nitrophiles sont donc remplacées progressivement par des espèces typiques des prairies moins exigeantes en matière organique (2.2.1.2).

Avec les deux indicateurs de perturbation, pourcentage d'espèces annuelles et indice de nitrophilie, nous avons pu voir que l'âge pouvait également avoir une influence sur la végétation des prairies urbaines. Les modes de gestion qui perturbent le plus la végétation d'une prairie, car favorables au développement des espèces annuelles et nitrophiles, sont donc la fauche broyée et le pâturage.

### 2.2.3 Indices d'interaction avec la faune

#### 2.2.3.1 Le pourcentage d'espèces entomophiles

**La proportion d'espèces entomophiles**, d'après nos modèles, est influencée par le mode de gestion, l'année d'inventaire et la surface (Tableau 10).

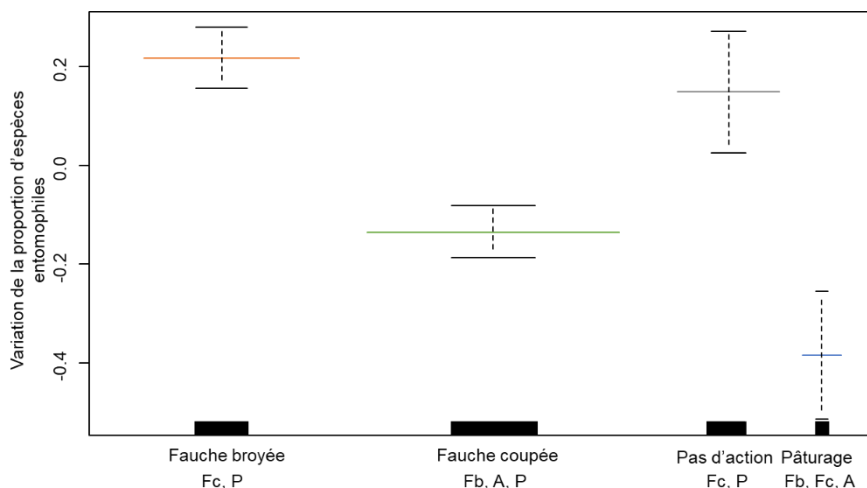


Figure 26 : Influence du mode de gestion sur l'indice d'entomophilie. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons. Les lettres sous chaque pratique de gestion montrent quelles autres pratiques sont différentes significativement de celle-ci (test de Tukey). Fc = fauche coupée, Fb = fauche broyée, A = pas d'action, P = pâturage

**La fauche broyée et la « non-action » favorisent le développement d'espèces entomophiles** contrairement au pâturage qui diminue la proportion d'espèces entomophiles (Figure 26).

Nous avons émis à quelques hypothèses pouvant expliquer que le pâturage soit défavorable aux espèces entomophiles. Tout d'abord, les espèces entomophiles supporteraient peut-être moins bien le piétinement que les autres espèces comme les anémophiles. Ensuite, les espèces entomophiles seraient plus attractives pour le bétail et donc préférentiellement mangées par les animaux. Enfin, les espèces entomophiles pourraient avoir ces deux dernières caractéristiques. Pour vérifier ces hypothèses, il faudrait donc créer et utiliser un indice de piétinement, qui lui, servira à mettre en lumière les espèces supportant ou non la perturbation, et un indice de qualité fourragère prenant en compte les préférences du bétail pour des espèces, afin de comparer les espèces entomophiles et les autres espèces.



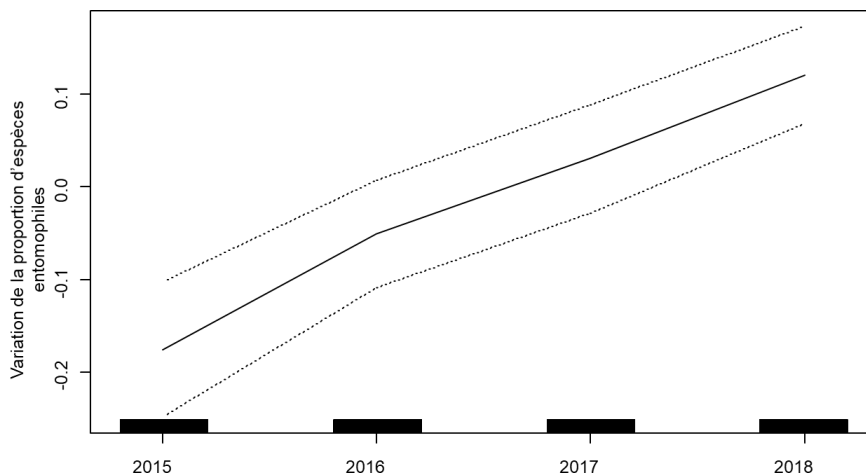


Figure 27 : Influence de l'année d'inventaire sur l'indice d'entomophilie

D'après la Figure 27, nous pouvons remarquer **une augmentation des espèces entomophiles dans les prairies urbaines d'Île-de-France entre 2015 et 2018**. Quelques hypothèses pourraient expliquer ce résultat.

La première réside dans l'envie des gestionnaires de mettre en place des actions plus écologiques dans leurs prairies. Leur participation au programme Florilèges-prairies urbaines les a peut-être poussés à remettre en question leurs pratiques de gestion et à les adapter dans le but d'augmenter la biodiversité de leurs prairies. Ainsi, depuis leur participation, ils ont pu mettre en place des actions favorisant les pollinisateurs et donc les espèces végétales entomophiles. Par exemple, ils ont pu faucher de plus en plus tard dans l'année ou encore arrêter d'arracher des espèces en fleurs entomophiles qui sont considérées comme des « mauvaises herbes » telle que le Cirse des champs (*Cirsium arvense*) ou encore le Pissenlit (*Taraxacum sp*). De plus, les gestionnaires qui participent au programme sont souvent déjà sensibles aux questions de l'environnement et le fait d'appartenir à un programme comme celui de Florilèges leur a permis de devenir acteur pour la protection de l'environnement et de la biodiversité.

La seconde consiste à dire que depuis 2015 au moins, les milieux prairiaux sont de plus en plus favorables aux pollinisateurs. Les gestionnaires ont retrouvé de plus en plus d'espèces entomophiles dans les prairies ce qui impliquerait donc l'augmentation des pollinisateurs dans ces milieux.

Pour vérifier la première hypothèse, nous avons regardé si le nombre de pratiques favorables à l'installation d'espèces entomophiles, soit la fauche broyée et la non-action (Figure 26), avait augmenté au fur et à mesure des années. Sachant que le nombre de prairies a évolué au fur et à mesure des années, nous avons pris en compte le pourcentage de ces pratiques favorables vis-à-vis des autres pratiques.

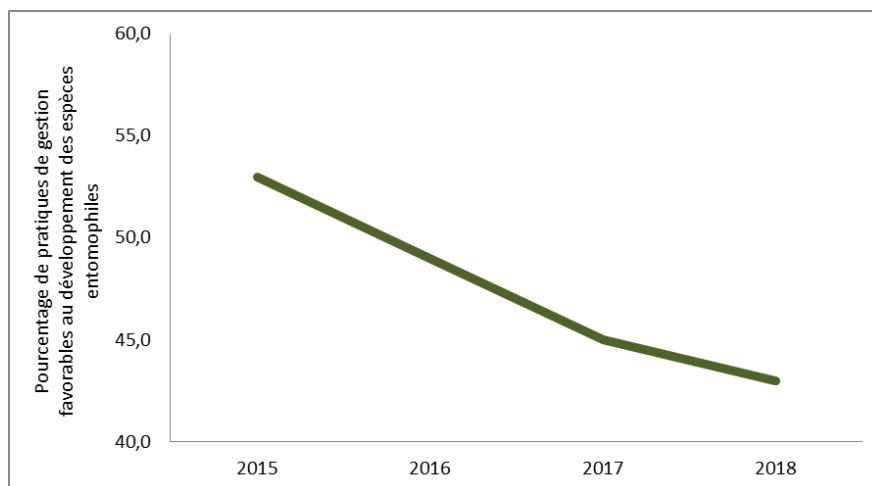


Figure 28 : Pourcentage de pratiques de gestion favorables au développement des espèces entomophiles en fonction des années d'inventaire

Nous n'avons pas retrouvé la même tendance entre le pourcentage de ces pratiques favorables et les espèces entomophiles (Figure 28). En effet, ces pratiques favorables représentent 53% des pratiques effectuées en 2015, contre 49% en 2016, 45% en 2017 et 43% en 2018. Nous voyons donc une diminution de l'utilisation de ces pratiques au cours du temps alors que nous observons une augmentation progressive du pourcentage d'espèces entomophiles. Nous pouvons donc rejeter cette hypothèse.

Pour vérifier la seconde hypothèse, et enrichir notre étude, nous suggérons de croiser les données Florilèges-prairies urbaines avec des données portant sur les pollinisateurs tels que le programme Propage<sup>31</sup> pour PROtocolle PApillons GEstionnaires qui est un suivi des papillons de jours effectué par les gestionnaires d'espaces verts ou encore SPIPOLL<sup>32</sup> pour Suivi Photographique des Insectes POLLinisateurs effectué par le grand public. Ces deux programmes sont issus de sciences participatives. Pour le moment, nous ne pouvons pas conclure sur cette hypothèse.

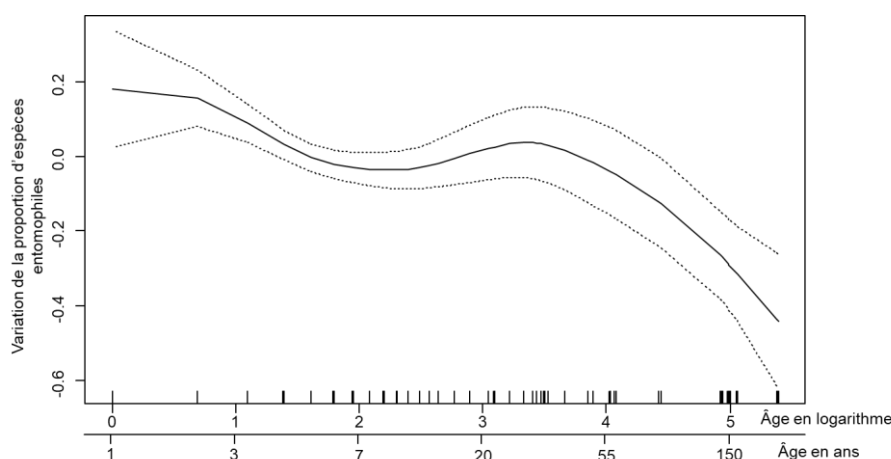


Figure 29 : Influence de l'âge sur l'indice d'entomophilie. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons

**Le pourcentage d'espèces entomophiles diminue avec l'âge de la prairie** (Figure 29). Avec l'âge, comme nous l'avons déjà vu, une prairie est colonisée progressivement par des espèces

<sup>31</sup> Disponible sur <http://www.vigienature.fr/fr/propage>

<sup>32</sup> Disponible sur <https://www.spipoll.org/>

prairiales qui sont principalement des Poacées et certaines Fabacées. La majorité des Poacées sont des espèces anémophiles et remplacent donc progressivement les espèces entomophiles présentes initialement dans la prairie.

### 2.2.3.2 Le pourcentage d'espèces zoochores

**L'indice de zoochorie**, d'après nos modèles, est influencé par l'exportation des résidus de fauche et par le mode de gestion (Tableau 10).

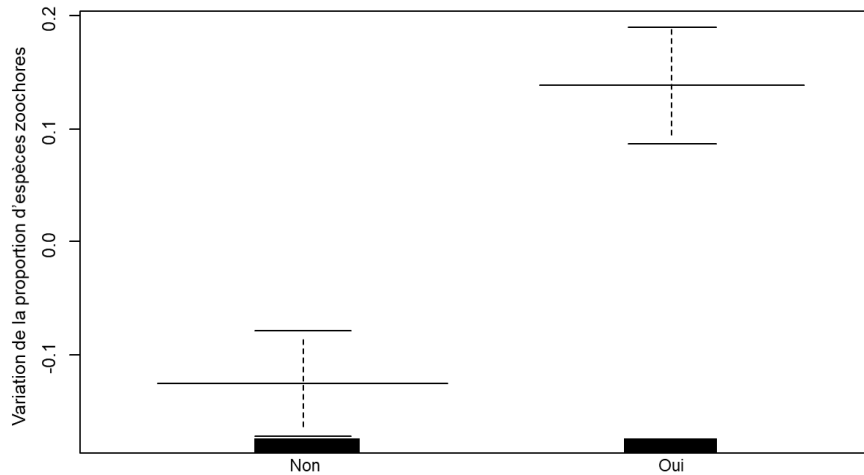


Figure 30 : Influence de l'exportation sur l'indice de zoochorie. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons

**Le fait d'exporter les résidus de fauche augmente le nombre d'espèces zoochores** (Figure 30). Nous pensons que cette observation peut être liée à la période de fauche et donc à la période d'exportation des résidus. Par exemple, si la période de fauche a eu lieu tôt, les espèces zoochores, qui dispersent peut-être leur graine plus tôt que les autres types d'espèces, ne seraient pas impactées négativement par l'exportation des résidus de fauches.

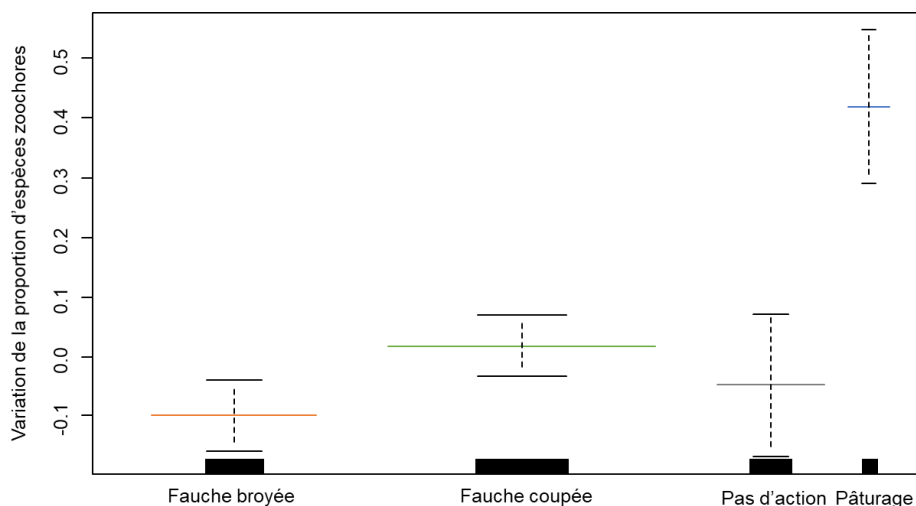


Figure 31 : Influence du mode de gestion sur l'indice de zoochorie. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons. Aucune différence significative entre les pratiques de gestion n'a été trouvée

**Le pâturage permet l'augmentation du nombre d'espères zoochores** dans une prairie (Figure 31). Plus de 60% des espèces zoochores retrouvées dans les prairies sont des espèces épizoochores, c'est-à-dire des espèces qui possèdent des graines qui se collent au plumage et au pelage des animaux comme le cas du Dactyle aggloméré (*Dactylis glomerata*) et du Trèfle des prés (*Trifolium pratense*). En effet, la combinaison de la large gamme de hauteurs de plantes et le poids des graines montre que la plupart des espèces de prairies sont théoriquement capables de se disperser de manière adhésive (Couvreur et al. , 2004). Il ne paraît donc pas surprenant qu'une prairie où se déplacent des mammifères soit favorable au développement d'espèces zoochores. Les moutons, par exemple, dispersent très bien les graines d'espèces typiques de prairies comme les graines de Poacées et va donc favoriser leur développement (Fischer, Poschlod, & Beinlich, 1996). Toutefois, d'après le test de Tukey, il n'existe aucune différence significative entre les quatre modes de gestion étudiés.

### 2.2.3.3 L'indice d'offre en nectar

**L'indice d'offre en nectar**, d'après nos modèles, est influencé par l'année de relevé et par l'intensité de gestion (Tableau 10).

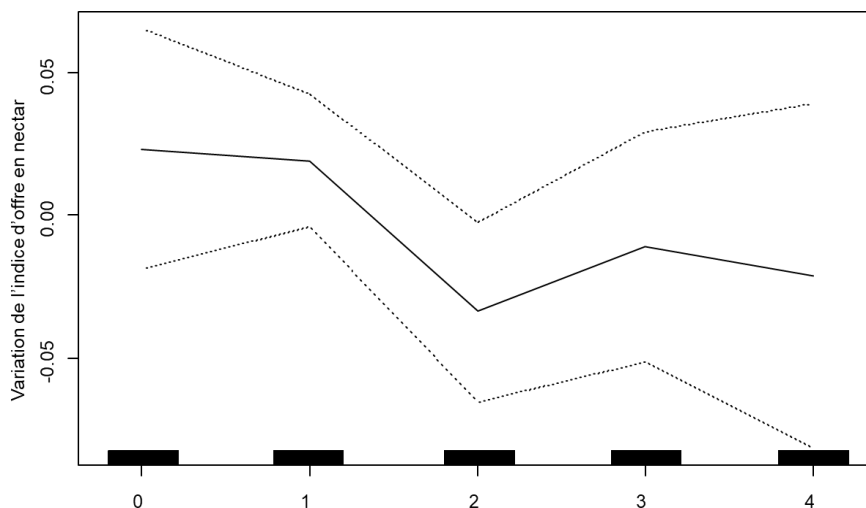


Figure 32 : Influence de l'intensité de gestion sur l'offre en nectar. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons. Aucune différence significative n'a été retrouvée entre les intensités de gestion

Une gestion peu intense ou l'absence de gestion permet de garder une certaine ressource en nectar disponible pour les pollinisateurs (Figure 32). Toutefois, d'après le test de Tukey, il n'existe aucune différence significative entre les quatre modes de gestion étudiés.

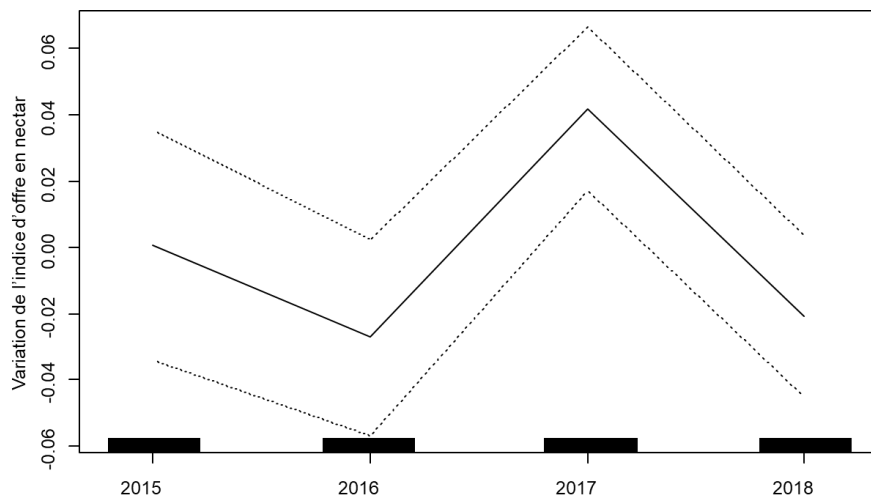


Figure 33 : Influence de l'année d'inventaire sur l'offre en nectar. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons.

Nous n'observons **pas un effet linéaire concernant l'année de relevé** (Figure 33). Nous pouvons seulement voir un pic de disponibilité en ressource pour l'année 2017.

Avec les trois indicateurs d'interaction avec la faune, nous avons pu voir que l'année de relevé pouvait également avoir une influence sur la végétation des prairies urbaines. Les résultats concernant l'offre en nectar ne sont pas très concluants car nous ne possédons pas suffisamment de données sur cet indicateur (Figure 32 et Figure 33). En effet, plus de 300 espèces sur les 549 retrouvées dans les prairies urbaines d'Île-de-France depuis 2015 n'ont pas de données concernant leur offre en nectar. Ainsi, deux variables sont significatives pour expliquer l'influence de cet indicateur (intensité de gestion et année de relevé), mais nous n'avons pu trouver aucune différence significative entre les types d'intensité. Cet indicateur ne permet pas de conclure sur l'influence des pratiques de gestion ni sur l'effet du paysage sur la végétation des prairies urbaines.



#### 2.2.4 *Des indicateurs et variables pertinents mais discutables*

L'analyse des données du programme Florilèges-prairies urbaines à travers les traits écobiotiques de la végétation de ces milieux a permis de mettre en évidence certains effets à l'échelle locale des pratiques de gestion et l'influence des caractéristiques des prairies en termes de surface, de date de création et d'année de relevé. Aucune influence significative n'a été retrouvée pour les variables paysagères mis à part le degré d'urbanisation expliqué par la latitude. Toutefois, nous n'avons pas pu expliquer tous les résultats obtenus en prenant en compte seulement les effets d'une variable sur un indicateur. Nous pensons qu'il existe des effets croisés entre les variables.

Nous avons choisi ces indicateurs et variables puisqu'ils nous semblaient être les plus pertinents pour estimer l'influence de variables sur la végétation des prairies urbaines. Toutefois, certains indicateurs et variables ne sont finalement pas assez précis ou possèdent trop de données manquantes pour permettre l'interprétation des modèles. Nous proposons donc des solutions pour les prochaines études sur ce sujet.

Pour le mode de gestion, il nous manque des échantillons concernant les prairies pâturées. Seulement seize prairies de notre échantillon de 159 sont pâturées. Pourtant, cette variable est souvent ressortie dans les modèles statistiques effectués. Il est donc possible que son poids ait été surestimé par rapport à la proportion de prairies qu'elle représente.

Concernant l'offre en nectar, cet indicateur n'a pas rendu de résultats cohérents et interprétables, notamment à cause de son manque de données. Il faudrait donc compléter la base de données TRAFFIF en ajoutant ces données manquantes. Cela permettrait de mieux prendre en compte cet indicateur pourtant essentiel à la compréhension de la disponibilité en ressource du milieu et donc l'attrait des pollinisateurs.

Pour la variable âge, nous pensons qu'elle est liée à la définition des prairies que les gestionnaires ont. Pour leur première année de participation, ils doivent remplir une fiche indiquant la date de création de la prairie (Annexe I). Certains gestionnaires essayent de voir l'évolution de leur pratique et commencent donc le programme Florilèges-prairies urbaines sur des gazons qu'ils souhaiteraient transformer en prairies. De plus, les prairies les plus vieilles ne sont peut-être pas des prairies au sens de la définition en 1.1.2, mais plutôt un milieu homogène appelé espace vert créé à la date indiquée sur la fiche terrain. En effet, les plus vieilles prairies dont nous disposons sont âgées de plus de 200 ans. Ces vieilles prairies ont été touchées par beaucoup de changements au cours des siècles comme les variations climatiques, l'abandon de la gestion du milieu en temps de guerre, etc. qui n'ont pas été considérés dans cette étude. La gestion a donc probablement beaucoup évolué pendant ce laps de temps de même que le paysage alentour ou la délimitation de celles-ci. Nous ne pouvons pas estimer avec précision l'effet de l'âge sur la végétation des prairies urbaines car nous ne connaissons pas l'historique de chaque prairie. Dans les années à venir, nous pensons qu'il serait plus judicieux de regarder depuis combien de temps une prairie est restée avec le même mode de gestion plutôt que d'utiliser l'année de création de la prairie. Cette variable nous permettrait d'observer l'influence des pratiques de gestion dans le temps. Depuis la création du programme, les gestionnaires peuvent indiquer les pressions de gestion non contrôlées, ou en d'autres termes les aléas subis par la prairie (incendie, travaux, etc.) (Annexe II). Avec les années d'inventaire, nous pourrions donc retracer l'historique des prairies avec plus de précision et ainsi mieux comprendre l'influence de la variable « âge » sur la végétation des prairies urbaines. Pour le moment, nous n'avons pas pu utiliser cette variable puisque nous n'avons pas assez de données dans le temps.

Pour les variables paysagères créées, nous pensons qu'elles ne sont finalement pas assez précises. Effectivement, comme nous l'avons vu en 2.2.1.2, ces variables ont été calculées dans une zone tampon de 200 m autour du centre de la prairie. Elles prennent donc en compte une partie de la prairie et surestime le pourcentage d'espaces ouverts anthropisés vis-à-vis des autres types d'espaces (bâti et naturels). En effet, nous n'avons pas à disposition les délimitations géographiques des prairies urbaines étudiées, il était donc difficile de toutes les tracer. Nous pensons donc qu'il faudrait demander à tous les gestionnaires de nous fournir ces données géographiques pour produire des résultats plus fiables concernant le pourcentage d'espaces naturels, d'espaces ouverts anthropisés et d'espaces bâtis autour des sites et donc améliorer l'étude.

Concernant l'intensité de gestion, elle permet de mettre au même niveau l'intensité de gestion de tous les modes de gestion (absence d'action, fauche et pâturage). Toutefois, il serait intéressant de se focaliser sur les prairies fauchées seules pour mesurer l'impact de la fréquence et de la période de fauche. Le fait de séparer ces deux variables permettra aux gestionnaires de mieux comprendre l'impact de ces deux paramètres sur la végétation à l'aide des indicateurs. En effet, les gestionnaires se demandent encore quelle est la meilleure période de fauche pour permettre, par exemple, l'augmentation de la diversité dans une prairie.

Ainsi, nous estimons que nous n'avons pas encore pu prendre assez de recul sur les données du programme qui est encore assez jeune : seulement quatre années de suivi. En effet, à cause de la jeunesse du programme, nous nous sommes contentés de mettre en variable aléatoire les sites d'études pour ne prendre en compte que l'action de la gestion et non l'évolution dans le temps de ces pratiques. Nous estimons donc qu'un minimum de dix ans de suivi est nécessaire afin de pouvoir conclure sur les résultats obtenus. Par exemple, ce n'est qu'en 2019, que le programme Vigie-Flore a sorti ses premiers résultats (Martin, 2019) après avoir été lancé en 2009. Cela fait donc dix ans que ce programme a récolté des données sur la flore de France. Il faut donc prendre nos résultats avec précaution et voir leur évolution dans le temps.

Toutefois, avec les données des quatre dernières années, nous avons pu mettre en évidence l'influence de certaines variables, notamment les variables liées aux pratiques de gestion, sur la végétation des prairies urbaines grâce aux indicateurs que nous avons choisis. Nous allons donc pouvoir répondre aux questions des gestionnaires et les aider à mettre en place des pratiques qui leur permettront de répondre à leurs attentes.

### 3. Les préconisations de gestion

Depuis quelques années, les gestionnaires mettent en place des plans de gestion différenciée qui leur permettent de prévoir sur plusieurs années les actions à mener sur les différents secteurs d'un parc, square, etc. Cette planification écologique inclut différents modes et efforts de gestion afin de sectoriser et diversifier les espaces. Cette pratique a entraîné l'augmentation des prairies urbaines. Depuis lors, les gestionnaires se sont posés de nombreuses questions concernant celles-ci notamment sur leur définition et leur gestion. Dans cette partie de l'étude, nous allons chercher à comprendre les objectifs et questionnements des gestionnaires dans le but de les aider à adapter leur gestion en faveur du maintien voire de l'amélioration de la diversité floristique de leurs prairies urbaines.

#### 3.1 Objectifs et questionnements des gestionnaires

##### 3.1.1 Un objectif commun pour leurs prairies : l'accroissement de la biodiversité

Nous avons questionné les gestionnaires quant aux objectifs qu'ils cherchaient à atteindre au sein de leur prairie. Cela nous permet de mieux appréhender ces questions et ainsi mieux les aider dans leur réflexion.

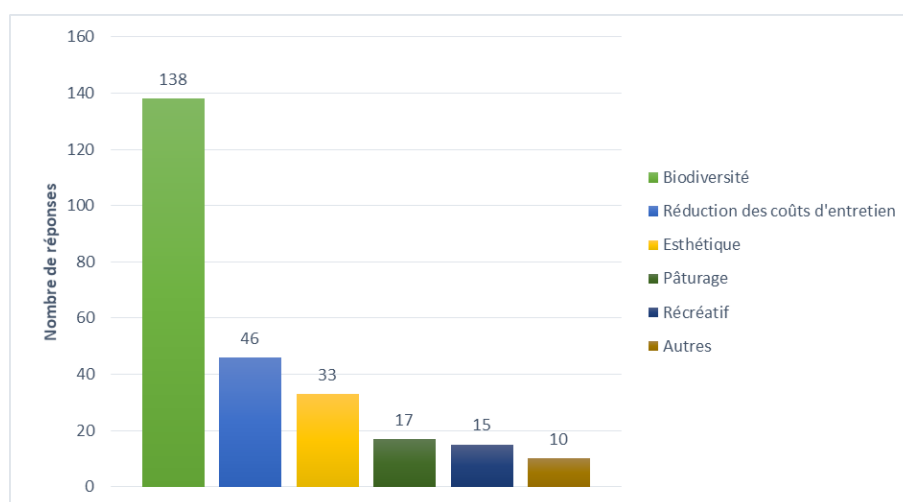


Figure 34 : Objectifs recherchés par les gestionnaires pour leur prairie. Plusieurs réponses ont pu être données. « Autres » correspond aux réponses « sensibiliser », « productions de fruit », « fourrage » et « perspective »

La majorité des gestionnaires cherche à accroître la biodiversité sur leur territoire (Figure 34). Les parcs départementaux de la Seine-Saint-Denis, par exemple, ont pour ambition « d'être des cœurs de nature dans un environnement urbain très dense » selon le département. Les gestionnaires de ces parcs cherchent donc en priorité à augmenter la richesse spécifique de leurs espaces verts en mettant en place des prairies urbaines plus riches que les gazons.

Le deuxième objectif réside dans la volonté de réduire les coûts d'entretien baissant l'intensité et la fréquence de gestion. Cette volonté d'optimiser les entretiens à faibles coûts vient du fait que, depuis quelques années, les gestionnaires font face à une réduction du budget pour l'entretien des espaces verts (Portalez, 2016).

D'autres objectifs comme l'esthétisme, le pâturage ou encore le côté récréatif des espaces verts sont aussi ressortis dans les réponses des gestionnaires. Ces trois aspects pourraient plaire au public. En effet, les gestionnaires vont pouvoir mettre en place une prairie fleurie qui est composée d'espèces végétales avec des fleurs voyantes souvent attractives pour les pollinisateurs et appréciées des citoyens. Le pâturage est une pratique bien reçue par le public. Par exemple, le projet d'écopâturage de Montreuil a été accueilli de façon positive par les habitants de la ville (Clément et al., 2017). Enfin, les prairies urbaines peuvent également être récréatives et prendre en compte les activités des citoyens.

### 3.1.2 *Un questionnement autour des pratiques de gestion et de leur influence*

Les gestionnaires ont commencé à participer au programme Florilèges-prairies urbaines dans le but de mieux connaître la botanique, d'effectuer un état des lieux de leurs sites mais surtout de comprendre l'influence de leurs pratiques sur la faune et la flore des prairies urbaines. Certains gestionnaires ont changé de pratiques avant le commencement du programme ou pendant celui-ci. Par exemple, dans le bois de Vincennes, depuis trois ans, les gestionnaires sont passés de l'utilisation du gyrobroyage (fauche broyée) à la fauche agricole (fauche coupée). Ils n'ont pas encore remarqué une différence dans la composition floristique mais ont pu observer une augmentation du nombre de criquets dans ces prairies gérées d'une nouvelle manière. Ils souhaitent donc, à travers le programme Florilèges et le suivi de la flore associée, estimer l'évolution de la composition floristique du milieu. Également, la ville de Gennevilliers, qui pratique la gestion différenciée depuis 2010, a mis en place « un plan de gestion écologique en 2016 » sur certains sites. Elle souhaite donc connaître l'évolution de la qualité écologique de ces sites grâce aux inventaires floristiques que les gestionnaires effectuent dessus.

La question principale que se posent les gestionnaires est : **quelle est l'influence des pratiques de gestion sur la végétation des prairies urbaines ?** D'autres questions découlent de cette grande interrogation. Nous pouvons retrouver une partie de ces questions dans le bilan 2014 de Florilèges-prairies urbaines (Gourmand et al., 2015) mais également dans les réponses des gestionnaires au questionnaire que j'ai réalisé (Annexe IX) :

- Quels sont les pratiques de gestion qui favorisent la présence d'une grande diversité de plantes ?
- Quels sont les pratiques de gestion les plus favorables pour l'amélioration de la typicité des prairies ?
- L'export des résidus de fauche a-t-il une influence sur la proportion d'espèces prairiales et l'indice de nitrophilie des prairies ?
- Existe-il une différence d'impact entre la fauche coupée et la fauche broyée ?
- Quel type de prairie est favorisé par le pâturage ?
- Comment enrichir les prairies en espèces mellifères ?
- Existe-t-il des pratiques meilleures que d'autres ?
- Quelles sont les pratiques à éviter ?
- Quelles actions sont à effectuer pour rendre les prairies plus attractives pour la faune ?
- Comment concilier accueil du public et biodiversité ?

## 3.2 L'adaptation des pratiques de gestion pour la biodiversité

Nous allons dans cette partie pouvoir répondre aux différentes questions que les gestionnaires se posent et leur permettre d'adapter leurs pratiques de gestion.

### 3.2.1 *Le pâturage et la fauche coupée, pratiques favorables pour la biodiversité floristique*

Pour accroître la richesse spécifique des prairies, nous recommandons de mettre en place du pâturage. Comme nous l'avons vu, celui-ci permettra la création de patchs de végétation diverses (Benoit, 2010). Ce mode de gestion représente une forme de perturbation écologique mais permet de maintenir un niveau d'intensité de gestion intermédiaire qui entraîne l'augmentation de la richesse spécifique (Reitalu et al., 2010). Toutefois, le pâturage entraînera la diminution du nombre d'espèces entomophiles et d'espèces se développant sur les sols pauvres.

La fauche coupée avec l'exportation des résidus de fauche est également une action favorable à une grande diversité floristique. Nous n'avons trouvé aucune influence significative de l'intensité de gestion sur la richesse spécifique. En effet, nous avons rassemblé les paramètres d'intensité de fauche (période et fréquence) et pression de pâturage pour créer une seule et même classe et pour comparer l'influence de ces deux modes de gestion (2.1.3.1). Nous ne pouvons pas préconiser de période ou de fréquence de fauche adéquate pour augmenter la richesse spécifique d'après nos résultats. Toutefois, d'après d'autres études, une fréquence faible permettrait d'augmenter l'hétérogénéité floristique de la prairie (L. K. Fischer et al., 2013; Manninen et al., 2010). Concernant la période de fauche, des études suggèrent de l'effectuer à la fin de l'automne (fauche tardive) pour impacter le moins le cycle de vie des végétaux (Roy-Chrétien, 2017). Il faut cependant faire attention à ne pas pratiquer uniquement la fauche tardive chaque année car elle a un effet négatif sur les fleurs sauvages automnales (Köppler et al., 2014; Manninen et al., 2010).

Pour améliorer la typicité d'une prairie, nous préconisons de mettre en place une fauche coupée d'intensité moyenne, c'est-à-dire une fauche tardive ou estivale deux fois par an ou une fauche estivale ou précoce une fois par an. La fauche coupée est le mode de gestion le plus uniforme et permettra le développement d'espèces prairiales sensibles aux perturbations. Nous estimons qu'une intensité de gestion moyenne permettra d'augmenter le nombre d'espèces prairiales en limitant la propagation d'espèces ligneuses qui refermeraient le milieu. L'exportation des résidus de fauche permettra également de garder une prairie typique grâce à l'appauvrissement du sol qu'elle induit. De plus, les résidus peuvent être facilement valorisés. Par exemple, au bois de Vincennes, les résidus de fauche sont transformés en foin pour nourrir les chevaux. L'export des résidus impacte le nombre d'espèces prairiales mais n'a aucun effet sur le nombre d'espèces nitrophiles retrouvées dans la prairie.

Nous conseillons l'utilisation de la fauche coupée plutôt que broyée car cette dernière a un impact négatif sur la proportion d'espèces prairiales retrouvées dans la prairie. La fauche broyée est encore employée puisqu'elle permet de se servir de matériel plus résistant que la fauche coupée et peut s'utiliser dans des milieux plus accidentés (présence de cailloux, rochers, etc). Une coupe nette sera toujours moins impactante pour le milieu et pour le végétal<sup>33</sup>. De plus, le broyage est favorable au développement d'espèces annuelles montrant une certaine instabilité du milieu.

---

<sup>33</sup> Disponible sur <http://www.saint-geniesdemalgoires.fr/Donnees/Structures/81968/Upload/605614.pdf>



### *3.2.2 La non-action sur une année et la fauche coupée, pratiques favorables pour la faune prairiale*

Les prairies urbaines fournissent des habitats intéressants non seulement pour la flore mais également pour la faune (insectes, petits mammifères, amphibiens, oiseaux et reptiles) (Roy-Chrétien, 2017). Pour prendre en compte le développement des pollinisateurs au sein d'une prairie, nous suggérons de ne pas effectuer d'action sur une année. La non-action a un impact positif sur le développement d'espèces entomophiles et donc sur les pollinisateurs. Le programme étant trop jeune, nous ne pouvons suggérer uniquement que des pratiques de gestion valables sur une seule année. D'après certaines études, une fauche tous les deux ou trois ans serait la meilleure pratique pour impacter le moins les pollinisateurs (Hopwood, 2008). Nous préconisons de mettre en place une fauche coupée dont la fréquence variera en fonction de la hauteur de la végétation. Nous suggérons une fauche coupée plutôt qu'une fauche broyée car cette dernière est néfaste pour la faune. Le broyage déchiquète les végétaux et entraînent de nombreuses destructions comme celle des zones refuges pour les insectes situées au pied des végétaux, des toiles d'araignées, des nids, etc. En plus de cette destruction, la fauche broyée peut éliminer les ressources en nectar et en pollen pour les insectes pollinisateurs (Manninen et al., 2010).

### *3.2.3 Des pratiques adaptées à chaque prairie*

Nous rappelons qu'il ne faut pas généraliser les pratiques de gestion. Chaque gestion doit être choisie judicieusement en fonction des besoins spécifiques relatifs à chacun des sites (Roy-Chrétien, 2017) mais également en fonction des aléas rencontrés. Une prairie urbaine évolue avec le temps et les pratiques de gestion associées doivent aussi évoluer. Par exemple, s'il est recommandé d'effectuer une fauche coupée une fois par an en automne pour garder une prairie typique mais que celle-ci commence à se refermer, nous suggérerons d'augmenter le nombre de fauche pour éliminer les espèces ligneuses. Les prairies peuvent aussi évoluer à cause de leur changement d'usage. Par exemple, un gestionnaire m'a informé qu'une de ces prairies typiques, peu fréquentée, était depuis peu utilisée par des adolescents tous les mercredis dans le but de pratiquer une activité sportive, ici le football. Avec le temps, le piétinement et la perturbation que ces adolescents produisent sur cette prairie vont changer la composition floristique de celle-ci. Les pratiques de gestion doivent également s'adapter aux activités humaines pour faire en sorte de maintenir le milieu prairial.

Nous avons donc choisi de résumer les avantages et les inconvénients de chaque pratique de gestion dans le Tableau 11 pour permettre à chaque gestionnaire de connaître les effets de chaque pratique.

Tableau 11 : les différentes pratiques de gestion avec leurs avantages et leurs inconvénients

Pratiques de gestion	Avantages	Inconvénients
Fauche coupée et exportation des résidus	Favorable aux espèces prairiales et à la diversité des espèces floristiques Favorable au développement de la faune	Augmentation du temps de travail Débouchée parfois difficile pour les résidus de fauche
Fauche broyée	Favorable à l'établissement d'espèces entomophiles Utilisation de matériel plus robuste Fauche possible dans les milieux accidentés	Néfaste au développement des espèces prairiales Destruction des végétaux, zones refuges pour les insectes, toiles d'araignées, nids Perturbe pour la faune Propice au développement des espèces annuelles → perturbation mécanique
Pâturage	Favorable à la diversité des espèces floristiques Souvent bien reçu par certains habitants	Néfaste au développement des espèces entomophiles Bénéfique aux espèces nitrophiles → perturbation chimique
Pas d'action sur une année	Favorable à l'établissement d'espèces entomophiles Pas de perturbation chimique	Souvent mal perçu par certains habitants Pas assez de recul pour voir si un effet néfaste de cette pratique existe sur la flore

### 3.3 Une communication indispensable pour l'acceptation citoyenne

Nous avons vu les pratiques de gestion adéquates pour maintenir une prairie diversifiée, typique et favorable au développement de la faune et la flore. Toutefois, sans l'acceptation citoyenne, il va être difficile de maintenir certains espaces verts urbains sous forme de prairie urbaine. Par exemple, lors des formations Florilèges-prairies urbaines de 2019, une gestionnaire est venue nous parler des problèmes rencontrés pour la mise en place de prairies urbaines dans les espaces verts de sa ville. La mairie a en effet reçu plusieurs plaintes relatives au manque de gestion des espaces verts. Des habitants considèrent négativement les éléments qui sont « sauvages » et « désordonnés », c'est-à-dire les espèces spontanées, et attendent de leur municipalité des espaces verts « propres » et « ordonnés » (Nassauer, 2002). A cause de ces plaintes répétées, le maire a demandé aux gestionnaires de tondre pour laisser les espaces à l'état de gazon.

Pour faire face aux mécontentements de certains citoyens, une bonne communication est nécessaire via des panneaux d'affichage, des articles sur le site internet de la ville, les réseaux sociaux, etc. afin de leur expliquer les raisons pour lesquelles certains espaces ne sont pas tondu régulièrement. Par exemple, l'agglomération de Cergy-Pontoise a mis en place des panneaux au niveau de la rue de Marines à Osny pour expliquer le nouveau mode de gestion effectué sur la prairie : une fauche tardive<sup>34</sup>. La visite guidée des espaces verts est aussi une solution pour communiquer auprès des citoyens. Elle permettra de faire constater directement aux citoyens que les sites ne sont pas à l'abandon ou mal entretenus (Clément et al., 2017). Il est important d'impliquer le public pour lui faire accepter les changements de gestion des espaces verts qu'ils connaissent. Expliquer les bienfaits d'une hétérogénéité du paysage sur notamment la qualité de vie des citoyens et l'environnement permettra de limiter les plaintes qui sont souvent dues à un manque d'information (Roy-Chrétien, 2017). Une meilleure compréhension de la biodiversité en ville aidera les citoyens à se reconnecter avec la nature (Bretzel et al., 2016) et à les sensibiliser à la conservation de la biodiversité urbaine. Pour faire accepter petit à petit les changements de pratiques dans les espaces verts urbains et la vision du public sur le « sauvage », c'est-à-dire les plantes spontanées, nous pensons que les gestionnaires peuvent mettre en place une tonte autour des prairies ou faire des cheminements tondu au sein de celles-ci pour ainsi montrer que le milieu est toujours entretenu. Il faut tout de même noter que la grande majorité des usagers des espaces verts ne s'expriment pas lors des changements de gestion de ceux-ci et leur avis, éventuellement positif, ne sera donc pas pris en compte. A terme, l'objectif reste tout de même l'acceptation totale du public à l'enrichissement de la biodiversité et au développement des plantes spontanées dans les prairies urbaines. Une prairie haute ne veut pas dire une prairie non entretenue. Par exemple, l'agglomération de Cergy-Pontoise à nouveau, a mis en place des allées tondues dans la plaine de Lameth à Osny entre les prairies pour laisser les citoyens le loisir de se promener dans ces espaces et voir le nouvel esthétisme de ces prairies hautes<sup>35</sup>.

---

<sup>34</sup> Disponible sur <https://natureenvilleacergypontoise.wordpress.com/tag/prairie-urbaine/>

<sup>35</sup> Disponible sur <https://natureenvilleacergypontoise.wordpress.com/tag/prairie-urbaine/>

## Conclusion

Avec cette étude, nous avons pu mettre en évidence que les prairies urbaines sont des milieux originaux qui accueillent une grande biodiversité floristique. Ces espaces verts représentent les milieux les plus stables des trois milieux étudiés lors de ce mémoire, les deux autres étant les toitures végétalisées et les zones d'agriculture urbaines. En effet, ils possèdent le pourcentage d'espèces annuelles le plus faible et un indice de nitrophilie proche de celui de la moyenne régionale. Ce sont également les milieux les moins attractifs pour la faune car ils possèdent une ressource en nectar plus faible que les autres espaces verts urbains. Toutefois, ces espaces sont dépendants des animaux pour la dispersion de leur graine. En effet, les prairies possèdent le pourcentage le plus élevé d'espèces zoochores. Ces caractéristiques propres aux milieux prairiaux sont en accord avec les espèces spécifiques que nous pouvons retrouver dans ces milieux, c'est-à-dire les Poacées et certaines Fabacées.

Nous avons également pu remarquer que la gestion jouait un rôle crucial dans la création et le maintien des prairies urbaines. En effet, tous les indicateurs utilisés, sauf l'offre en nectar, sont influencés par les pratiques de gestion et plus particulièrement par le mode de gestion. De plus, l'intensité de gestion n'a une influence significative que sur le pourcentage d'espèces prairiales. Nous étions partis du postulat qu'en plus des pratiques de gestion, les variables paysagères pouvaient impacter le milieu. Toutefois, au regard de nos résultats, celles-ci ne semblent pas influencer les prairies urbaines mise à part le gradient d'urbanisation représenté par la latitude. Ce gradient impacterait négativement le pourcentage d'espèces prairiales et positivement celui d'espèces annuelles. L'urbanisation est donc bénéfique au développement d'espèces annuelles mais pas à l'instauration d'espèces prairiales. Nous avons aussi cherché à tester l'influence des caractéristiques des prairies, c'est-à-dire l'âge, la surface ou encore l'année d'inventaire. Nous avons trouvé une influence de ces variables sur la typicité, le pourcentage d'espèces annuelles, l'indice de nitrophilie, le pourcentage d'espèces entomophiles et l'offre en nectar. Les caractéristiques de la prairie auraient donc une plus grande influence sur la végétation des prairies urbaines que les variables paysagères. Néanmoins, ce sont bien les pratiques de gestion qui impactent le plus les indicateurs choisis et donc la végétation des prairies urbaines.

Les résultats de cette étude nous ont donc permis de préconiser des pratiques de gestion pour favoriser la végétation des prairies urbaines. Nous conseillons donc de mettre en place une fauche coupée ou un pâturage pour permettre le développement des espèces prairiales et l'enrichissement du milieu en espèces floristiques diverses. Toutefois, ces pratiques sont à adapter en fonction des prairies et de leur évolution. De plus, il ne faut pas oublier de communiquer auprès des citoyens pour obtenir leur consentement et ne pas subir de plaintes sur l'aménagement des espaces verts urbains.

Cette étude donne des lignes directrices sur les pratiques de gestion à adopter en faveur de la végétation des prairies. Pour l'avenir, nous pensons qu'il serait intéressant de combiner cette étude avec une étude plus approfondie sur les effets des pratiques de gestion sur la faune des milieux prairiaux. La combinaison des deux études permettra de conseiller les gestionnaires sur les meilleures pratiques à adopter pour favoriser la biodiversité.



## Bibliographie

- Abadie, J. C., Machon, N., Muratet, A., & Porcher, E. (2011). Landscape disturbance causes small-scale functional homogenization, but limited taxonomic homogenization, in plant communities. *Journal of Ecology*, 99(5), 1134–1142.
- Abdi, H., & Williams, L. J. (2010). Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) Test. *Encyclopedia of Research Design*, 2–7.
- Aggeri, G. (2004). *La nature sauvage et champêtre dans les villes : origine et construction de la gestion différenciée des espaces verts publics et urbains. Le cas de la ville de Montpellier*. Thèse à l'École Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts.
- Ansquer, P., Theau, J. P., Cruz, P., Viegas, J., Al Haj Khaled, R., & Duru, M. (2004). Caractérisation de la diversité fonctionnelle des prairies naturelles. Une étape vers la construction d'outils pour gérer les milieux à flore complexe. *Fourrages*, 179, 353–368.
- Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique Nord-Pas de Calais. (2014). *Végétation urbaine : les enjeux pour l'environnement et la santé*.
- Balmford, A., & Bond, W. (2005). Trends in the state of nature and their implications for human well-being. *Ecology Letters*, 8(11), 1218–1234.
- Barros, R. S. M. de, Hidalgo, J. I. G., & Cabral, D. R. de L. (2018). Wilcoxon Rank Sum Test Drift Detector. *Neurocomputing*, 275, 1954–1963.
- Benoit, M. (2010). *Impact du pâturage sur la structure de la végétation : interactions biotiques, traits et conséquences fonctionnelles*. Thèse soutenue à Rennes. Thèse à l'Université de Rennes.
- Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban area. *Ecological Economics*, 29(1), 293–301.
- Bonsall, M. B., & Hastings, A. (2004). Demographic and environmental stochasticity in predator-prey metapopulation dynamics. *Journal of Animal Ecology*, 73(6), 1043–1055.
- Bretzel, F., Vannucchi, F., Romano, D., Malorgio, F., Benvenuti, S., & Pezzarossa, B. (2016). Wildflowers: From conserving biodiversity to urban greening—A review. *Urban Forestry and Urban Greening*, 20, 428–436.
- Clément, Z., Muratet, A., Rouchon, C., Duhamel, G., Hédont, M., Détrée, J., & Albaric, L. (2017). *Bilan 2016 du protocole Florilèges-prairies urbaines*.
- Cochard, A. (2017). *Influence des facteurs paysagers sur la flore des habitats herbacés sous influence urbaine : approches taxonomiques et fonctionnelles*. Thèse à l'AGROCAMPUS OUEST sous le label de l'Université de Bretagne Loire.
- Connell, J. H. (1978). Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs. *Science*, 199, 1302–1310.
- Correll, O., Isselstein, J., & Pavlu, V. (2003). Studying spatial and temporal dynamics of sward structure at low stocking densities: The use of an extended rising-plate-meter method. *Grass and Forage Science*, 58(4), 450–454.
- Couvreur, M., Christiaen, B., Verheyen, K., & Hermy, M. (2004). Large herbivores as mobile links between isolated nature reserves through adhesive seed dispersal. *Applied Vegetation Science*, 229–236.
- Crawley, M. J. (2007). *The R Book*. In Wiley.
- Dauber, J., Hirsch, M., Simmering, D., Waldhardt, R., Otte, A., & Wolters, V. (2003). Landscape structure as an indicator of biodiversity: Matrix effects on species richness. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 98(1–3), 321–329.
- Dearborn, D. C., & Kark, S. (2010). Society for Conservation Biology Motivations for Conserving Urban Biodiversity. *Source: Conservation Biology*, 24(2), 432–440.
- Díaz, S., Cabido, M., & Casanoves, F. (1998). Plant functional traits and environmental filters at a regional scale. *Journal of Vegetation Science*, 9, 113–122.
- Dickinson, J. L., Zuckerberg, B., & Bonter, D. N. (2010). Citizen Science as an Ecological Research Tool: Challenges and Benefits. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 41(1), 149–172.
- Dormann, C. F., McPherson, J. M., Araújo, M. B., Bivand, R., Bolliger, J., Carl, G., ... Wilson, R. (2007). Methods to account for spatial autocorrelation in the analysis of species distributional data: A review. *Ecography*, 30(5), 609–628.



- Dray, S., & Dufour, A.-B. (2007). The ade4 Package: Implementing the Duality Diagram for Ecologists. *Journal of Statistical Software*, 22(4), 47–52.
- Dumont, B., Farruggia, A., & Garel, J. . (2007). Pâturage et biodiversité des prairies permanentes. *Rencontres Autour Des Recherches Sur Les Ruminants*, 14, 17–24.
- Dunnett, N., Nagase, A., & Hallam, A. (2008). The dynamics of planted and colonising species on a green roof over six growing seasons 2001-2006: Influence of substrate depth. *Urban Ecosystems*, 11(4), 373–384.
- Dusza, Y., Barot, S., Kraepiel, Y., Lata, J. C., Abbadie, L., & Raynaud, X. (2017). Multifunctionality is affected by interactions between green roof plant species, substrate depth, and substrate type. *Ecology and Evolution*, 7(7), 2357–2369.
- Eau de Paris. (2014). *La gestion écologique des espaces naturels*.
- Ewers, R. M., & Didham, R. K. (2006). Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. *Biological Reviews of Cambridge Philosophical Society*, 81(1), 117–142.
- Farruggia, A., Dumont, B., Jouven, M., Baumont, R., & Loiseau, P. (2006). La diversité végétale à l'échelle de l'exploitation en fonction du chargement dans un système bovin allaitant du Massif central. *Fourrages*, 188, 477–493.
- Fischer, L. K., Von der Lippe, M., & Kowarik, I. (2013). Urban grassland restoration: Which plant traits make desired species successful colonizers? *Applied Vegetation Science*, 16(2), 272–285.
- Fischer, S. F., Poschlod, P., & Beinlich, B. (1996). Experimental Studies on the Dispersal of Plants and Animals on Sheep in Calcareous Grasslands. *The Journal of Applied Ecology*, 33(5), 1206–1222.
- Fox, J., & Weisberg, S. (2019). *An R Companion to Applied Regression*.
- Frazer, L. (2005). Paving Paradise: The Peril of Impervious Surfaces. *Environmental Health Perspectives*, 113(7).
- Fuller, R. A., Irvine, K. N., Devine-Wright, P., Warren, P. H., & Gaston, K. J. (2007). Psychological benefits of greenspace increase with biodiversity. *Biology Letters*, 3(4), 390–394.
- Gago, E. J., Roldan, J., Pacheco-Torres, R., & Ordóñez, J. (2013). The city and urban heat islands: A review of strategies to mitigate adverse effects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 749–758.
- Gallois, A., Muratet, A., Gourmand, A., Hédont, M., & Détrée, J. (2019). *Bilan 2018 du protocole Florilèges-prairies urbaines La participation*.
- Gourmand, A., Dozières, A., Muratet, A., Duhamel, G., Provendier, D., Lehane, F., & Albaric, L. (2015). *Bilan 2014 de l'année pilote du protocole Florilèges-prairies urbaines*.
- Grimm, N. B., Redman, C. L., Grove, J. M., & Pickett, S. T. a. (2000). Integrated Approaches to Long-term Studies of Urban Ecological Systems. *BioScience*, 50(7), 571–584.
- Guerrien, M. (2003). L'intérêt de l'analyse en composantes principales (ACP) pour la recherche en sciences sociales. *Cahiers Des Amériques Latines*, (43), 181–192.
- Hastie, T. (2019). *gam: Generalized Additive Models*.
- Hopwood, J. L. (2008). The contribution of roadside grassland restorations to native bee conservation. *Biological Conservation*, 141(10), 2632–2640.
- Hui, S. C. M., & Chan, K. L. (2011). Biodiversity assessment of green roofs for green building design. *Proceedings of Joint Symposium 2011: Integrated Building Design in the New Era of Sustainability*.
- INSEE. (2011). Le découpage en unités urbaines de 2010. *Insee Première*, (1364).
- Kahmen, S., & Poschlod, P. (2008). Effects of grassland management on plant functional trait composition. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 128(3), 137–145.
- Kamal-Chaoui, L., & Plouin, M. (2012). Villes et croissance verte Etude de cas de la région Paris / Ile-de-France. *Documents de Travail de l'OCDE Sur Le Développement Régional*, 1–149.
- Kassambara, A., & Mundt, F. (2017). *factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses*.
- Klaus, V. H. (2013). Urban grassland restoration: A neglected opportunity for biodiversity conservation. *Restoration Ecology*, 21(6), 665–669.
- Köppler, M. R., Kowarik, I., Kühn, N., & Von der Lippe, M. (2014). Enhancing wasteland vegetation by adding ornamentals: Opportunities and constraints for establishing steppe and prairie species on urban demolition sites. *Landscape and Urban Planning*, 126, 1–9.

- Kowarik, I. (2011). Novel urban ecosystems, biodiversity, and conservation. *Environmental Pollution*, 159(8–9), 1974–1983.
- 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. *Trends in Ecology & Evolution*, 12(12), 474–478.
- Lehane, F., & Muratet, A. (2014). Groupe de travail sur les prairies urbaines et naissance du programme « Florilèges - prairies urbaines ». *Biodiversitaire*, 102–106.
- Lomolino, M. V. (2001). The species-area relationship: New challenges for an old pattern. *Progress in Physical Geography*, 25(1), 1–21.
- Madre, F. (2014). *Biodiversité et bâtiments végétalisés : une approche multi-taxons en paysage urbain*. 213.
- Manninen, S., Forss, S., & Venn, S. (2010). Management mitigates the impact of urbanization on meadow vegetation. *Urban Ecosystems*, 13(4), 461–481.
- Marini, L., Fontana, P., Scotton, M., & Klimek, S. (2008). Vascular plant and Orthoptera diversity in relation to grassland management and landscape composition in the European Alps. *Journal of Applied Ecology*, 45(1), 361–370.
- Martin, G. (2019). Vigie-flore : dix ans de relevés. *La Grande Voyageuse*, 122, 16–19.
- Mbaye, A., & Moustier, P. (1999). Agriculture périurbaine en Afrique subsaharienne. *Actes de l'atelier International Du 20 Au 24 Avril 1998.*, 7–16.
- McKinney, M. L. (2006). Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 127(3), 247–260.
- McKinney, M. L. (2008). Effects of urbanization on species richness: A review of plants and animals. *Urban Ecosystems*, 11(2), 161–176.
- Michael, K. (1999). Distribution of plant functional types along gradients of disturbance intensity and resource supply in an agricultural landscape. *Journal of Vegetation Science*, 10, 697–708.
- Miller, J. R. (2005). Biodiversity conservation and the extinction of experience. *Trends in Ecology and Evolution*, 20(8), 430–434.
- Milton, S. J. (2003). ‘Emerging ecosystems’ – a washing-stone for ecologists, economists and sociologists? *South African Journal of Science*, (99), 404–406.
- Muratet, A., Lorrillière, R., Clergeau, P., & Fontaine, C. (2013). Evaluation of landscape connectivity at community level using satellite-derived NDVI. *Landscape Ecology*, 28(1), 95–105.
- Muratet, A., Porcher, E., Devictor, V., Arnal, G., Moret, J., Wright, S., & Machon, N. (2008). Evaluation of floristic diversity in urban areas as a basis for habitat management. *Applied Vegetation Science*, 11(4), 451–460.
- Murcia, C., Aronson, J., Kattan, G. H., Moreno-Mateos, D., Dixon, K., & Simberloff, D. (2014). A critique of the “novel ecosystem” concept. *Trends in Ecology and Evolution*, 29(10), 548–553.
- Nahmías, P., & Le Caro, Y. (2013). Pour une définition de l’agriculture urbaine : réciprocité fonctionnelle et diversité des formes spatiales. *Environnement Urbain*, 6, 1.
- Nassauer, J. I. (2002). Messy ecosystems orderly frames. *Theory in Landscape Architecture - A Reader*, 109–206.
- Niemi, G. J., & McDonald, M. E. (2004). Application of Ecological Indicators. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 89–111.
- Noordijk, J., Delille, K., Schaffers, A. P., & Sýkora, K. V. (2009). Optimizing grassland management for flower-visiting insects in roadside verges. *Biological Conservation*, 142(10), 2097–2103.
- Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R. R., Doshi, H., Dunnett, N., ... Rowe, B. (2007). Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services. *BioScience*, 57(10), 823–833.
- Observatoire National de la Biodiversité. (2019). *La nature sous pression. Pourquoi la biodiversité disparaît ?*
- Oliveau, S. (2010). Autocorrélation spatiale : leçons du changement d’échelle. *L’espace Géographique*, 39, 51–64.
- Organisation des Nations Unies. (2018). *World Urbanization Prospects : The 2018 Revision*.
- Pedersen, E. J., Miller, D. L., Simpson, G. L., & Ross, N. (2019). Hierarchical generalized additive models in ecology: an introduction with mgcv. *PeerJ*, 7.
- Politi Bertoncini, A., Machon, N., Pavoine, S., & Muratet, A. (2012). Local gardening practices shape

- urban lawn floristic communities. *Landscape and Urban Planning*, 105(1–2), 53–61.
- Portalez, F. (2016). *Recommandations pour une gestion durable des espaces verts en Bourgogne*. Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement et développement durable - Université de Sherbrooke.
- R Core Team. (2019). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing.
- Rajaniemi, T. K. (2002). Why does fertilization reduce plant species diversity? Testing three competition-based hypotheses. *Journal of Ecology*, (90), 316–324.
- Rees, M., Roe, J. H., & Georges, A. (2009). Life in the suburbs: Behavior and survival of a freshwater turtle in response to drought and urbanization. *Biological Conservation*, 142(12), 3172–3181.
- Reitalu, T., Johansson, L. J., Sykes, M. T., Hall, K., & Prentice, H. C. (2010). History matters: Village distances, grazing and grassland species diversity. *Journal of Applied Ecology*, 47(6), 1216–1224.
- Roche, H. (2016). *Utilisation des traits écologiques pour analyser la réponse des communautés végétales et de leurs pollinisateurs à la gestion des espaces verts en milieu urbain*. 65.
- Roche, H., & Muratet, A. (2016). Des prairies passées à la loupe des sciences participatives. *Biodiversitaire*.
- Rook, G. A. (2013). Regulation of the immune system by biodiversity from the natural environment: An ecosystem service essential to health. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(46), 18360–18367.
- Rowe, D. B. (2011). Green roofs as a means of pollution abatement. *Environmental Pollution*, 159(8–9), 2100–2110.
- Roy-Chrétien, K.-A. (2017). *Meilleures pratiques de gestion de la végétation des prairies des milieux urbains. Etude de cas pour les terrains de l'Ontario et du Québec gérés par la Commission de la capitale nationale*. Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement et développement durable - Université de Sherbrooke.
- Rudolph, M., Velbert, F., Schwenzfeier, S., Kleinebecker, T., & Klaus, V. H. (2017). Patterns and potentials of plant species richness in high- and low-maintenance urban grasslands. *Applied Vegetation Science*, 20(1), 18–27.
- Steinauer, E. M., & Collins, S. L. (1995). Effects of Urine Deposition on Small-Scale Patch Structure in Prairie Vegetation. *Ecology*, 76(4), 1195–1205.
- Stevens, C. J., Dise, N. B., Owen Mountford, J., & Gowing, D. J. (2004). Impact of Nitrogen Deposition on the Species Richness of Grasslands. *Science*, 303, 1876–1879.
- Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kaźmierczak, A., Niemela, J., & James, P. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, 81(3), 167–178.
- Venables, W. N., & Ripley, B. D. (2002). *Modern Applied Statistics*.
- Violle, C., Navas, M., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., ... Fortunel, C. (2007). Nordic Society Oikos Let the Concept of Trait Be Functional ! *Oikos*, 116, 882–892.
- Voogt, J. A., & Oke, T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, 86(3), 370–384.
- Williams, N. S. G., Hahs, A. K., & Vesk, P. A. (2015). Urbanisation, plant traits and the composition of urban floras. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 17(1), 78–86.
- Xiao, C., Ye, J., Esteves, R. M., & Rong, C. (2016). Using Spearman's correlation coefficients for exploratory data analysis on big dataset. *Concurrency Computation Practice and Experience*, 28, 3866–3678.
- Yeomans, K. A., & Golder, P. A. (2017). The Guttman-Kaiser Criterion as a Predictor of the Number of Common. *The Statistician*, 31(3), 221–229.
- Zechmeister, H. G., Schmitzberger, I., Steurer, B., Peterseil, J., & Wrba, T. (2003). The influence of land-use practices and economics on plant species richness in meadows. *Biological Conservation*, 114(2), 165–177.

## Webographie

- ADIVET. Les systèmes de végétalisation en toitures [en ligne]. Consulté en avril 2019. Disponible sur <http://www.adivet.net/v%C3%A9g%C3%A9taliser-une-toiture-terrasse/les-syst%C3%A8mes-de-v%C3%A9g%C3%A9talisation-en-toitures.html>
- Agglomération Cergy-Pontoise, Carcassès Gilles, Gestion différenciée à Osny [en ligne]. Consulté en juillet 2019. Disponible sur <https://natureenvilleacerypontoise.wordpress.com/tag/prairie-urbaine/>
- ARB. Cettia îdF [en ligne]. Consulté en mars 2019. Disponible sur <http://v2.cettia-idf.fr/>
- ARB. Agriculture urbaine [en ligne]. Consulté en juillet 2019. Disponible sur <http://www.arb-idf.fr/nos-thematiques/pratiques/agriculture-urbaine>
- Association Chico Mendès. La Gestion différenciée dans les parcs et jardins lillois [en ligne 26/02/2018]. Consulté en juin 2019. Disponible sur <https://www.gestiondifferentiee.org/espace-ressources/la-gestion-differentiee-dans-les-parcs-et-jardins-lillois>
- ENFORA et EPTB Gardons. Gérer les espaces enherbés avec la fauche différenciée : intérêts économique, social et écologique [en ligne]. Consulté en juin 2019. Disponible sur <http://www.saint-geniesdemalgoires.fr/Donnees/Structures/81968/Upload/605614.pdf>
- IAU. Mode d'occupation du sol (Mos) 2017. Disponible sur <https://www.iau-idf.fr/nos-travaux/publications/occupation-du-sol-ile-de-france-2017.html>
- INSEE. Population légale de l'Île-de-France : 12 117 132 habitants au 1<sup>er</sup> janvier 2016 [en ligne]. Consulté en juin 2019. Disponible sur <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3681457>
- MNHN & Opie. SPIOLL [en ligne]. Consulté en juillet 2019. Disponible sur <https://www.spipoll.org/>
- Omnibota. Consulté en avril 2019. Disponible sur [http://www.omnibota.com/View/Flora\\_reference.php?INFO=Ecologie](http://www.omnibota.com/View/Flora_reference.php?INFO=Ecologie)
- Unesco. Programme sur l'Homme et la biosphère [en ligne]. Consulté en juillet 2019. Disponible sur <http://www.unesco.org/new/fr/natural-sciences/environment/ecological-sciences/man-and-biosphere-programme/>
- Union Européenne. Annexe III du règlement d'exécution no 808/2014 en ce qui concerne la modification et le contenu des programmes de développement rural, la publicité de ces programmes, et les taux de conversion en unités de gros bétail [en ligne]. Consulté en mai 2019. Disponible sur <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0669&from=fr>
- Vigie Nature. Vigie-Flore [en ligne]. Consulté en mars 2019. Disponible sur <http://www.vigienature.fr/fr/vigie-flore>
- Vigie Nature. Florilèges [en ligne]. Consulté en avril 2019. Disponible sur <http://www.vigienature.fr/fr/florileges>
- Vigie Nature. Propage [en ligne]. Consulté en juillet 2019. Disponible sur <http://www.vigienature.fr/fr/propage>
- Ville de Paris. Végétalisons la ville [en ligne]. Consulté en juin 2019. Disponible sur <https://www.paris.fr/vegetalisonslaville>

## Abréviations

ACP	Analyse en composantes principales
ARB îdF	Agence Régionale de la Biodiversité en Île-de-France
BiSEAU	Biodiversité et Services Ecosystémiques en Agriculture Urbaine
CBNBP	Conservatoire botanique national du Bassin parisien
CD93	Conseil départemental de la Seine-Saint-Denis
GAM	<i>Generalized additive model</i> (Modèle additif généralisé)
GLM	<i>Generalized linear model</i> (Modèle linéaire généralisé)
GLMM	<i>Generalized linear mixed model</i> (Modèle linéaire mixte généralisé)
GROOVES	<i>Green ROOfs Verified Ecosystem Services</i>
HSD	<i>Honestly Significant Difference</i>
Idb	Indice de densité du bétail
LM	<i>Linear model</i> (Modèle linéaire)
MNHN	Muséum national d'Histoire naturelle
Mos	Mode d'occupation du sol
ONU	Organisation des Nations Unies
Propage	PROtocol PApillons GEstionnaires
SPIPOLL	Suivi photographique des insectes pollinisateurs
TRAFFIF	TRAit de la Flore et de la Faune en Île-de-France
UGB	Unité de Gros Bétail
ZAU	Zone d'agricultures urbaines

## Glossaire

**Espèce annuelle** : espèce végétale dont le cycle de vie ne dure qu'une année.

**Espèce entomophile** : espèce végétale qui dépend des animaux pour leur pollinisation et donc leur production de fruits.

**Espèce ligneuse** : espèce végétale dont la tige est solidifiée par de la lignine : arbres, arbustes et arbrisseaux.

**Espèce mellifère** : espèce végétale qui produit de grandes quantités de nectar et de pollen.

**Espèce nitrophile** : espèce végétale qui a besoin d'un sol riche en azote pour se développer.

**Espèce pérenne ou vivace** : espèce végétale vivant plusieurs années.

**Espèce pionnière** : espèce végétale capable de coloniser un milieu instable, pauvre en matière organique et aux conditions difficiles.

**Espèce spontanée** : espèce végétale se développant naturellement sans l'intervention intentionnelle de l'Homme

**Espèce zoochore** : espèce végétale qui dépend des animaux pour la dispersion de ses graines.

**Fauche** : pratique permettant la suppression de la partie supérieure des plantes par action mécanique pour maintenir un couvert végétal herbacé et éviter la colonisation du milieu par les espèces ligneuses.

**Fragmentation des habitats** : transformation de grands espaces homogènes en de petits espaces hétérogènes séparés les uns des autres.

**Fréquence** : nombre total d'observations sur les dix quadrats.

**Friche** : terrain exploité puis abandonné par l'Homme et colonisé par une végétation spontanée.

**Gazon** : milieu ouvert composé d'une végétation rase qui doit être entretenue et tondue régulièrement.

**Gestion différenciée** : adaptation de la gestion des espaces verts urbains en fonction des usages ou intérêts écologiques et/ou paysagers de cet espace.

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

**Jardin familial** : jardin séparé en parcelles : une parcelle par famille

**Jardin partagé** : jardin conçu, construit et cultivé collectivement par une même communauté

**Jardin pédagogique** : espace multidisciplinaire pour l'apprentissage du jardinage

**Micro-ferme urbaine** : jardin cultivé dans un but économique

«**Nouvel écosystème**» : écosystème dont la composition spécifique n'existe pas dans un biome donné.

**Offre en nectar** : attrait des plantes pour les pollinisateurs.

**Pâturage** : technique qui fait appel à du bétail pour s'alimenter des végétaux se trouvant dans la prairie

**Prairie urbaine** : milieu ouvert composé d'une végétation herbacée dense et homogène qui nécessite une gestion peu fréquente mais régulière.

**Richesse spécifique** : nombre d'espèces différentes présentes dans les dix quadrats du protocole.

**Stochasticité démographique** : variation du taux de croissance liée à l'incertitude dans la survie, la reproduction et la dispersion de chaque individu.

**Stochasticité environnementale** : variation du taux de croissance liée aux variations aléatoires de l'environnement.

**Toiture végétalisée** : écosystème qui peut se développer spontanément sur des toits anciens non entretenus ou délibérément avec un apport de substrat et de plantes.

**Trait** : toute caractéristique morphologique, physiologique ou phénologique mesurable au niveau de l'individu qui a une influence indirecte sur les trois composantes de la performance individuelle (croissance, reproduction et survie).

**Typicité** : pourcentage d'espèces typiques des prairies.



**Zone d'agricultures urbaines :** petite surface utilisée en ville pour cultiver quelques plantes et élever des animaux.

## Table des illustrations

Figure 1 : Le territoire francilien majoritairement occupé par les espaces naturels urbains (forêts) et les espaces ouverts anthropisés (espaces agricoles et espaces semi-ouverts artificialisés).....	5
Figure 2 : Une petite couronne et une capitale fortement urbanisée .....	6
Figure 3 : Présentation du protocole sur le terrain à Colombes à gauche (©Ville de Colombes) et présentation du bilan au Bois de Vincennes à droite (©Kort).....	8
Figure 4 : Nombre d'années de suivis des prairies par les gestionnaires .....	9
Figure 5 : Inventaire de la flore sur la toiture « Siège social de GTM Bâtiment » avec Audrey Muratet .....	11
Figure 6 : Toitures végétalisées suivies en 2018 classées en fonction de la profondeur du substrat ....	11
Figure 7 : Quadrats pour l'inventaire de la flore à Mendes Pleine Terre .....	12
Figure 8: Sites d'agricultures urbaines inventoriés en 2018 .....	13
Figure 9: Boxplot de la richesse spécifique spontanée de tous les types d'espaces verts de la région Île-de-France. Ils ont été classés selon la médiane (ligne noire épaisse). Les points représentent les valeurs extrêmes .....	17
Figure 10: Radars représentant les indices choisis basés sur les traits des espèces en vert les prairies urbaines, en bleu les toitures végétalisées et en jaune les zones d'agricultures urbaines. Le trait noir représente la moyenne Vigie-Flore d'Île-de-France.....	20
Figure 11 : ACP des trois types d'espaces verts selon six variables qui reposent sur les traits écologiques. ZAU = zones d'agricultures urbaines .....	22
Figure 12 : Nombre total de prairies suivies entre 2015 et 2018 dans toute la France métropolitaine .	24
Figure 13 : Localisation des prairies suivies avec le programme Florilèges-prairies urbaines en Île-de-France .....	25
Figure 14 : Influence de l'exportation sur la richesse spécifique. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons.....	32
Figure 15 : Influence du mode de gestion sur la richesse spécifique. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons. Les lettres sous chaque pratique de gestion montrent quelles autres pratiques sont différentes significativement de celle-ci (test de Tukey). Fc = fauche coupée, Fb = fauche broyée, A = pas d'action, P = pâturage.....	33
Figure 16 : Influence de l'exportation sur la typicité. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons. ....	34
Figure 17 : Influence du mode de gestion sur la typicité. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons. Les lettres sous chaque pratique de gestion montrent quelles autres pratiques sont différentes significativement de celle-ci (test de Tukey). Fc = fauche coupée, Fb = fauche broyée, A = pas d'action, P = pâturage.....	34
Figure 18 : Influence de l'intensité de gestion sur la typicité. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons. Les chiffres en dessous d'une intensité de gestion montrent quelles autres intensités sont différentes significativement de celle-ci (test de Tukey).....	35
Figure 19 : Influence de la latitude sur la typicité. ....	36
Figure 20 : Influence de la surface sur la typicité. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons.....	36
Figure 21 : Influence du mode de gestion sur la proportion d'espèces annuelles. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons. Les lettres sous chaque pratique de gestion montrent	

quelles autres pratiques sont différentes significativement de celle-ci (test de Tukey). Fc = fauche coupée, Fb = fauche broyée, A = pas d'action, P = pâturage .....	38
Figure 22 : Influence de la latitude sur la proportion d'espèces annuelles.....	39
Figure 23 : Influence de l'âge de la prairie sur la proportion d'espèces annuelles Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons .....	39
Figure 24 : Influence du mode de gestion sur l'indice de nitrophilie. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons. Les lettres sous chaque pratique de gestion montrent quelles autres pratiques sont différentes significativement de celle-ci (test de Tukey). Fc = fauche coupée, Fb = fauche broyée, A = pas d'action, P = pâturage.....	40
Figure 25 : Influence de l'âge de la prairie sur l'indice de nitrophilie. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons.....	41
Figure 26 : Influence du mode de gestion sur l'indice d'entomophilie. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons. Les lettres sous chaque pratique de gestion montrent quelles autres pratiques sont différentes significativement de celle-ci (test de Tukey). Fc = fauche coupée, Fb = fauche broyée, A = pas d'action, P = pâturage.....	42
Figure 27 : Influence de l'année d'inventaire sur l'indice d'entomophilie .....	43
Figure 28 : Pourcentage de pratiques de gestion favorables au développement des espèces entomophiles en fonction des années d'inventaire.....	44
Figure 29 : Influence de l'âge sur l'indice d'entomophilie. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons.....	44
Figure 30 : Influence de l'exportation sur l'indice de zoochorie. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons.....	45
Figure 31 : Influence du mode de gestion sur l'indice de zoochorie. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons. Aucune différence significative entre les pratiques de gestion n'a été trouvée.....	46
Figure 32 : Influence de l'intensité de gestion sur l'offre en nectar. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons. Aucune différence significative n'a été retrouvée entre les intensités de gestion .....	46
Figure 33 : Influence de l'année d'inventaire sur l'offre en nectar. Les rectangles noirs renseignent sur la répartition des échantillons.....	47
Figure 34 : Objectifs recherchés par les gestionnaires pour leur prairie. Plusieurs réponses ont pu être données. « Autres » correspond aux réponses « sensibiliser », « productions de fruit », « fourrage » et « perspective ».....	50

## Table des tableaux

Tableau 1 : Différences entre les gazons, prairies urbaines et friches (Lehane & Muratet, 2014).....	7
Tableau 2: Typologie des toitures végétalisées .....	10
Tableau 3: Classes de l'indice de nitrophilie d'Ellenberg (1988). .....	15
Tableau 4 : Répertoire des cinq espèces les plus fréquemment rencontrées dans les trois types d'espaces verts urbains étudiés. Entre parenthèses, le nombre total d'espèces différentes rencontrées dans chaque espace vert urbain. Les espèces en gras se retrouvent dans deux milieux .....	18
Tableau 5 : Classement des espaces verts urbains de la plus haute moyenne (case la plus haute) à la plus basse moyenne (case la plus basse). Lorsque deux espaces verts urbains sont dans la même case, il n'existe pas de différence significative entre les deux moyennes. Le trait épais noir représente la moyenne d'Île-de-France. Les noms entre parenthèses signifient qu'il n'y a pas de différence significative entre la moyenne et le milieu entre parenthèse. ZAU = Zones d'agricultures urbaines ...	21
Tableau 6 : Classes d'intensité de la fauche sur les prairies franciliennes suivies par le protocole Florilèges-prairies urbaines. Du moins intense (0) au plus intense (4) .....	27
Tableau 7 : Unité de gros bétail d'un adulte pour chaque type d'animaux de pâturage. Source : Annexe III du règlement d'exécution no 808/2014 en ce qui concerne la modification et le contenu des programmes de développement rural, la publicité de ces programmes, et les taux de conversion en UGB .....	28
Tableau 8 : Description des trois classes de paysage utilisées pour l'étude.....	29
Tableau 9 : Variables explicatives utilisées pour la suite de l'étude .....	29
Tableau 10 : Résultats de l'ANOVA.....	31
Tableau 11 : les différentes pratiques de gestion avec leurs avantages et leurs inconvénients .....	54

## Table des annexes

Annexe I : Fiche localisation et historique pour les gestionnaires qui participent au programme Florilèges.....	M
Annexe II : Fiche relevé et gestion pour les gestionnaires qui participent au programme Florilèges....	O
Annexe III : Résultats du test de Tukey .....	Q
Annexe IV : Résultats des tests de Wilcoxon.....	R
Annexe V : Première ACP réalisée ACP des trois types d'espaces verts selon sept variables qui reposent sur les traits éco-biologiques. ZAU = zones d'agricultures urbaines.....	S
Annexe VI : Valeurs propres des six axes de l'ACP.....	T
Annexe VII : R <sup>2</sup> des différentes zones tampons étudiées. La valeur de R <sup>2</sup> la plus grande montre le meilleur ajustement .....	U
Annexe VIII : Résultats du test de Tukey pour les variables qui ont une influence significatives sur les indicateurs. Fc = fauche coupée, Fb = fauche broyée, A = pas d'action, P = pâturage.....	V
Annexe IX : Questionnaire envoyé par mail aux gestionnaires des prairies urbaines. Ce questionnaire a été créé dans le but de comprendre les motivations des gestionnaires et surtout leurs interrogations sur les prairies urbaines et sur leurs pratiques afin de les aider au mieux à adapter leurs pratiques de gestion. ....	W

## Annexes

### Annexe I : Fiche localisation et historique pour les gestionnaires qui participent au programme Florilèges

Les réponses aux questions marquées d'un \* sont obligatoires

#### Questions générales

Gestionnaire du site (nom) : .....

\* Surface (même approximative, donner une fourchette, minimum 130m<sup>2</sup>) : ..... m<sup>2</sup>

\* Objectif(s) recherché(s) pour la prairie :  esthétique  biodiversité

réduction des coûts d'entretien  récréatif  fourrage  pâturage

autre : .....

\* Fréquentation de cette prairie par les usagers :  nulle  faible  forte

#### Ce que vous savez de l'histoire du site

Dernier(s) mode(s) d'occupation du sol avant la prairie :  bâti  culture

industrie  décharge  boisement  friche  carrière  gazon

autre : .....

\* Date de création de la prairie : .....

Travaux préalables à la création de la prairie :

aucun travaux  apport de remblais  apport de terre végétale

autre : .....

#### \* Itinéraire de culture de la prairie

Travail du sol préalable à la mise en place de la prairie :  aucun  labour

hersage  étrépage  autre : .....

Fréquence du travail du sol :  aucun  à la mise en place

régulier : quelle fréquence ? .....

Amendement :  aucun  fumier  compost  engrais organique

engrais chimique  autre : .....

Fréquence de l'amendement :  aucun  à la mise en place  régulier

#### \* Lien avec les papillons

Le protocole papillons gestionnaires (PROPAGE) est-il mis en place sur cette prairie ?

oui  non si oui, quel est votre identifiant PROPAGE? .....

## Florilèges - prairies urbaines Fiche localisation et historique

PRAIRIE SUIVIE (CODE COMMUN AUX 2 FICHES) :

.....

Nom(s) et prénom(s) de(s) l'observateur(s) : .....

.....

Date de suivi : ..... Structure et poste : .....

.....

#### Choix de la prairie

La prairie à échantillonner fera plus de 130 m<sup>2</sup>.

#### Date des relevés

Les relevés sont réalisés une fois dans l'année au pic de floraison entre le 1<sup>er</sup> juin et le 31 juillet (meilleure période pour identifier les plantes).

#### Matériel de terrain

Munissez-vous de la flore (la *Clé des prairies*) et de 2 doubles décimètres et/ou de piquets pour délimiter les carrés d'1 m<sup>2</sup>. Dans la mesure du possible vous pouvez compléter votre matériel par une loupe, un appareil photo et un GPS.

#### Localisation des relevés

Sélectionnez 2 lots de 5 carrés de 1 x 1 mètre (1 m<sup>2</sup>) placés à 2 mètres du centre de la prairie selon une des dispositions proposées ci-après. Le protocole est répété chaque année sur la même prairie (unité de gestion homogène) et les carrés repositionnés le plus possible au même endroit (voir schéma explicatif page suivante).

#### Cartographie de la prairie

Réalisez, au dos de cette feuille, un plan de localisation de vos relevés pour les retrouver d'année en année (pensez à des-

siner les bordures de la prairie ainsi que le Nord et le numéro des lots de carrés). Numérotez les lots ainsi que les carrés comme sur les exemples.

*N.B. : Pour retrouver la zone de localisation des lots de carrés chaque année, notez le maximum de détails sur le schéma (vous pouvez planter un piquet, mesurer à la roulette en partant de la bordure, compter le nombre de pas entre les carrés et la bordure, etc.)*

#### Méthode de relevés

Pour chacun des 10 carrés, il est recommandé de suivre les 3 étapes suivantes :

**1. Phase essentielle.** Dans chaque carré, notez la présence des 60 espèces du guide la *Clé des prairies*.

**2.** Dans chaque carré, notez le nombre de tiges d'arbres, d'arbustes et d'arbrisseaux (tout ce qui possède une écorce).

**3. Phase facultative.** Réalisez une photographie de chaque carré en vous mettant au-dessus du cadre (10 photos au total) et 1 photo d'ensemble de la prairie.



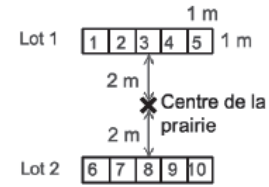
Faites votre cartographie ici

Coordonnées GPS du centre de la prairie : .....

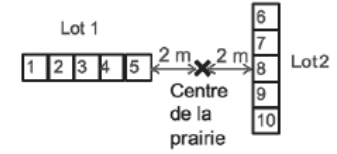
✕  
Centre de la prairie

Localisation des relevés

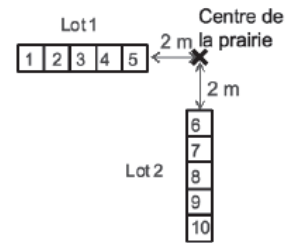
Exemple A



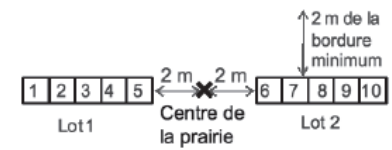
Exemple B



Exemple C



Exemple D





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>	Céaiste 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>Heracleum 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 comiculatus</i>	Lotier comiculé												
<i>Medicago lupulina</i>	Luzerne lupuline												
<i>Medicago sativa</i> subsp. <i>sativa</i>	Luzerne cultivée												
<i>Melilotus albus</i>	Métilot blanc												
<i>Ophrys apifera</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>Schedonorus arundinaceus</i>	Fétuque faux-roseau												
<i>Silene latifolia</i> subsp. <i>alba</i>	Compagnon blanc												
<i>Tanacetum vulgare</i>	Tanaisie 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												

*Annexe III : Résultats du test de Tukey*

*Comparaison des variables de la colonne 1 avec les variables de la colonne 2. Si une différence significative est trouvée cela signifie que la richesse spontanée de la variable en colonne 1 est significativement inférieure à la richesse spontanée de la variable en colonne 2.*

*Code pour la significativité des variables : 0 '\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05*

		Diff	Lwr	Upr	p-value
Cultures	Forêts	6,25	4,13	8,36	0,00***
	Friches	9,28	5,83	12,72	0,00***
	Interstices urbains	3,83	0,24	7,41	0,03*
	Lande et fruticées	9,26	3,63	14,90	1,47 x 10 <sup>-5</sup> ***
	Parcs et jardins urbains	8,51	5,11	11,92	0,00***
	Prairies urbaines	13,81	10,82	16,79	0,00***
	Toitures végétalisées	10,46	7,06	13,86	0,00***
	Zones d'agriculture urbaines	16,72	12,38	21,05	0,00***
Forêts	Friches	3,03	-0,62	6,68	0,20
	Interstices urbains	-2,42	-6,20	1,36	0,55
	Lande et fruticées	3,02	-2,75	8,78	0,79
	Parcs et jardins urbains	2,27	-1,35	5,88	0,58
	Prairies urbaines	7,56	4,34	10,78	0,00***
	Toitures végétalisées	4,21	0,60	7,82	9,34 x 10 <sup>-3</sup> ***
	Zones d'agriculture urbaines	10,47	5,97	14,97	0,00***
Friches	Interstices urbains	-5,45	-10,11	-0,79	8,88 x 10 <sup>-2</sup> **
	Lande et fruticées	-0,01	-6,39	6,36	1,00
	Parcs et jardins urbains	-0,76	-5,29	3,76	0,99
	Prairies urbaines	4,53	0,31	8,74	0,02*
	Toitures végétalisées	1,18	-3,34	5,70	0,99
	Zones d'agriculture urbaines	7,44	2,18	12,70	4,23 x 10 <sup>-4</sup> ***
Interstices urbains	Lande et fruticées	5,44	-1,01	11,88	0,18
	Parcs et jardins urbains	4,69	0,06	9,31	0,04*
	Prairies urbaines	9,98	5,65	14,31	0,00***
	Toitures végétalisées	6,63	2,00	11,26	3,33 x 10 <sup>-4</sup> ***
	Zones d'agriculture urbaines	12,89	7,54	18,24	0,00***
Landes et fruticées	Parcs et jardins urbains	-0,75	-7,10	5,60	0,99
	Prairies urbaines	4,54	-1,59	10,68	0,34
	Toitures végétalisées	1,19	-5,15	7,54	0,99
	Zones d'agriculture urbaines	7,45	0,56	14,35	0,02*
Parcs et jardins urbains	Prairies urbaines	5,29	1,11	9,47	2,93 x 10 <sup>-3</sup> ***
	Toitures végétalisées	1,94	-2,54	6,43	0,92
	Zones d'agriculture urbaines	8,20	2,97	13,43	4,74 x 10 <sup>-5</sup> ***
Prairies urbaines	Toitures végétalisées	-3,35	-7,53	0,83	0,24
	Zones d'agriculture urbaines	2,91	-2,06	7,88	0,67
Toitures végétalisées	Zones d'agriculture urbaines	6,26	1,03	11,49	6,60 x 10 <sup>-3</sup> ***

*Annexe IV : Résultats des tests de Wilcoxon.*

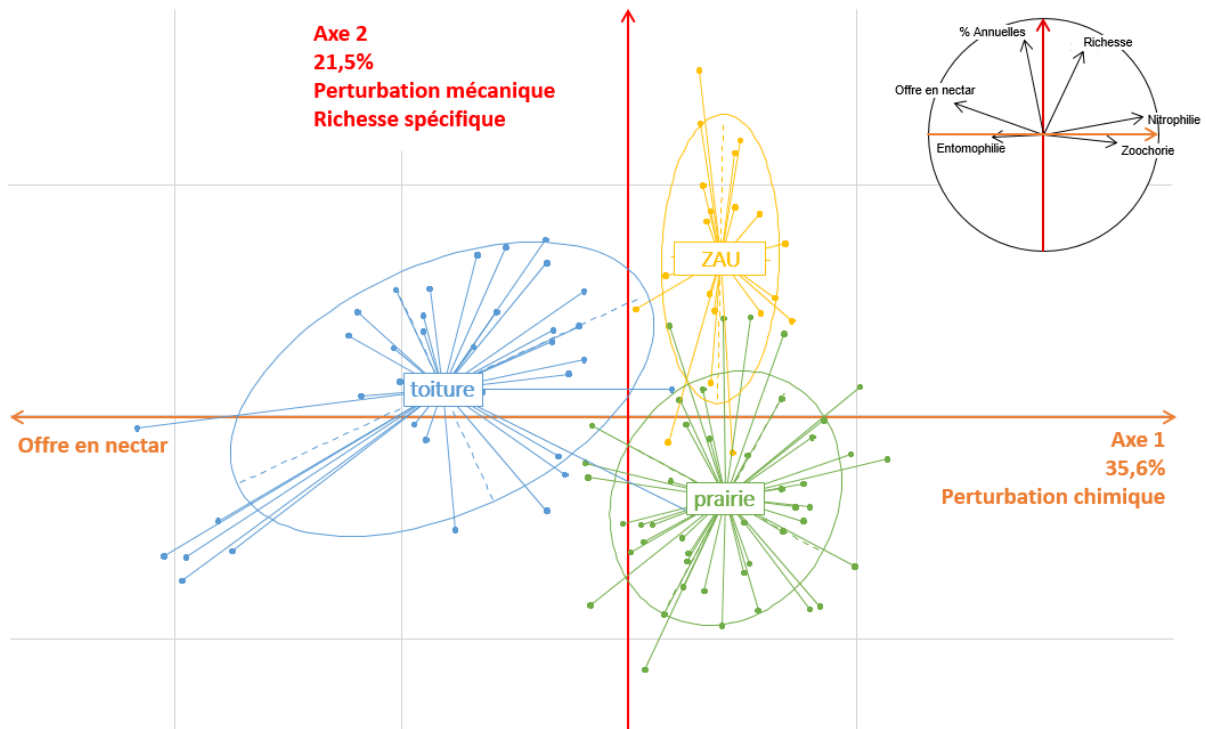
*Seules les comparaisons de milieux dont le résultat est significatif ont été inventoriées dans ce tableau. Avec le test de Wilcoxon, nous avons pu voir si un milieu était, dans un premier temps, supérieur à un deuxième milieu (>) puis s'il était, dans un second temps, inférieur à ce même deuxième milieu (<)*

*Code pour la significativité des variables : 0 '\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05*

*ZAU = zones d'agricultures urbaines*

	Traits	W	p-value
Prairies > Toitures	Fréquence	1101,5	$2,57 \times 10^{-2*}$
	Zoochorie	1256,5	$4,36 \times 10^{-4***}$
	Nitrophilie	1597,5	$1,01 \times 10^{-10***}$
Prairies < Toitures	Offre en nectar	18	$7,23 \times 10^{-15***}$
	% Annuelles	473,8	$1,42 \times 10^{-4***}$
Prairies > ZAU	Zoochorie	656,5	$0,35 \times 10^{-2*}$
Prairies < ZAU	Fréquence	394,5	$4,84 \times 10^{-2*}$
	Richesse	68,5	$5,43 \times 10^{-9***}$
	Offre en nectar	113	$1,36 \times 10^{-7***}$
	Nitrophilie	170	$5,18 \times 10^{-6***}$
	% Annuelles	123	$2,68 \times 10^{-7***}$
ZAU > Toiture	Fréquence	520	$9,60 \times 10^{-3**}$
	Richesse	676	$4,22 \times 10^{-7***}$
	Nitrophilie	729	$3,34 \times 10^{-9***}$
ZAU < Toiture	Offre en nectar	32	$4,47 \times 10^{-9***}$

Annexe V : Première ACP réalisée ACP des trois types d'espaces verts selon sept variables qui reposent sur les traits écobologiques. ZAU = zones d'agriculture urbaines.



*Annexe VI : Valeurs propres des six axes de l'ACP*

Axe	Valeur propre
1	2,02
2	1,29
3	0,78
4	0,64
5	0,27



*Annexe VII : R<sup>2</sup> des différentes zones tampons étudiées. La valeur de R<sup>2</sup> la plus grande montre le meilleur ajustement*

Zone tampon (en m)	R <sup>2</sup>
100	0,02372
<b>200</b>	<b>0,02851</b>
300	0,02814
400	0,02266
500	0,01622
600	0,01632
700	0,01561
800	0,0175
900	0,0211
1 000	0,02372

Annexe VIII : Résultats du test de Tukey pour les variables qui ont une influence significatives sur les indicateurs. Fc = fauche coupée, Fb = fauche broyée, A = pas d'action, P = pâturage  
0,1,2,3,4 correspondent aux classes d'intensité de gestion  
Code pour la significativité des variables : 0 '\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05

Mode de gestion	Richesse	Typicité	Nitrophilie	% Annuelles	Entomophilie	Zoochorie
Fc - Fb	$3 \times 10^{-5}$ ***	0,04*	$1 \times 10^{-7}$ ***	0,03*	0,00***	0,20
A - Fb	0,08	0,03*	$5 \times 10^{-5}$ ***	0,69	0,35	0,99
P - Fb	0,00***	0,08	$7 \times 10^{-5}$ ***	$3 \times 10^{-3}$ ***	0,00***	0,37
A - Fc	0,00***	$7 \times 10^{-3}$ ***	1,00	$6 \times 10^{-3}$ ***	$4 \times 10^{-4}$ ***	0,50
P - Fc	$2 \times 10^{-3}$ ***	0,06	0,49	0,19	0,00***	0,94
P - A	0,00***	0,08	0,56	$5 \times 10^{-4}$ ***	0,00***	0,52

Intensité de gestion	Typicité	Offre en nectar
1 - 0	0,98	0,87
2 - 0	$2 \times 10^{-3}$ ***	0,99
3 - 0	$3 \times 10^{-3}$ ***	0,99
4 - 0	$2 \times 10^{-5}$ ***	1
2 - 1	$2 \times 10^{-5}$ ***	0,98
3 - 1	$4 \times 10^{-5}$ ***	0,99
4 - 1	$2 \times 10^{-5}$ ***	0,94
3 - 2	0,99	0,99
4 - 2	0,00***	0,99
4 - 3	0,00***	0,99

*Annexe IX : Questionnaire envoyé par mail aux gestionnaires des prairies urbaines. Ce questionnaire a été créé dans le but de comprendre les motivations des gestionnaires et surtout leurs interrogations sur les prairies urbaines et sur leurs pratiques afin de les aider au mieux à adapter leurs pratiques de gestion.*

1. Depuis combien de temps participez-vous au programme Florilèges-prairies urbaines ?

2. Pourquoi participez-vous au programme Florilèges-prairies urbaines ?

Votre participation au programme Florilèges-prairies urbaines est-elle liée à vos pratiques ? Si oui, quel type de pratiques souhaitez-vous mettre en place ?

3. Avant votre participation, avez-vous eu des questionnements sur vos pratiques de gestion ? Sur vos actions sur les milieux que vous gérez ? Sur les prairies urbaines (signification, gestion) ?

Si oui, lesquels ?

4. Avez-vous changé vos pratiques de gestion depuis que vous participez au programme Florilèges-prairies urbaines ?

5. Qu'est-ce que le programme vous a apporté ?

6. Le programme a-t-il permis de répondre à vos questionnements ? Si oui, comment ?

7. Avez-vous encore aujourd'hui des questions qui tournent autour des prairies urbaines et du programme Florilèges-prairies urbaines ? Lesquelles ?

## Résumé

Le milieu urbain est souvent représenté comme un milieu contrôlé qui laisse peu de place au « naturel ». Depuis les années 90, les gestionnaires d'espaces publics repensent leur représentation de la nature et sont passés à la gestion différenciée favorisant la diversité des espaces verts. Cette pratique a engendré l'augmentation de la superficie occupée par les prairies urbaines. Des questions ont alors émergé sur la définition de ces espaces et leur potentielle originalité mais également sur les pratiques de gestion les mieux adaptées pour les maintenir et améliorer leur intérêt écologique. L'objectif de cette étude est de répondre à ces questions et d'aider les gestionnaires à adapter leurs pratiques en faveur de la végétation des prairies urbaines en s'appuyant sur les données du programme Florilèges-prairies urbaines.

Il a été constaté que les prairies urbaines constituaient un habitat original et stable dans la matrice urbaine. La gestion joue un rôle crucial quant à la création et au maintien de ces espaces verts. La fauche coupée et le pâturage ressortent comme étant les deux pratiques de gestion les plus favorables au développement d'espèces prairiales et à l'enrichissement du milieu en espèces floristiques diversifiées.

Il sera intéressant pour la suite de suivre d'autres taxons, comme l'entomofaune, pour nous conforter sur les bonnes pratiques de gestion à mettre en œuvre pour favoriser la biodiversité.

Mots-clés : prairie urbaine ; adapter ses pratiques ; gestion différenciée ; flore

## Abstract

Urban environment is often represented as a controlled area. This area leaves not much space for "natural". Since the 90s, green space managers have been doing over their representation of nature. Then, they switched for differentiated management favoring green space diversity. This practice created an increase in the surface area occupied by urban grasslands. Then, several questions emerged on the definition of these spaces and their potential originality. They also wanted to know what is the best management practice to maintain them and improve their ecological interest. The aim of this study is to answer these questions and help managers to adapt their practices in favor of urban grassland vegetation using Florilèges-prairies urbaines's data.

It has been found that urban grasslands provide an original and stable habitat in the urban matrix. Management plays a key role in creating and maintaining these green spaces. Cutting and grazing are brought out as the most favorable management practices for the development of grassland species and the enrichment of the environment with diversified floristic species.

It will be interesting for the future to follow other taxa, such as entomofauna, to comfort us on good management practices to implement to promote biodiversity.

Keywords: urban grassland; adapt his practices; differentiated management; flora