



Inventaire et suivi des insectes du Potager du Roi (78)

Octobre 2022

Rapport d'étape



Contributeurs

Ce document a été réalisé par l'Office pour les insectes et leur environnement (Opie), association agréée par les ministères chargés de l'environnement et de l'éducation nationale, membre de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN), structure de référence régionale dans le cadre du Système d'information sur la nature et le Paysage (SINP) et correspondante du Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) pour l'inventaire national du patrimoine naturel (INPN).

Rédaction & Mise en page :

Tarek BAYAN, Alexis BORGES, Valentin SPECKENS, Bruno MERIGUET et Serge GADOUM.

Cartographie :

Alexia MONSAVOIR, Tarek BAYAN, Alexis BORGES.

Prospection de terrain :

Tarek BAYAN, Alexis BORGES, Enora FOURNIER, Antoine JACOBSON, Bruno MERIGUET, Valentin SPECKENS.

Relecture :

Serge GADOUM, Xavier HOUARD

Illustrations de la première de couverture :

Photographie du Grand Carré du Potager du Roi de Versailles : Valentin SPECKENS

Ce document doit être référencé comme suit :

BAYAN T., BORGES A., SPECKENS V., GADOUM S. & MERIGUET B., 2022. *Inventaires et suivi des insectes du Potager du Roi de Versailles (78)*. Office pour les insectes et leur environnement, 68 pages.

Table des matières

CONTRIBUTEURS	2
TABLE DES MATIERES	4
1. INTRODUCTION	7
1.1 OBJET DE L'ETUDE	7
1.2 OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	7
1.3 PRESENTATION DU SITE	7
1.4 PRESENTATION DES GROUPES D'INSECTES ETUDIES.....	8
1.4.1 Les hyménoptères Apoïdes	8
1.4.1.1 Présentation générale.....	8
1.4.1.2 Intérêt de les étudier	9
1.4.2 Les syrphes	11
1.4.2.1 Présentation générale.....	11
1.4.2.2 Intérêt de les étudier	11
1.4.3 Les papillons	12
1.4.3.1 Présentation générale.....	12
1.4.3.2 Intérêt de les étudier	12
1.4.4 Les coléoptères carabiques.....	13
1.4.4.1 Présentation générale.....	13
1.4.4.2 Intérêt de les étudier	13
2. MATERIEL ET METHODES	13
2.1 HYMENOPTERES APOÏDES ET SYRPHES	14
Approche patrimoniale et écologique	16
2.2 PAPILLONS	17
Approche patrimoniale	19
Approche écologique.....	20
2.3 COLEOPTERES CARABIQUES	21
Approche patrimoniale et écologique	25
3. RESULTATS	25
3.1 HYMENOPTERES APOÏDES ET SYRPHES	25
3.1.1 Synthèse de résultats	25
3.1.1.1 Dates de passage et conditions météorologiques	25
3.1.1.2 Synthèse de la campagne.....	26
3.1.2 Résultats en détail.....	28
3.1.2.1 Liste des espèces d'Hyménoptères Apoïdes	28
3.1.2.2 Liste des espèces de syrphes	30
3.1.3 Approche écologique.....	30
3.2 PAPILLONS	31
3.2.1 Synthèse des résultats	31
3.2.2 Résultats en détail.....	32
3.2.3 Approche écologique.....	35
3.3 COLEOPTERES CARABIQUES	38
3.3.1 Synthèse des résultats.....	38
3.3.1.1 Dates de passage.....	38
3.3.1.2 Synthèse de la campagne.....	38
3.3.2 Résultats en détail.....	39

3.3.2.1	Richesse spécifique	39
3.3.2.2	Richesse spécifique théorique et complétude d'échantillonnage	39
3.3.2.3	Abondance.....	41
3.3.2.4	Mise en perspective avec la faune régionale.....	42
3.3.2.5	Espèces remarquables et régulatrices de ravageurs de cultures	43
3.3.3	Approche écologique.....	43
4.	DISCUSSION	46
4.1	HYMENOPTERES APOÏDES ET SYRPHES	46
4.1.1	Potentiel écologique du site.....	46
4.1.2	Gestion	46
4.2	PAPILLONS	46
4.2.1	Potentiel écologique du site.....	46
4.2.2	Gestion	47
4.2.3	Notes sur les espèces « indésirables » du Potager.....	49
4.3	COLEOPTERES CARABIQUES	50
5.	CONCLUSION.....	51
6.	BIBLIOGRAPHIE	53
6.1	HYMENOPTERES APOÏDES ET SYRPHES	53
6.2	PAPILLONS	55
6.3	COLEOPTERES CARABIQUES	59
7.	SITOGRAFIE.....	60
7.1	HYMENOPTERES APOÏDES ET SYRPHES	60
7.2	PAPILLONS	60
7.3	COLEOPTERES CARABIQUES	60
	LEXIQUE	62
	ABREVIATIONS	62
	TABLE DES FIGURES.....	63
	TABLE DES TABLEAUX	65
	ANNEXES.....	66

1. Introduction

1.1 Objet de l'étude

Le Potager du Roi, site historique de l'École nationale supérieure de paysage, est engagé depuis plusieurs années dans des pratiques de plus en plus respectueuses de l'environnement et poursuit ses efforts dans ce sens. Les gestionnaires souhaitent pouvoir disposer d'indicateurs pour mesurer les effets des changements de pratiques ou d'itinéraires techniques sur la biodiversité.

Les insectes fournissent deux grands services écosystémiques à l'agriculture, en tant qu'auxiliaires et en tant que pollinisateurs. Ils sont des bons indicateurs du fait de leur biomasse et de leur diversité spécifique. Les groupes étudiés ici (abeilles, guêpes sphéciformes, syrphes, papillons, carabiques), au sens de BLANDIN (*in* CAMA 2009), sont de bons bio-indicateurs : « *organisme ou un ensemble d'organismes qui, par référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques permet de façon pratique et sûre, de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un écosystème et de mettre en évidence aussi précocement que possible leurs modifications naturelles ou provoquées* ».

Il s'agit aussi pour le Potager d'identifier les enjeux en termes d'entomofaune : présence d'espèces ou de cortèges à forte valeur patrimoniale, rôle du Potager en termes de réservoir de biodiversité ou de trame verte, etc. Enfin, le Potager souhaite utiliser les insectes en médiation scientifique et culturelle pour valoriser ses fonctions agro-écologiques.

Après des échanges et des prospections en 2008 et 2009 de Serge GADOUM (Opie) et Antoine JACOBSON (École nationale supérieure de paysage), une volonté de longue date de réaliser un inventaire des auxiliaires et des pollinisateurs du Potager du Roi a pu se concrétiser pour l'année 2022.

1.2 Objectifs de l'étude

L'inventaire entomologique réalisé en 2022 vise à :

- dresser une première liste des espèces présentes sur le Potager ;
- renseigner la potentielle présence d'espèces d'intérêt patrimonial (espèces déterminantes de Znieff, espèces protégées et espèces remarquables) ;
- renseigner la présence d'habitats à enjeu pour les insectes ;
- voir la diversité de préférences écologiques au sein de cette communauté ;
- proposer des pistes de gestion ou d'amélioration de pratiques pour le bon développement des populations d'insectes.

1.3 Présentation du site

Le Potager du Roi est situé au 10 rue du Maréchal Joffre à Versailles (78000). Il a été construit entre 1618 et 1683 sous la direction de HARDOUIN-MANSART, LE NOTRE et LA QUINTINIE par la demande de Louis XIV pour fournir des fruits et légumes à la table du roi. Aujourd'hui, le Potager est utilisé à but agricole, éducatif, culturel et évènementiel (Figure 1).



Figure 1 : Toponymie et éléments structurels du Potager du Roi.

1.4 Présentation des groupes d'insectes étudiés

1.4.1 Les hyménoptères Apoïdes

1.4.1.1 Présentation générale

Les Hyménoptères sont un ordre d'insectes holométaboles (stades larvaires très différents du stade adulte) caractérisés par la présence de deux paires d'ailes membraneuses. Les ailes postérieures présentent des crochets appelés *hamuli*, couplant aile antérieure et aile postérieure

lors du vol. Les membres du sous-ordre des Apocrites possèdent une nette constriction entre l'abdomen et le thorax (« taille de guêpe »). Au sein des Apocrites se trouvent ensuite les Hyménoptères Aculéates chez qui l'ovipositeur (appendice abdominal permettant aux femelles de pondre) est transformé en dard (MICHEZ *et al.* 2019). Les aculéates sont divisés en 3 superfamilles dont celle des **Apoïdes** (Figure 2).

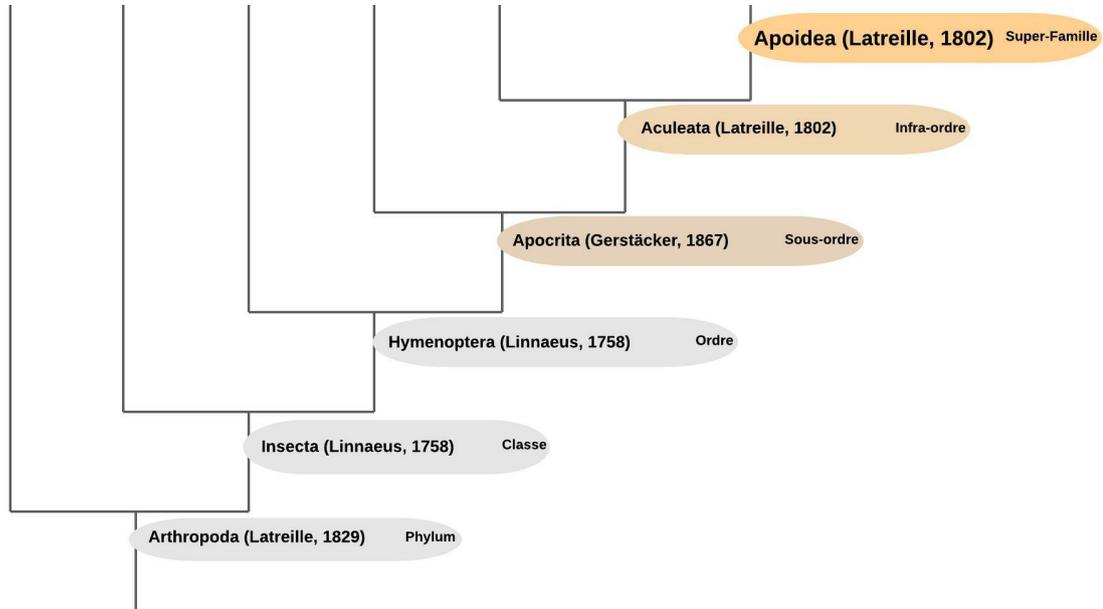


Figure 2 : Phylogénie simplifiée des Hyménoptères Apoïdes.

Les Apoïdes se scindent en deux groupes : les **abeilles sauvages (Anthophila)** et les **guêpes sphéciformes (Spheciforma)**. Bien que chacun présente un régime alimentaire semblable à l'état adulte, basé sur la ressource florale (nectarifère et pollinique), abeilles et sphéciformes se distinguent principalement par leur régime alimentaire à l'état larvaire. D'un côté, les larves de Sphéciformes sont carnassières et se nourrissent de proies capturées par les femelles. De l'autre, les abeilles présentent un régime alimentaire basé sur la ressource florale au stade larvaire ainsi qu'au stade adulte (MICHENER 2007).

Si le grand public connaît bien l'abeille domestique *Apis mellifera*, en raison de la production de miel, très peu connaissent la diversité en **abeilles sauvages**. Près de 1000 espèces sont présentes en France métropolitaine réparties en 6 familles, le tout dévoilant une grande diversité morphologique mais aussi biologique. La plupart d'entre elles sont solitaires : chaque femelle va posséder son propre nid au sein duquel seront disposés les larves au sein de cellules, lesquelles seront approvisionnées en pollen et en nectar. Selon les espèces, les nids peuvent être creusés à même le sol, dans le bois sénescant, dans les tiges de certaines plantes ou encore dans des coquilles vides d'escargots.

1.4.1.2 Intérêt de les étudier

Les abeilles (Figure 3) du fait de leur morphologie (poils branchus sur tout ou partie du corps), de leur alimentation adulte et larvaire exclusivement basée sur les ressources florales (nectar et pollen), et de leur comportement de butinage (fidélité totale - oligolectisme - ou partielle – polylectisme - à une espèce de plante pour la récolte de pollen) jouent un rôle primordial dans la pollinisation.



Figure 3 : *Halictus scabiosae* mâle butinant une fleur de Cosmos au Potager du Roi. © T. BAYAN.

Les **Sphéciformes** (Figure 4) à l'état adulte sont des prédateurs solitaires, qui capturent divers insectes, paralysés au préalable. Ces proies sont emmenées au sein de leurs nids pour nourrir les larves, carnassières. Les différentes espèces de Sphéciformes peuvent présenter des choix préférentiels en termes de proies que ce soit à l'échelle de la famille, du genre, ou de l'espèce (BITSCH 2020).



Figure 4 : mâle de *Cerceris* sp. sur Solidage au Potager du Roi. © T. BAYAN.

De la même manière que les abeilles, les nids peuvent être confectionnés dans différents lieux à l'aide de divers matériaux selon les espèces. Il existe près de 400 espèces de Sphéciformes en France métropolitaine réparties en 10 familles. Si les adultes de Sphéciformes sont des

prédateurs, ils présentent eux aussi un enjeu pour la pollinisation en raison de leur régime alimentaire à l'état adulte basé sur la ressource florale (nectar).

1.4.2 Les syrphes

1.4.2.1 Présentation générale

Les **Syrphes** (Figure 5) sont les représentants d'une famille d'insectes (Syrphidae) faisant partie de l'ordre des Diptères. Près de 500 espèces de syrphes sont présentes sur le territoire métropolitain. Ils se distinguent des autres familles de diptères par l'agencement de leur nervation alaire (en particulier présence d'une nervure vestigiale au niveau des ailes : la *vena spuria*). Leur vol stationnaire caractéristique les distingue des autres insectes pollinisateurs. De plus, ces espèces présentent un mimétisme batésien : un corps rayé de noir et jaune ou encore une forte pilosité évoquent l'allure de certaines abeilles ou guêpes.



Figure 5 : *Eristalis* sp. butinant une Marguerite au Potager du Roi. © T. BAYAN.

1.4.2.1 Intérêt de les étudier

Au-delà de leur rôle dans la pollinisation, de nombreuses espèces de syrphes interviennent dans la protection intégrée des végétaux notamment durant la phase larvaire (larves aphidiphages, c'est-à-dire consommant pucerons et autres aphidiens) et présentent ainsi un rôle en tant qu'auxiliaires de cultures. Globalement, les différentes espèces de syrphes présentent une diversité de régimes alimentaires à l'état larvaire : elles sont soit prédatrices, soit phytophages, soit saprophages/microphages (SPEIGHT *et al.* 2016). Leur présence sur un site va par ailleurs dépendre de la présence de micro-habitats nécessaires au développement des larves (pièces d'eau, végétaux, etc.).

1.4.3 Les papillons

1.4.3.1 Présentation générale

Les Lépidoptères, soit les « papillons », diurnes et nocturnes, sont un ordre homogène d'insectes holométaboles. Leurs adultes sont tous à ailes écailleuses colorées et leurs larves de types chenilles sont phytophages pour l'écrasante majorité. Ils sont donc directement liés à la composante végétale d'un espace.

La diversité d'espèces de ce groupe est grande avec plus de 900 « macro » en Île-de-France (dont 119 Rhopalocères). Ils sont bien connus au niveau de leur biologie et de leur répartition régionale depuis la fin du XIX^{ème} siècle et accrue entre la fin du XX^{ème} siècle et aujourd'hui.

On désignera :

- sous le terme ancien « Rhopalocères » (mais encore d'usage) tous les Lépidoptères appartenant à la super-familles des Papilionoidea ;
- sous le terme ancien « Hétérocères » tous les macrolépidoptera (hors Papilionoidea), c'est-à-dire les super-familles des Lasiocampoidea, Bombycoidea, Drepanoidea, Geometroidea et Noctuoidea augmenté des Hepialoidea, Cossioidea, Tyridoidea.

À noter que plus de 90% des espèces de Lépidoptères sont à activités nocturnes (incluant les crépusculaires) et l'usage les regroupe sous le terme « papillon de nuit » ou Hétérocères nocturnes.

1.4.3.2 Intérêt de les étudier

Les différentes affinités des Lépidoptères en font d'excellents bio-indicateurs de la présence et du maintien d'espace naturels et semi-naturels.

D'après KITCHING *et al.* (2000), le régime alimentaire à prédominance herbivore (synonyme de phytophage) chez l'ordre des Lépidoptères induit qu'ils peuvent représenter une mesure qualitative de la végétation.

Rhopalocères

Dans le cadre de la gestion des milieux naturels, les Rhopalocères sont considérés comme de très bons indicateurs de l'ouverture des milieux et de l'état de conservation des habitats naturels (POLLARD & YATES, 1993 ; DUPONT & LUMARET, 1997). Ils sont liés à des plantes hôtes et donc à la composition floristique des milieux. Ils peuvent également avoir besoin d'un complexe d'habitats pour réaliser leur cycle de développement. Certaines espèces présentent des exigences très précises en termes d'habitats naturels (tourbière, pelouses sèches...) et ont des cycles biologiques complexes.

Hétérocères

En Europe, en France et dans plusieurs régions, les lépidoptères hétérocères forment un groupe d'invertébrés globalement bien connu. Étudié à l'origine sous une approche essentiellement naturaliste, il a progressivement été pris en compte comme un sujet d'étude à part entière en écologie et en biologie de la conservation. Il constitue donc un modèle biologique d'autant plus pertinent qu'il est l'objet de nombreuses études et suivis de la part des entomologistes amateurs, professionnels, des gestionnaires ou encore de certains chercheurs.

C'est surtout à travers des relevés nocturnes qu'ils sont détectables (du fait que plus de 90% ont une activité à partir de la nuit tombée) mais il est intéressant de les intégrer aux relevés « classique » papillons de jour Rhopalocères et Zygènes. En effet, leur détection et recherche à vue est quasi-identique, et de très bonnes observations peuvent alors être faites à cette occasion.

GOUTTE & GUYCHERD (2000) précisent que les Hétérocères sont de meilleurs indicateurs que les Rhopalocères en zones humides car ils colonisent une plus large gamme d'habitats, et qu'ils sont d'ores et déjà utilisés comme indicateurs en France dans ces biotopes. RICKETTS *et al.* (2001) ont montré dans une étude comparative entre la diversité spécifique des rhopalocères et des hétérocères aux États-Unis, qu'une faible diversité spécifique chez les rhopalocères ne traduisait pas une diversité équivalente chez les hétérocères. Ces derniers offrent donc un « spectre indicateur » plus large, car ils sont plus nombreux et exploitent une gamme d'habitats plus variés. En France, il n'y a par exemple pas de Rhopalocères actifs en milieux boisés (hors clairières et allées forestières ensoleillées) mais plusieurs cortèges d'Hétérocères.

1.4.4 Les coléoptères carabiques

1.4.4.1 Présentation générale

Les coléoptères sont un ordre d'insectes caractérisés par leur carapace durcie, leur première paire d'ailes coriace et leurs pièces buccales broyeuses. Ils présentent une très grande diversité, liée en particulier à l'originalité qu'ils partagent avec les abeilles, mouches et papillons, d'avoir une étape de métamorphose (chrysalide) entre la larve et l'adulte. Ils présentent également des traits de vies (biologie) très diversifiés et sont capables d'exploiter des ressources très variées (bois morts, excréments, racines, champignons, invertébrés, ...). Les coléoptères comptent en France (Corse incluse) plus de 12 000 espèces.

Les coléoptères carabiques appartiennent à la famille des Carabidae qui comprend deux grands sous-ensembles, les carabes *sensu stricto* (sous-famille des Carabinae incluant l'ensemble des espèces de carabes *Carabus spp.*) et les carabiques comprenant 17 sous-familles (Brachininae, Cicindelinae, Elaphrinae, Harpalinae, Nebriinae, Omoproninae, Pterostichinae, Trechinae, etc.). Cette famille compte 1056 espèces en France métropolitaine, soit 10% des espèces de coléoptères sur cette zone.

1.4.4.2 Intérêt de les étudier

La présence et la composition de ce groupe sont influencées par les conditions stationnelles, la nature du sol et la biogéographie des espèces. Les carabiques sont principalement des prédateurs (donc zoophages), même si quelques espèces ont un régime alimentaire mixte, voir granivores. Toutes les larves de cette famille se développent sur ou dans le sol.

L'intérêt d'étudier les communautés de carabiques vient de leur rôle d'indicateurs du fonctionnement des écosystèmes et de régulateurs de nuisibles en milieu agricole.

2. Matériel et méthodes

Le référentiel taxonomique utilisé est celui de l'Inventaire national du patrimoine naturel (INPN), soit la version 15.0 de TaxRef.

Toutes les données sont saisies dans la base de données de l'Opie et seront versées dans la base régionale Géonature de l'Agence Régionale de la Biodiversité d'Ile-de-France (ARB-IdF).

2.1 Hyménoptères Apoïdes et syrphes

Il s'agit de relever un maximum de la diversité (richesse spécifique) afin de dresser une liste représentative des Hyménoptères Apoïdes et des Syrphes présents sur le Potager du Roi, de mettre en exergue les espèces de fort intérêt patrimonial, mais aussi de repérer les habitats à enjeu pour ces insectes et de renseigner les relations plantes-insectes constatées.

La pollinisation est une relation à bénéfice réciproque (mutualisme) entre insectes butineurs et plantes butinées : d'une part, la ressource alimentaire proposée par les plantes (nectar et pollen) est essentielle à la pérennité des communautés d'insectes butineurs. D'autre part, les visites des insectes butineurs sur diverses plantes permettent le déplacement des grains de pollen (gamètes mâles) d'un individu de plante vers un autre de la même espèce. Ces grains de pollen pourront alors entrer en contact avec le pistil puis l'ovaire de la plante (gamète femelle), ce qui permet *in fine* la fécondation et la reproduction des plantes. Il y a donc une relation **interdépendante** entre **insectes pollinisateurs** et **plantes pollinisées**. Au regard de ces relations, il est essentiel de prendre en considération plantes et pollinisateurs au sein du réseau de pollinisation.

La méthode choisie est celle des chasses à vues (Figure 6) réalisées au moyen d'un filet entomologique (capture des spécimens) ou d'un aspirateur à bouche, pour la capture des individus. La très grande majorité des espèces d'abeilles et de syrphes n'étant pas déterminables *in situ*, les spécimens prélevés sont tués à l'acétate d'éthyle (mort douce par anesthésie) pour conservation et détermination ultérieure. Chaque spécimen observé ou capturé est géoréférencé à l'aide d'un GPS (précision 5 m). Les bourgades de nidifications et tout élément indispensable au maintien des espèces (microhabitats) sont géoréférencés à fins d'analyse des peuplements et des habitats. Les espèces végétales butinées par les spécimens observés ou capturés sont, dans la mesure du possible, identifiées.

L'ensemble de la récolte est ensuite conditionné et conservé dans un congélateur prévu à cet effet jusqu'à la phase d'identification. Les spécimens prélevés sont ensuite montés sur épingle puis étalés (incontournable extraction des pièces génitales des mâles) à des fins de conservation et de détermination au laboratoire sous la loupe binoculaire (seule méthode fiable).

Pour les Sphéciformes, les informations sont tirées de BITSCH & LECLERCQ (1993), BITSCH *et al.* (1997, 2001, 2003) et BITSCH (2020, 2021, 2022). Pour les abeilles sauvages et les syrphes, les informations sont issues de diverses ressources bibliographiques selon l'espèce, le genre ou la famille.



Figure 6 : Chasse à vue réalisée lors du passage du 11 août sur le Potager du Roi. © T. BAYAN.

Les plantes sont identifiées à l'aide de :

- la flore de JAUZEIN & NAWROT (2013) pour la flore indigène ;
- diverses ressources bibliographiques et de l'application PlantNet (<https://plantnet.org/>) pour la plupart des plantes ornementales. Pour ces plantes, **certaines identifications devront être validées par le personnel du Potager du Roi.**

Ces choix méthodologiques permettront d'analyser les résultats de manière qualitative, et éventuellement semi-quantitative.

Six chasses à vue d'une journée avaient été prévues de mars à septembre 2022. Ces chasses à vues devaient être espacées d'au moins 15 jours afin de pouvoir observer les nouveaux cortèges d'espèces qui émergent tout au long de la période de terrain. Les prospections devaient être réalisées en conditions favorables pour l'observation des insectes (température supérieure à 15°C, vent faible ou modéré et couverture nuageuse de préférence absente).

Chaque spécimen prélevé a été numéroté. Certains spécimens ont pu être photographiés avant d'être capturés. Ceci permettra de déterminer au niveau spécifique le spécimen sur le cliché. À chaque observation est associée une coordonnée GPS (précision de 5 mètres).

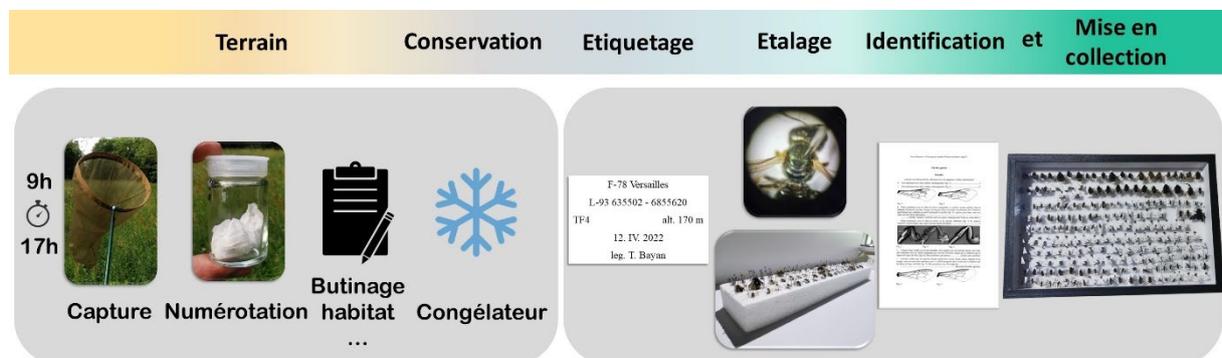


Figure 7 : Méthode mise en place pour l'étude des Hyménoptères Apoïdes et des Syrphes. © T. BAYAN.

Une fois capturés, les spécimens sont étiquetés, étalés puis triés à des fins d'identification (Figure 7). Après détermination, les insectes sont conservés dans les meilleures conditions possibles (température, hygrométrie) pour une éventuelle exploitation ultérieure (vérifications, validations, révisions de genre, formations de spécialistes).

Approche patrimoniale et écologique

Les espèces d'**abeilles** sont considérées comme présentant un **fort intérêt patrimonial** lorsqu'elles :

- figurent sur la Liste rouge européenne des abeilles (NIETO *et al.* 2014), sont déterminantes de Znieff en Île-de-France (DUFRENE *et al.* 2017), sont présumées rares et/ou en déclin ;
- se trouvent en limite d'aire de distribution dans la région (AMIET *et al.* 1999, 2001, 2004, 2007, 2010, CHOREIN 2007, DATHE 1980, DYLEWSKA 1987, EBMER 1987 et 1988, FOLSCHWEILLER *et al.* 2020, GADOUM 2021, GADOUM *et al.* 2005, GADOUM & LE GOFF 2009, GADOUM & PAULY 2006, MICHEZ & EARDLEY 2007, PATINY 1998, PAULY 2019, RASMONT 1983 et 1988, RASMONT & MERSCH 1988, RASMONT *et al.* 1993, SCHEUCHL 1995, 1996, 2007, STALLEGGER & LIVORY 2008, TERZO 2000, TERZO *et al.* 2007, WESTRICH 2018, Atlas Hymenoptera) ;
- ou sont fortement exposées au risque climatique (RASMONT *et al.* 2015).

Aucune espèce d'abeille ne bénéficie d'une protection nationale, l'Île-de-France est actuellement la seule région disposant d'une liste d'abeilles réglementairement protégées sur son territoire (7 espèces de bourdons : MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT 1993). Enfin, le caractère spécialisé (sténoécie) de la récolte de pollen (abeilles oligolectiques) ne justifie pas à lui seul d'un fort intérêt patrimonial mais sert à conforter les autres critères.

Les espèces de **Sphéciformes** sont considérées comme présentant un **fort intérêt patrimonial** lorsqu'elles :

- sont présumées rares et/ou en déclin ;
- ou se trouvent en limite d'aire de distribution dans la région. Les informations concernant la répartition des espèces sont tirées de BITSCH & LECLERCQ (1993), BITSCH *et al.* (1997, 2001, 2003) et BITSCH (2020, 2021, 2022).

Pour les **Syrphes**, nous nous appuyons aussi sur la méthode proposée par TOP & WARTELLE (2015) basée sur les statuts de menace des espèces dans la base de données Syrph The Net (StN). StN propose trois statuts de menace, à l'échelle européenne et à l'échelle nationale : menacé (threatened : probablement menacée avec risque d'extinction), en déclin (decreasing : bien que considérée comme non menacée, l'espèce affiche un déclin notable dans le nombre de ses populations ou dans sa distribution géographique) et non menacé (unthreatened : apparemment non menacée ni en déclin dans le nombre de ses populations ou dans sa distribution géographique). Un codage flou est intégrée à ces statuts de menace (1 = corrélation mineure ; 2 = corrélation modérée ; 3 = corrélation maximale). On peut ainsi distinguer et coder :

✓ **M** : Espèce menacées avérées ou potentiellement menacées ;

✓ **D** : les espèces en déclin avérée ou potentiellement en déclin.

La base Syrph the Net (StN) définit trois statuts pour la menace (différentes échelles géographiques et biogéographiques renseignées) présentés dans le **Tableau 1**.

Tableau 1 : Correspondance retenue entre la codification StN et le caractère ‘‘fortement patrimonial’’ en France métropolitaine.

Codification retenue pour la caractère patrimonial	Codification StN		
	Menacée	En déclin	Non menacée
Espèce menacée avérée ou potentiellement menacée = M	3		
	2	2	
	3	1	
Espèce en déclin avéré ou potentiellement en déclin = D		3	
		2	2
		3	3
	1	2	1
		2	1
	1	2	
	1	3	

Ainsi, pour une espèce, si par exemple, la colonne « menacée » se voit attribuer un 3, cela veut dire qu'il y a une corrélation positive maximale entre l'espèce et le statut « menacé ». Dans beaucoup de cas, une seule catégorie de menace est choisie et codée donc 1, 2 ou 3. Lorsque deux catégories sont codées, le plus généralement, les deux notes ne sont pas égales et la nuance introduite est d'ordre géographique. Cela signifie qu'une espèce codée « 3 » en « non menacée » et « 1 » ou « 2 » en « en déclin », peut être comprise comme : « généralement non menacée (dans l'aire concernée), mais pouvant être localement en déclin ». Pour les cas de codage égal dans deux catégories, par exemple « 2 » en « non menacée » et « 2 » pour « en déclin », là il faut comprendre une espèce dont le statut est intermédiaire entre les deux catégories : « espèce potentiellement en déclin ». Suivant cette codification, les espèces que l'on retient comme ayant un caractère « fortement patrimonial » (M ou D) sont les espèces répondant à la codification du Tableau 1.

2.2 Papillons

Quatre passages de prospection d'une demi-journée en dernière décade des mois de mai, juin, juillet et août devaient permettre de dresser la liste des espèces et de réaliser une évaluation patrimoniale. Si des espèces « nuisibles » sont inventoriées, un lien sera fait avec les plantes hôtes et les moyens de lutte écologiques disponibles.

Les techniques suivantes afin de relever un maximum de la diversité (richesse spécifique) des papillons ont été mises en œuvre au moyen :

- du filet à papillons afin de capturer les adultes en vol ou au repos (inventaire qualitatif des imagos à activités diurnes ; Figure 8a ; Figure 9a) ;
- d'un parapluie japonais afin de recueillir, par battage, les chenilles tombées des branches que l'on secoue ou les imagos de Lépidoptères au repos mais cachés sur des supports d'intérêts ;
- de recherche d'individus à vue dans la végétation d'intérêt (imagos en train de butiner, chenilles, ... ; Figure 9b et c)

- d'appareils photographiques macroscopiques afin de limiter les prélèvements et pouvoir déterminer *a posteriori* les espèces d'identification plus délicate (Figure 8b) ;
- de flacons de collectes pour récupérer les individus nécessitant une détermination en laboratoires (*via* examen des *genitalia* sous la loupe binoculaire ; Figure 8c et d) ;
- l'observation du contenu des pièges installé par l'équipe du Potager du Roi pour la protection des cultures (Figure 9d).

Dans tous les cas de figures, les imagos et chenilles sont comptabilisés.

Les individus et espèces le nécessitant (cas d'individus « usés », et d'espèce déterminables uniquement par l'examen des pièces génitales), sont prélevés en vues d'une identification ultérieure. L'expertise de terrain de l'Opie permet d'exclure les prélèvements inutiles et de se consacrer à l'observation et aux prélèvements incontournables.

Ces méthodes de « chasse à vue », permettent de tendre vers l'exhaustivité sur un site donné et de réaliser un état initial le plus complet des espèces présentes.

Les informations sont tirées de issues de diverses ressources bibliographiques selon l'espèce, le genre ou la famille.

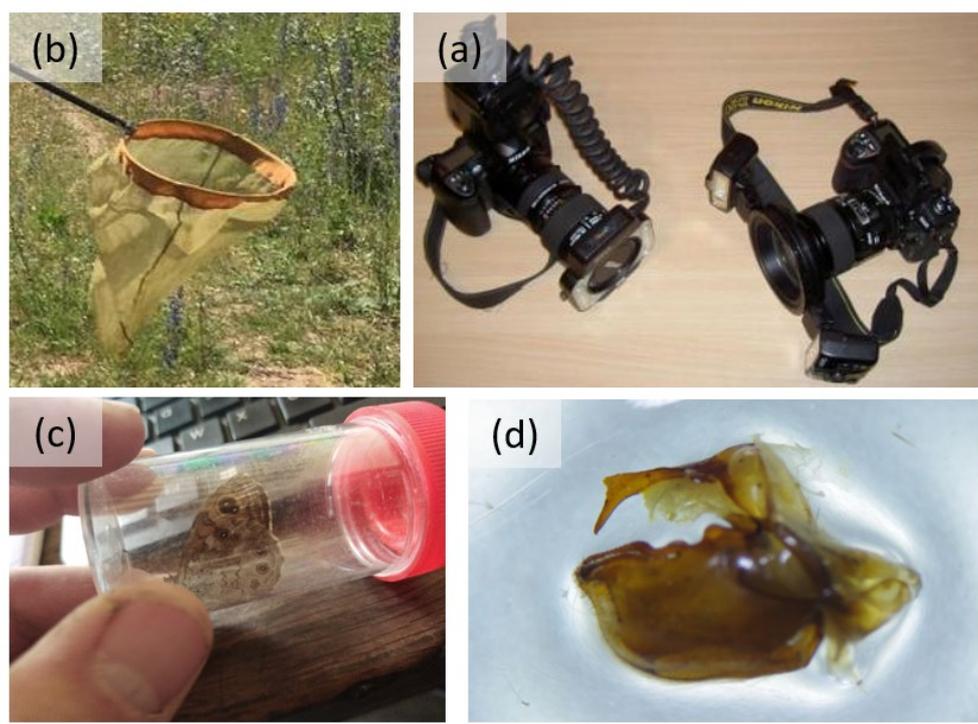


Figure 8 : Photographie d'un filet à papillon (a), d'appareils photos macroscopiques (b), d'un flacon de collecte avec un papillon à l'intérieur (c) et des pièces génitales de papillons (d). © A. Borges.



Figure 9 : Détermination à vue in situ, suite à une capture au filet (puis relargage du spécimen ; a), recherche « à vue » de chenilles de *Cucullia* sp. (Hétérocère – Noctuidae) sur *Verbascum* sp. (b), *Orthosia gothica* - la Gothique – (c) et observation du contenu des pièges à phéromones mouillant contenu d'un piège mouillant à phéromone : présence de 2 Sésies du Pommier - *Synanthedon myopaeformis* (d). © a, b et d : A.Borges ; © c : A. Jacobsohn.

Les noms communs d'espèces proviennent de TaxRef v15.0 : les noms vernaculaires n'étant régis par aucun code contrairement aux noms scientifiques (en latin), différents noms vernaculaires peuvent être attribués à une même espèce selon les auteurs. Il est donc vivement recommandé de toujours faire référence au nom scientifique.

Approche patrimoniale

Concernant les Rhopalocères et Zygènes, les statuts patrimoniaux utilisés sont ceux de la liste rouge régionale des Rhopalocères et des Zygènes d'Île-de-France de 2016 (DEWULF & HOUARD 2016) dont les codes correspondent aux catégories du Tableau 2.

Tableau 2 : Statuts de rareté et de menace en Île-de-France.

Statut de rareté régionale		Statut de menace régionale (UICN)	
Très commune (CC)	CC	NA	Non applicables
Commune (C)	C	DD	Données insuffisantes
Assez commune (AC)	AC	LC	Préoccupations mineures
Peu commune (PC)	PC	NT	Quasi-menacées
Assez rare (AR)	AR	VU	Vunérables
Rare (R)	R	EN	En danger
Très rare (RR)	RR	CR	En danger critique
Exceptionnelle (E)	E	RE	Régionalement éteintes
Non Revue (NR)	NR		

Concernant les Hétérocères, il convient de rappeler que les indicateurs « espèce déterminante de ZNIEFF » ou « espèce protégée régionale » ne suffisent pas à caractériser l'intérêt patrimonial régional d'une espèce car à l'époque de leurs élaborations, ils ne portaient pas sur l'ensemble des principales familles et qu'à ce jour ils n'ont pas été révisés ou sont en cours

(protection réglementaire régionale). Faute de liste rouge régionale, nous nous référons donc à l'inventaire régional des macrolépidoptères, réalisé et entretenu par le GILIF (Groupe d'Inventaire des Lépidoptères d'Île-de-France ; MOTHIRON 1997, 2001, 2010, 2017), dans lequel chaque espèce est caractérisée par un statut régional de vulnérabilité et par suite l'urgence de la protection de ses biotopes. Les critères de vulnérabilité retenus ici ne sont pas ceux de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) par manque de données quantitatives, ils sont simplement donnés "à dire d'expert". Les Pyraloidea n'ont pas encore été évaluées à ce jour et portent automatiquement la mention NE : non évaluée, mais certaines espèces d'intérêt connus peuvent être mises en avant.

Voici la définition des différents statuts :

- **ME** - Est « Menacée » une espèce dont la survie est incertaine si les menaces actuelles continuent d'opérer. Dans la pratique, cette catégorie regroupe des espèces très peu observées, fréquemment liées à un milieu en forte régression. On en connaît souvent que peu de populations, isolées les unes des autres. C'est le statut de menace le plus élevé ;
- **VU** - Est « Vulnérable » une espèce ayant connue une régression significative dans un passé récent, qui laisse supposer une évolution vers le statut « Menacé » si les causes de la régression persistent ou s'amplifient. En Île-de-France, c'est le cas notamment de nombreuses espèces forestières qui ont déserté les bois surexploités de la banlieue pour se localiser dans les grands massifs où elles peuvent encore être localement communes. Notons bien que « Vulnérable » ne veut pas dire « rare partout » ;
- **NM** – « Non Menacée » : cas où rien ne laisse supposer à court terme une régression de l'espèce ;
- **MI** - « Migrateur » : ne se reproduit probablement pas en continu en Ile-de-France, mais s'y rencontre plus ou moins régulièrement au cours de ses déplacements migratoires, ou à la suite de ceux-ci s'il y a établissement de colonies temporaires ;
- **NE** - « Non Evaluée » : espèce non encore traitée par le GILIF, cas des Microlépidoptères.

Approche écologique

Beaucoup d'insectes phytophages ont eu au cours de l'évolution plus ou moins tendance à se spécialiser sur certaines espèces végétales, appelées plantes hôtes, auxquelles ils se sont adaptés pour assurer leur reproduction, limitant ainsi la compétition entre espèces. Le terme **plante hôte** désigne une espèce végétale qui permet, en conditions naturelles, à un insecte de se développer de l'œuf à l'adulte. Une plante hôte doit donc être acceptée à la fois par la femelle adulte pour pondre et par la larve pour s'alimenter.

La plupart des chenilles se nourrissent de végétaux. Toutes les parties de la plante peuvent être attaquées, mais dans la grande majorité des cas, ce sont les feuilles. Les chenilles de grande taille mangent toute l'épaisseur de la feuille en commençant par le bord et accentuant de plus en plus l'entaille du début. Il arrive que, dans ce cas, la feuille se trouve finalement réduite à son pétiole. Les chenilles de petite taille ayant une armature buccale plus faible commencent souvent par la pointe de la feuille là où les nervures sont moins développées ; c'est ce qui se produit surtout pour les feuilles de conifères. Certaines chenilles percent des trous dans la feuille, mais le cas est assez rare chez les chenilles de Lépidoptères. D'autres chenilles de petite taille ne mangent que la partie supérieure de la feuille, laissant intact l'épiderme inférieur qui devient transparent, ou inversement mangent la surface inférieure en respectant l'épiderme supérieur (fenêtres dans la feuille).

Le régime des chenilles est prédéterminé et peut-être de type monophage, oligophage, polyphage selon les espèces de chenilles :

- les chenilles **monophages** (> 50% des espèces) sont celles qui ne mangent qu'une seule espèce de plante ou tout au moins des plantes rangées par les botanistes dans un seul genre ;
- les chenilles **oligophages** (30%) sont celles qui vivent sur les plantes appartenant à une même famille (Rosacées par exemple) ;
- enfin les chenilles **polyphages** (< 20%) sont très éclectiques dans leur choix, elles acceptent des plantes très éloignées dans la classification.

Ainsi les espèces à chenilles polyphages sont parfois dites généralistes alors que celles à chenilles oligophages ou monophage sont dites spécialistes. L'oligophagie résulte de l'appréciation par la chenille de la composition chimique de la plante. Les biochimistes, ont en effet, montré que les diverses plantes d'une même famille naturelle présentent une analogie souvent remarquable dans leur composition chimique (essences des Ombellifères alcaloïdes chez les Solanacées, etc.). Il est probable que le rôle des alcaloïdes est important dans le choix de la nourriture. La plupart des chenilles mineuses sont monophages ou oligophages.

Les chenilles polyphages peuvent l'être de différentes façon, selon les strates : par exemple plantes basses, feuillus, arbustes, mousses, etc. Dans ce cas il est admis que l'adaptation s'est faite par facilité d'accès entre deux plantes existant sur la même strate.

La grande majorité des espèces de Lépidoptères, stade chenilles, sont exclusivement phyllophages.

Tous les autres types d'alimentations phytophages existent chez des espèces de Lépidoptères mais ne concernent parfois qu'une à une dizaine d'espèces (en gras, les types concernant le potager du Roi) : **anthophage** (qui se nourrit de fleurs), **carpophage** ou frugivore (qui se nourrit des fruits ou des fructifications des végétaux), cléthrophage ou granivore (qui se nourrit de graines), conophage (qui se nourrit exclusivement dans les graines et les cônes des conifères), hétéroconophage (qui attaque les graines et les cônes à l'occasion, mais qui vit et se nourrit généralement des tiges et des aiguilles des conifères), nectarivore, (qui se nourrit de nectar), phloèmophage (qui se nourrit des tissus du phloème), phyllophage ou herbivore, (qui se nourrit du tissu de la feuille des végétaux), pollinivore (qui se nourrit de pollen), rhizophage ou radicivore (qui se nourrit des racines des végétaux), succivore (qui se nourrit de la sève des végétaux), **xylophage** (qui se nourrit de tissus ligneux - bois - vivant, malade ou mort récemment sur pied ou au sol). Certaines couplent plusieurs types d'alimentations phytophages, par exemple : phyllophages et anthophage.

2.3 Coléoptères carabiques

BOUGET & NAGELEISEN (2009) expliquent les différents objectifs qui peuvent être fixés à une étude entomologique, en particulier les différences qui existent entre deux orientations fortes : une démarche de suivis privilégiera la répétabilité (dans un but de comparaisons, à différentes échelles : spatiales, stationnelles ou temporelles) et une démarche d'inventaire veut tendre vers l'exhaustivité (maximisation du nombre d'espèces révélées ; Figure 10).

Dans la présente étude, s'il s'agit de maximiser le nombre d'espèces de carabiques détectées et d'améliorer la connaissance de leur répartition sur le Potager du Roi. Pour maximiser cette dernière, nous avons exploré les différents milieux présents sur le site. Il s'agit aussi de mettre en exergue les espèces de fort intérêt patrimonial.

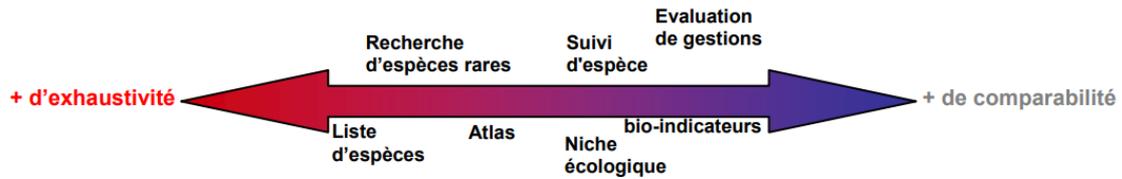


Figure 10 : Schéma de la priorité à l'exhaustivité ou à la comparabilité de l'échantillonnage selon l'objectif de l'inventaire (d'après NAGELEISEN & BOUGET, 2009).

Les carabiques constituant une part importante de la faune circulante du sol, le piège Barber (= piège de chute) est utilisé. Il est constitué d'un récipient de type flacon enterré au ras du sol (Figure 11a), contenant un liquide de collecte composé d'eau saturée en sel (≈ 350 gr/l) et de quelques gouttes de détergent. Un capuchon de protection contre la pluie est réalisé avec une bouteille. Il est maintenu dans le sol à l'aide d'un bâton (Figure 11b). Sur le bâton, un morceau de rubalise est accroché pour signaler la présence du piège afin que le personnel du Potager du Roi puisse prendre en compte leur présence au cours de l'entretien du site.

Cinq lieux du Potager du Roi ont été choisis (Figure 12 ; Tableau 3). Sur chacun, trois pièges Barber espacés d'un à deux mètres entre eux sont installés (soit 25 pièges en tout). Lors de la récolte, le contenu des 3 pièges d'un lieu est réuni en un seul échantillon.

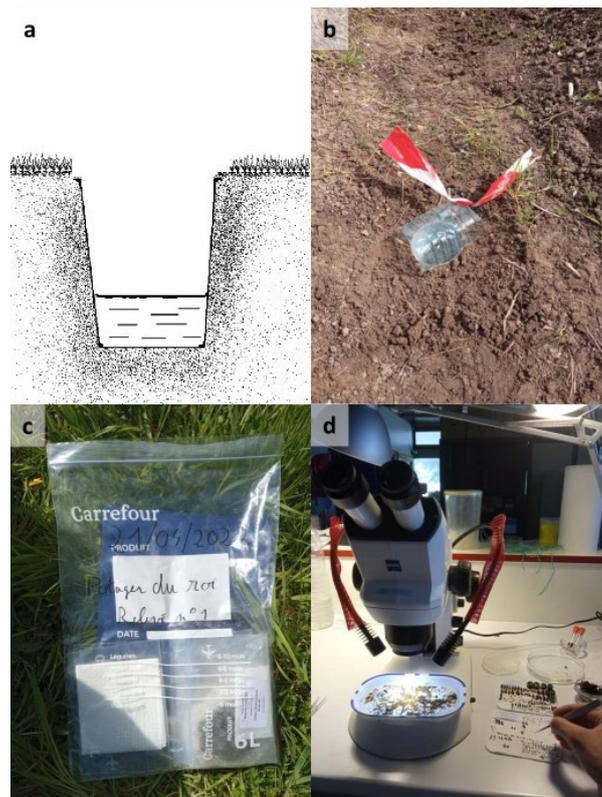


Figure 11 : (a) Dessin d'un piège Barber enterré, (b) image d'un piège Barber enterré avec une protection anti-pluie et un morceau de rubalise, (c) image sachets de prélèvements contenus dans un sachet commun et (d) image du tri des échantillons sous une loupe binoculaire avec la pose des individus sur une couche de coton. © dessin : B. Mériguet ; © images : V. Speckens.

Les lieux choisis sont la Figuerie, le Grand Carré, le Troisième des Onze et le Duhamel. La Figuerie est dans un contexte de culture potagère entourée de d'allées gravillonnées. Les pièges

dans ce lieu ont été posés entre une ligne de rhubarbes et de sarrasin perpétuel. Le Grand Carré est un espace constitué de 16 carrés (ou jardins) entourés d'arbres fruitiers et de plantes ornementales, avec de la pelouse en guise de circulations. Les pièges ont ici été placés au milieu d'une culture d'asperge à sol nu. Le Troisième des Onze est un jardin fruitier avec de la pelouse. Cette-fois, les pièges sont posés sous des pommiers tout près d'un mur, encore sur sol nu. Enfin, deux séries de pièges ont été posés dans le Duhamel. La première série a été placée au fond de la zone couverte de graminées, à côté d'un dépôt de végétaux dont de la paille, le tout dans un contexte très humide. La deuxième quant à elle a été installée dans la zone arborée (*Fruticetum*) sous un résineux.

Les pièges ont aussi été placés selon des contraintes techniques liées à l'activité des jardiniers. En effet, nous avons essayé de limiter l'impact des activités humaines au sein du Potager pour garder l'intégrité des dispositifs.

Chaque dispositif est mis en place de début avril à la mi-juin et relevé tous les 15 jours pour un total de 5 relevés. Cette période d'étude a été choisie pour couvrir la plus grande période d'activité des carabiques mais aussi pour limiter un trop grand coup financier.

Lors de la récolte, le contenu du piège est passé sur un tamis et transféré sur une feuille de papier absorbant. Celle-ci est ensuite mise dans un sachet plastique étiqueté (Figure 11c ; Figure 13). L'ensemble de la récolte est ensuite conditionné et conservé dans un congélateur prévu à cet effet jusqu'à la phase d'identification.

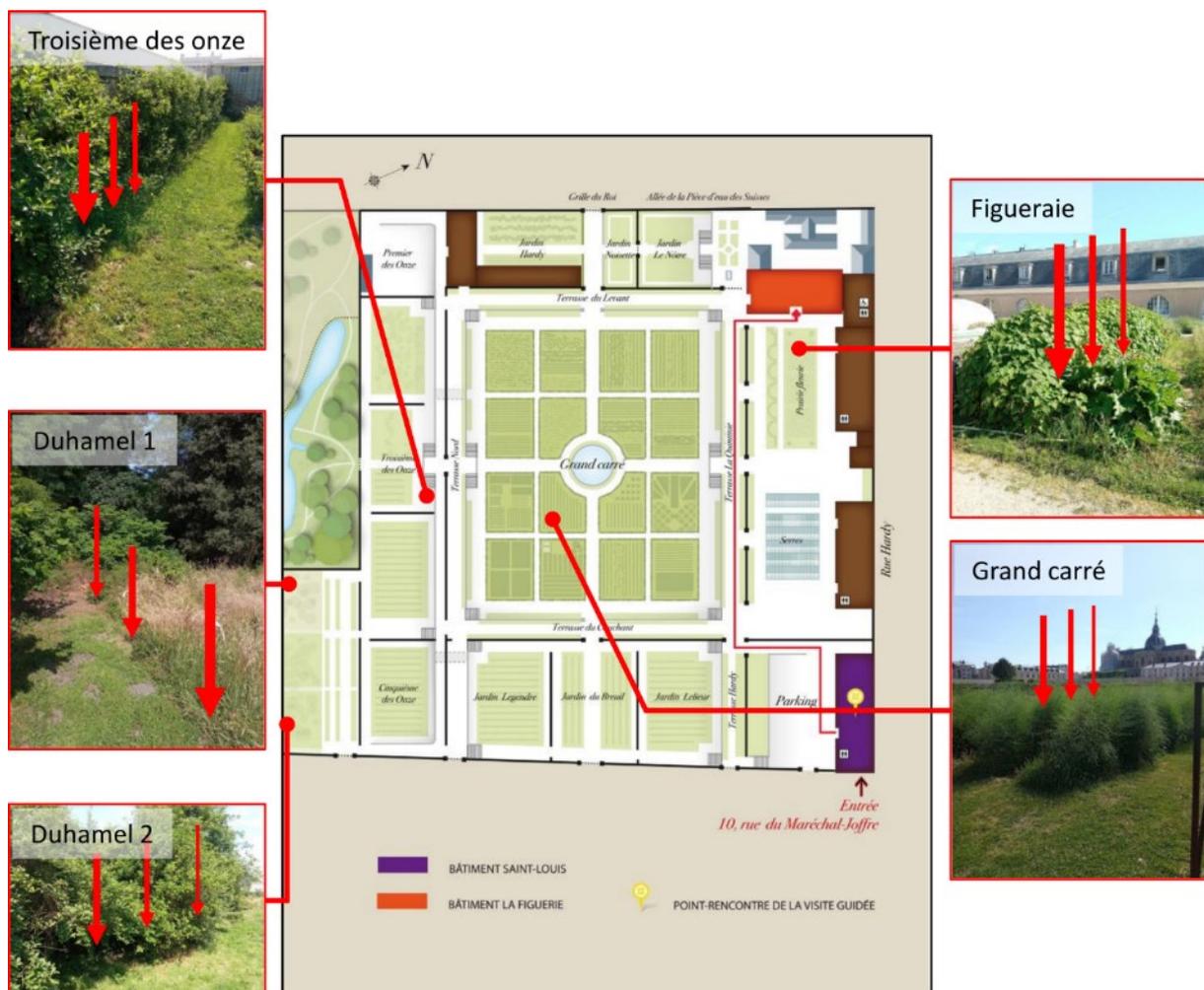


Figure 12 : Schéma du Potager du Roi et images de l'emplacement des pièges. © photographies : V. Speckens.

Le tri des échantillons est réalisé sous loupe binoculaire en milieu liquide (Figure 11d). Les spécimens d'un même échantillon sont regroupés sur une couche de coton (couche entomologique). Celle-ci, dûment étiquetée, est conservée à sec jusqu'à la phase d'identification.

L'identification des individus est réalisée sous loupe binoculaire. La détermination des espèces se fait à l'aide d'une collection de référence et de clés de détermination (HURKA 1996 ; COULON *et al.* 2011), d'Atlas (ZAGATTI *et al.* 2021), et de ressources internet (INPN [1] ; Le monde des insectes ; Coleonet ; OpenObs).

Tableau 3 : Localisation des dispositifs Barber.

	X - LAMBERT 93	Y – LAMBERT 93
BARBER-P11-JARDIN DUHAMEL1	635416	6855491
BARBER-P21-JARDIN DUHAMEL2	635486	6855494
BARBER-P31-TROISIEME DES ONZE	635412	6855649
BARBER-P41-GRAND CARRE	635449	6855703
BARBER-P51-FIGUERIE	635437	6855852

Après le tri et l'identification des individus, l'ensemble des données est consigné dans une base de données Access reprenant l'ensemble des informations associées aux observations.

Lors de la réalisation d'un inventaire dont l'objectif est de dresser une liste la plus complète possible, il est essentiel de pouvoir évaluer la complétude de la démarche. Pour appréhender l'exhaustivité, nous utilisons le progiciel iNEXT (iNterpolation et EXTrapolation ; CHAO *et al.* 2016) basé sur les travaux de HSIEH *et al.* (2016) et développé sous R (R CORE TEAM 2022). Il s'agit à la fois d'un outil d'évaluation de la qualité de l'inventaire et d'un outil d'évaluation de la structure des populations d'insectes. Les angles d'approches proposés par cette méthode sont nombreux. Nous utiliserons seulement l'estimation de la diversité théorique et de la complétude d'échantillonnage.



Figure 13 : Exemple d'étiquette sur les sachets de récolte pour accompagner les échantillons tout au long du processus d'identification.

L'évaluation de la qualité de la prospection est conduite en s'appuyant sur un jeu de données homogène. Nous utilisons donc uniquement les observations de coléoptères carabiques

réalisées en 2022 à l'aide des pièges Barber à l'échelle du site et à l'échelle des cinq sous-ensembles.

Les sources d'information pour mettre en perspective les résultats obtenus sont en priorité le requêteur national des données biodiversité OpenObs, l'Atlas des coléoptères carabiques d'Île-de-France (ZAGATTI et al. 2021) et TENAILLEAU et al. (2011) qui décrit le régime alimentaire de chaque espèce et son potentiel en tant que régulateur des nuisibles de cultures.

Approche patrimoniale et écologique

Faute de liste rouge nationale ou régionale concernant les carabiques d'une part, et aucune espèce déterminante de Znieff n'étant d'autre part présente dans le cadre de cet inventaire, nous nous appuyons sur des éléments qui ressortent directement de l'expertise et de l'approche écologique pour juger du statut patrimonial des espèces.

Nous reprenons l'approche écologique de l'atlas des coléoptères coprophages de Normandie de SIMON (2020) en l'adaptant aux coléoptères carabiques afin d'analyser la composition faunistique en se basant sur les traits de vie des espèces et mettre ainsi en évidence la mécanique écologique à l'œuvre dans le potager. Nous avons utilisé les régimes alimentaires décrits dans le TENAILLEAU et al. (2011) et les habitats types mentionnés dans l'atlas des coléoptères carabiques d'Île-de-France (ZAGATTI et al. 2021).

3. Résultats

3.1 Hyménoptères Apoïdes et Syrphes

3.1.1 Synthèse de résultats

3.1.1.1 Dates de passage et conditions météorologiques

5 passages ont finalement été réalisés d'avril à septembre 2022 (Tableau 4).

Tableau 4 : Réalisation des différentes tâches nécessaires à l'inventaire des Hyménoptères Apoïdes et de Syrphes.

	avril	mai	juillet	août	septembre
Jour	12	13	11	11	20
Observateur	BAYAN T.	BAYAN T.	BAYAN T.	SPECKENS V.	SPECKENS V.

Le Tableau 5 référence l'exécution des actions par différentes personnes impliqués dans la partie du projet liées aux Hyménoptères Apoïdes et Syrphes.

Tableau 5 : Personnes associées aux actions autour du relevé des Hyménoptères Apoïdes et Syrphes.

Étalage	BAYAN T., BOSTOËN S.
Tri	BAYAN T., BOSTOËN S.
Détermination	BAYAN T. (Apoïdes)
	VANDEWEGHE R. (Syrphes)
Validation	GADOUM S.

Le passage prévu le mois de mars n'a pas pu être réalisé : la météo du début de ce mois (du 1^{er} au 20), bien qu'assez sec, n'a pas permis la réalisation d'un passage en raison des températures

trop faibles (METEO-FRANCE 2022). L'équipe n'a malheureusement pas pu se libérer en fin de mois pour la réalisation de ce relevé (comitologie et congés au sein de l'équipe). Le temps de travail prévu pour ce relevé sera utilisé lors de la rédaction du rapport final et permettra approfondissement des analyses des résultats.

Un seul passage était prévu pour la période juin-juillet et a été réalisé le 11 juillet.

L'ensemble des passages a pu être réalisé dans des conditions favorables. Seul le passage du mois de septembre a présenté un couvert nuageux important (> 80%) en début de journée.

3.1.1.2 Synthèse de la campagne

À l'issue des relevés Apoïdes et Syrphes :

- 516 données ont été colligées. Parmi elles, 462 concernent des abeilles, 14 des Sphéciformes et 32 des Syrphes. Les 8 données restantes représentent des relevés opportunistes concernant d'autres groupes taxonomiques ;
- 459 relations plantes-pollinisateurs ont été observées sur l'ensemble de ces 517 données avec 430 relations plantes-abeilles ainsi que 8 relations plantes Sphéciformes, et 17 relations plantes-syrphes.

Le Potager du Roi a pu être prospecté dans sa globalité à l'issue de cette année d'inventaire. Seul le Premier des Onze n'a pas pu être étudié en raison de travaux de remaniements réalisés tout au long de l'année (Figure 14).

L'effort de prospection relatif aux différentes parties du Potager a été adaptée selon l'activité observée au cours de prospection : certaines zones présentaient un enjeu plus important à une certaine période de l'année. C'est par exemple le cas du Troisième et du Quatrième des Onze : une forte d'activité été relevée autour des linéaires d'arbres fruitiers lors des prospections d'avril (période de floraison de ces derniers). Cependant, peu de ressources florales étaient présentes en fin de saison, ce qui n'a donc pas permis de réaliser d'observations dans ces zones à partir de juin. A l'inverse, le Deuxième des Onze présentait une grande diversité floristique qui a permis de relever une diversité de pollinisateurs de mai à septembre (Figure 14).



Figure 14 : Localisation des observations d’Hyménoptères Apoïdes et Syrphes lors des différentes sessions¹.

¹ Un point GPS peut correspondre à une ou plusieurs observations.

3.1.2 Résultats en détail

3.1.2.1 Liste des espèces d'Hyménoptères Apoïdes

Pour ce rapport intermédiaire, les abeilles et les Sphéciformes n'ont pas encore été identifiés à l'espèce. **Ces identifications ainsi que les analyses qui en découlent seront réalisées pour le rapport final.** On peut cependant d'ores et déjà lister 17 genres d'abeilles (Tableau 6) et 6 genres de Sphéciformes (Tableau 7) observés sur le Potager du Roi.

L'ensemble des prospections réalisées du début du printemps à la fin de l'été ont permis d'observer l'ensemble des cortèges présents tout au long de l'année selon leur phénologie. Plusieurs espèces d'*Anthophora* présentes en début de saison ont été observées lors des sessions d'avril et de mai. Les genres *Panurgus*, *Hylaeus* ou encore *Anthidium* (Figure 15) ont quant à eux été observés lors des derniers passages de juillet à septembre.

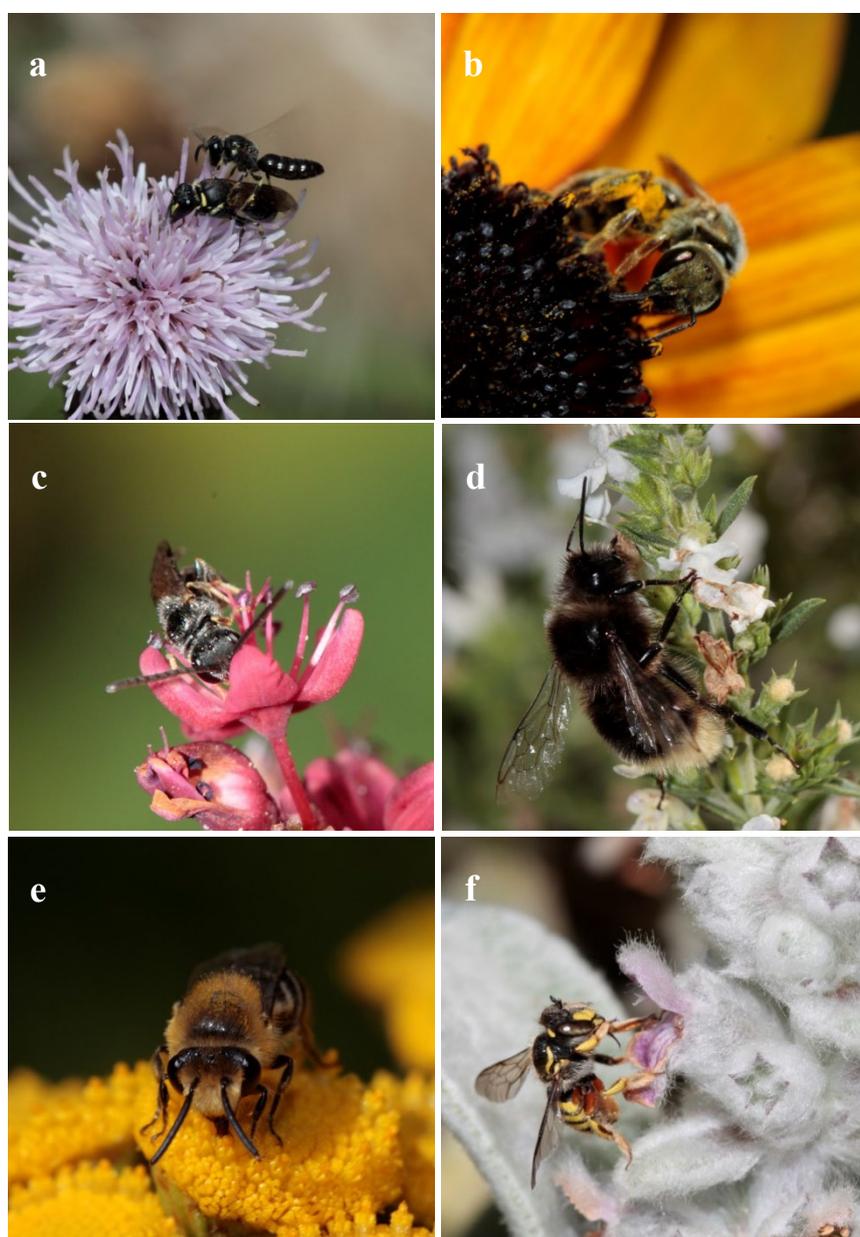
Tableau 6 : Liste des genres d'abeilles observés sur le Potager du Roi.

Genre d'abeilles
<i>Andrena</i>
<i>Anthophora</i>
<i>Bombus</i>
<i>Ceratina</i>
<i>Chelostoma</i>
<i>Colletes</i>
<i>Eucera</i>
<i>Halictus</i>
<i>Hylaeus</i>
<i>Lasioglossum</i>
<i>Megachile</i>
<i>Nomada</i>
<i>Osmia</i>
<i>Panurgus</i>
<i>Sphecodes</i>
<i>Stelis</i>
<i>Xylocopa</i>

Tableau 7 : Liste des genres de Spéciformes observés sur le Potager du Roi.

Genre de Spéciformes
<i>Cerceris</i>
<i>Crossocerus</i>
<i>Isodontia</i>
<i>Lindenius</i>
<i>Pemphredon</i>
<i>Philanthus</i>

Figure 15 : Aperçu de la diversité en abeilles observée sur le Potager. a : *Hylaeus*, b : *Halictus*, c : *Lasioglossum*, d : *Bombus*, e : *Colletes*, f : *Anthidium*. © T. BAYAN.



3.1.2.2 Liste des espèces de syrphes

15 espèces de syrphes ont pour l'instant été identifiées sur l'ensemble des 32 données colligées (Tableau 8). La plupart des espèces observées présentent un régime alimentaire aphidiphage. **L'analyse des communautés de syrphes du Potager du Roi sera réalisée pour le rapport final.**

Tableau 8 : Liste des espèces de syrphes observées sur le Potager du Roi.

espèces de syrphes	avril	mai	juillet	août	septembre
<i>Epistrophe eligans</i>					
<i>Episyrphus balteatus</i>					
<i>Eristalis arbustorum</i>					
<i>Eristalis pertinax</i>					
<i>Eristalis tenax</i>					
<i>Eupeodes corollae</i>					
<i>Melanostoma mellinum</i>					
<i>Merodon equestris</i>					
<i>Neoascia podagrica</i>					
<i>Paragus quadrifasciatus</i>					
<i>Sphaerophoria scripta</i>					
<i>Syritta pipiens</i>					
<i>Syrphus ribesii</i>					
<i>Syrphus vitripennis</i>					
<i>Xanthogramma pedissequum</i>					

3.1.3 Approche écologique

Les différents cortèges floristiques qui se succèdent représentent une ressource alimentaire qui permet la présence de toute la diversité en pollinisateurs observée lors de nos relevés tout au long de l'année. Nous pouvons d'ores et déjà souligner certains éléments caractérisant le réseau de pollinisation :

- les fruitiers (pommiers, poiriers) présentent un enjeu pour les premiers cortèges d'espèces (*Andrena*, *Lasioglossum*, *Bombus*, etc.) ;
- le Lamier poussant en limite Est du Potager au niveau du Jardin Hardy est une ressource importante pour les bourdons en début de saison ;
- plusieurs plantes indigènes de la famille des Astéracées (*Achillea millefolium*, *Bellis perennis*) ou de la famille des Apiacées (*Daucus carota*) sont une ressource florale importante pour de nombreuses espèces de syrphes (*Epistrophe eligans*, *Eupeodes corollae*, *Syrphus ribesii*, etc.) ;
- les vesces (*Vicia sp.*) présentes au niveau des linéaires de prairies entre les arbres fruitiers des jardin Legendre et Lelieur sont une ressource florale essentielle pour la présence des abeilles du genre *Eucera* : les espèces d'Eucères présentes en Île-de-France sont oligolectiques sur les plantes de la famille des Fabacées (AUBERT 2020). Les plantes du genre *Vicia* sont une de leur ressource florale préférentielle ;

- les fleurs de Pois sont butinées par des espèces du genre *Megachile* ;
- une forte activité a été observée au niveau des fleurs de Solidage, ces dernières représentant l'une des rares ressources florales présente au niveau du cinquième des Onze ou de la roseraie en fin de saison. Cette plante a été butinée par plusieurs genres d'Apoïdes dont *Cerceris*, *Hylaeus*, *Lasioglossum* ;
- une forte activité des diverses espèces de bourdons a été observée autour des fleurs d'artichauts durant les prospections de juillet.
- les abeilles cotonnières du genre *Anthidium* (*Anthidium manicatum*) ont été observées en juillet dans le deuxième des Onze sur l'Epiaire de Byzance *Stachys byzantina*. Ces abeilles utilisent la matière duveteuse présente sur la plante afin de confectionner leur nid ;
- la présence d'espèces du genre *Panurgus* dépend principalement de la présence de flore indigène de la famille des Astéracées (*Picris hieracioides*, etc.).

Par ailleurs, des lieux de nidifications ont été relevés lors de nos passages. En effet, divers nids de *Lasioglossum*, ou de *Lindenius* ont été observés sur la Terrasse Sud, ou encore sur les escaliers de l'extrémité nord-ouest du Grand Carré (Figure 16). De plus, des abeilles du genre *Nomada* ont été observées patrouillant au sol au niveau de la Roseraie. Les Nomades sont un genre d'abeilles cleptoparasites (ou abeilles coucous) parasitant principalement les abeilles du genre *Andrena* (SMIT 2018). À noter que la présence d'abeilles coucous sur un site est un indicateur du bon état de santé des communautés d'abeilles sauvages (SHEFFIELD *et al.* 2013) : la densité en abeilles hôtes sur un site doit être suffisamment importante pour que des populations d'abeilles coucous puissent s'installer de manière pérenne.



Figure 16 : Lieu de nidification divers Hyménoptères Apoïdes sur le Potager du Roi a : Terrasse Sud, b : escalier nord-ouest du Grand Carré.

3.2 Papillons

3.2.1 Synthèse des résultats

Quatre passages d'une demi-journée ont eu lieu les 20 mai, 9 juin, 9 août et 7 septembre 2022. Les « chasses » aux papillons observables de jour ont été réalisées par Alexis Borges, accompagné lors du relevé de mai par Enora Fournier (stagiaire OPIE). Des espèces

d'Hétérocères faisant partie des « microlépidoptères » ont également été recensées. Il s'agit uniquement d'espèces appartenant aux superfamilles des Pyraloidea et des Sesiidea. Lors des relevés :

- la couverture nuageuse était au maximum de 50 % et sans pluie ;
- le vent était inférieur à 30 km/h ;
- la température était d'au moins 15°C si le temps était ensoleillé ou faiblement nuageux (soleil ou quelques nuage) ou d'au moins 17°C si le temps est nuageux (10 à 50% de couverture).

La majorité des Lépidoptères a été identifiée directement sur site. Certaines espèces ont été photographiées et les photos stockées informatiquement (pour détermination et/ou des vérifications éventuelles *a posteriori*). Les quelques spécimens identifiables uniquement d'après l'examen des pièces génitales ont été préparés et déterminés en laboratoire sous loupe binoculaire.

Parmi les insectes observés, plus de 79 spécimens de papillons ont été identifiés, soit 71 observations qui concernent **13 espèces de Rhopalocères** (aucune Zygène ; Tableau 9) et **14 espèces d'Hétérocères** (Tableau 10).

Parmi celles-ci **aucune espèce ne présente un intérêt particulier.**

3.2.2 Résultats en détail

Pour les papillons de jour, (Rhopalocères et Zygènes) **13** espèces appartenant à cet assemblage ont été recensées en 2022 sur le Potager du Roi au cours de nos prospections, soit **12,5%** des espèces de ce groupe déjà répertorié dans le département des Yvelines (le total étant de 104 espèces).

Pour les Hétérocères **14** espèces nocturnes ont été recensées en 2022 sur le Potager du Roi, soit **1,6%** de ce groupe déjà répertorié dans le département (le total étant de 854 espèces d'après lepinet.fr – septembre 2022).

Le Tableau 9 et le Tableau 10 listent toutes les espèces de papillons identifiées lors de cette campagne entomologique.

Aucune espèce d'intérêt particulier, même local, n'a été relevé chez les Lépidoptères sur le Potager du Roi au cours de la campagne 2022.

Tableau 9 : Liste des espèces de Rhopalocères avec leurs plantes-hôtes, leurs habitats et leurs statuts de protection (sur deux pages).

Familles	Noms scientifiques des espèces	Noms vernaculaires des espèces	CD_NOM (TaxRef v.15-2021)	Plante-hôtes	Habitats	Statut : LR Ile-de-France (2016) / Rareté IDF (2016)
Hesperiidae	<i>Carcharodus alceae</i>	La Grisette, l'Hespérie de l'Alcée	53291	Malva, Althaea	Friches, jachères, bords de routes (milieux anthropisés)	LC / PC
Nymphalidae	<i>Pararge aegeria</i>	Le Tircis	53595	Diverses Graminées, surtout Poa	Ubiquiste en milieux semi-ouverts à fermés	LC / CC
Nymphalidae	<i>Lasiommata maera</i>	L'Ariane, le Némusien	53609	Diverses Graminées	Pelouses à ourlets xéro-thermophiles, lieux rocailleux	LC / AR
Nymphalidae	<i>Maniola jurtina</i>	Le Myrtil	53668	Diverses Graminées	Ubiquiste en milieux ouverts et semi-ouverts	LC / CC
Nymphalidae	<i>Vanessa atalanta</i>	Le Vulcain	53741	Orties, parfois Pariétaire	Ubiquiste en milieux ouverts et semi-ouverts	LC / CC
Nymphalidae	<i>Vanessa cardui</i>	La Belle-Dame	53747	Chardon, Vipérine...	Ubiquiste en milieux ouverts (migrateur)	LC / CC
Nymphalidae	<i>Aglais urticae</i>	La petite Tortue	910835	Orties	Ubiquiste en milieux ouverts	LC / CC
Lycaenidae	<i>Lycaena phlaeas</i>	Le Bronzé, le Cuivré commun	53973	Oseilles	Ubiquiste en milieux ouverts	LC / AC
Lycaenidae	<i>Polyommatus icarus</i>	L'Argus bleu, l'Azuré de la Bugrane, L'Azuré commun	54279	Diverses Légumineuses	Ubiquiste en milieux ouverts	LC / C
Lycaenidae	<i>Cacyreus marshalli</i>	Le Brun des Pélargoniums	219796	Geraniums et Pelargonium	Milieux ouverts anthropisés	LC / (RR)
Pieridae	<i>Pieris rapae</i>	La Piéride de la Rave	219831	Brassicacées	Ubiquiste en milieux ouverts et semi-ouverts	LC / C
Pieridae	<i>Pieris napi</i>	La Piéride du Navet	219833	Brassicacées diverses	Ubiquiste en milieux ouverts et semi-ouverts	LC / C
Pieridae	<i>Colias crocea</i>	Le Souci	622082	Nombreuses Légumineuses	Ubiquiste en milieux ouverts	LC / AC

Tableau 10 : Liste des espèces d'Hétérocères avec leurs plantes-hôtes, leurs habitats et leurs statuts de protection (sur deux pages).

Familles	Noms scientifiques des espèces	Noms vernaculaires des espèces	CD_NOM (TaxRef v.15-2021)	Plante-hôtes	Habitats	Statut GILIF-OPIE en Ile-de-France
Sesiidae	<i>Synanthedon myopaeformis</i>	La Sésie du Pommier	247125	Pommier, Poirier, parfois Cerisier.	vergers	NE
Crambidae	<i>Nomophila noctuella</i>	La Nomophile, la Pyrale de la Luzerne	248088	Trèfle, Polygonum..	tous milieux notamment lors de migrations	NE
Crambidae	<i>Pyrausta despicata</i>	La Pyrauste du Plantain	248146	Plantains	prairies, pelouses, coteaux herbus, lisières, jusqu'en zone urbanisée	NE
Crambidae	<i>Agriphila geniculea</i>	Le Crambus anguleux, le Crambus des friches	248301	Graminées	lieux herbus de toutes sortes, y compris les pelouses en milieux urbanisés	NE
Crambidae	<i>Cydalima perspectalis</i>	La Pyrale du Buis	645061	Buis	tous milieux disposant de buis (ornement) et densément en buxaie	NE
Crambidae	<i>Anania hortulata</i>	La Pyrale de l'Ortie	791639	Orties et autres plantes basses	haies, décombres, vergers, talus et autres lieux frais où croissent des orties	NE
Geometridae	<i>Camptogramma bilineata</i>	La Brocattelle d'or	248765	Diverses herbacées	tous milieux	NM
Geometridae	<i>Epirrhoe alternata</i>	L'Alternée	248771	Gailllets	tous milieux	NM
Geometridae	<i>Ematurga atomaria</i>	La Phalène picotée	248867	Diverses plantes basses et arbustes	friches, landes, clairières	NM
Erebidae	<i>Hypena proboscidalis</i>	La Noctuelle à museau	249293	Orties	mégaphorbiaies, bords des ruisseaux, allées forestières humides, jardins ombragés	NM

Familles	Noms scientifiques des espèces	Noms vernaculaires des espèces	CD_NOM (TaxRef v.15-2021)	Plante-hôtes	Habitats	Statut GILIF-OPIE en Ile-de-France
Erebidae	<i>Dysgonia algira</i>	La Passagère	249767	Polyphage	milieux forestiers et lisières	MI
Noctuidae	<i>Mesoligia furuncula</i>	La Noctuelle furoncule	249342	Graminées	tous milieux	NM
Noctuidae	<i>Euplexia lucipara</i>	La Luisante	249525	Polyphage sur plantes basses	landes et milieux forestiers	NM
Noctuidae	<i>Orthosia gothica</i>	La Gothique	249575	Très polyphage	tous milieux principalement milieu forestier et zones humides	NM

3.2.3 Approche écologique

La répartition des types de régimes alimentaires associés aux chenilles 27 espèces de Lépidoptères recensées en 2022 sur le Potager du Roi est représentée en Figure 17. Plus précisément, ces espèces se répartissent. La distribution par plantes ou groupes de plantes indiquées (recensées dans la littérature et attribuées aux espèces de Lépidoptère à l'échelon national) est présentée par la Figure 18.

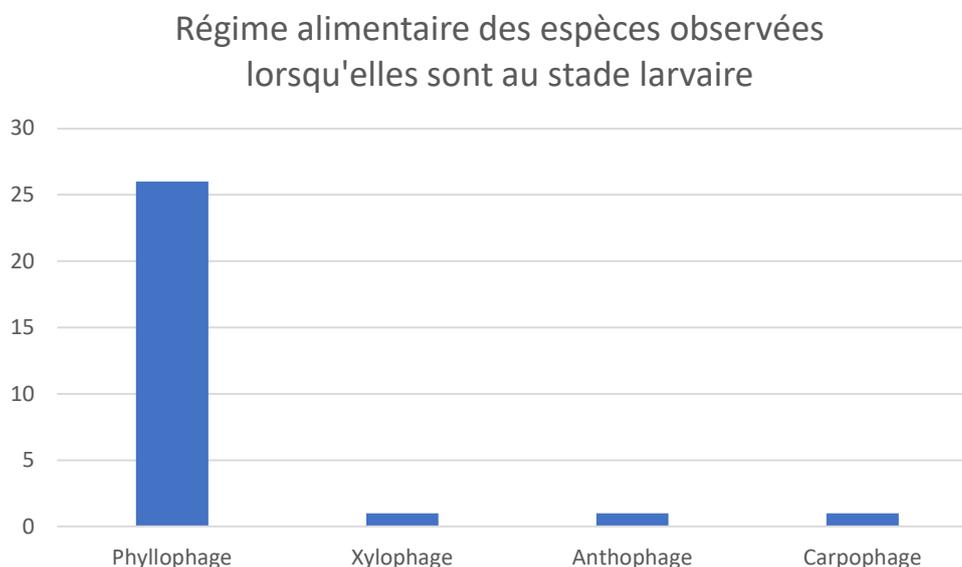


Figure 17 : Types de régimes alimentaires associés aux chenilles relevés sur le Potager du Roi en 2022.

Nombres d'espèces de Lépidoptères observées en 2022, par plantes-hôtes potentielles (nourriture des chenilles)

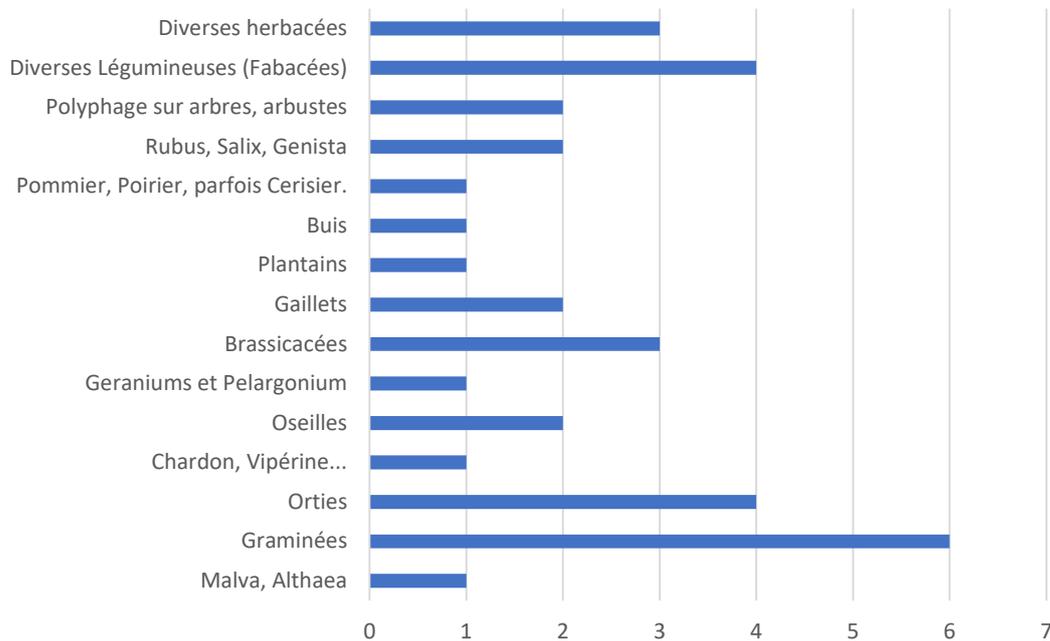


Figure 18 : Plantes-hôtes associés aux chenilles relevés sur le Potager du Roi en 2022. Pour préciser, certaines espèces polyphages, sont placées dans plusieurs « catégories » lorsque celle-ci sont précisées pour des espèces spécialistes.

Cette représentation vise à préciser les plantes qui lient les espèces de papillons observées au site du Potager du Roi. En effet, les papillons utilisant le vol pour se déplacer, il n'est pas rare d'observer sur des sites prospectés, des individus de passage, ou erratiques, ne pouvant assurer leur succession sur le site du fait de l'absence de la ou des plantes-hôtes dont ils ont besoin.

La liste présentée sur le graphique souligne que plusieurs espèces de Lépidoptère peuvent s'observer sur des plantes cultivées mais sans que celles-ci soient strictes (exemple des Fabacées).

Du point de vue de la répartition sur le Potager du Roi, comme l'indique la carte des observations (Figure 19), toutes dates confondues), celle-ci est variable, notamment en fonction de la ressource florale (nectar) du moment. Les imagos de Lépidoptères étant polyphages, ils visitent tout une gamme de fleurs (dont la liste exhaustive par espèce fait défaut) et se déplacent dans un espace ouvert au gré de l'attraction que ces fleurs offrent.

Parmi les macrolépidoptères, notamment les Rhopalocères, de plus grands et nombreux déplacements s'opèrent avec des comportements connus qui expliquent une préférence de localisation sur un site. C'est le cas du Tircis - *Pararge aegeria*, en zone ombragées par exemple dans les allées des vergers, ou encore l'Ariane sur les murs bien exposés au soleil.

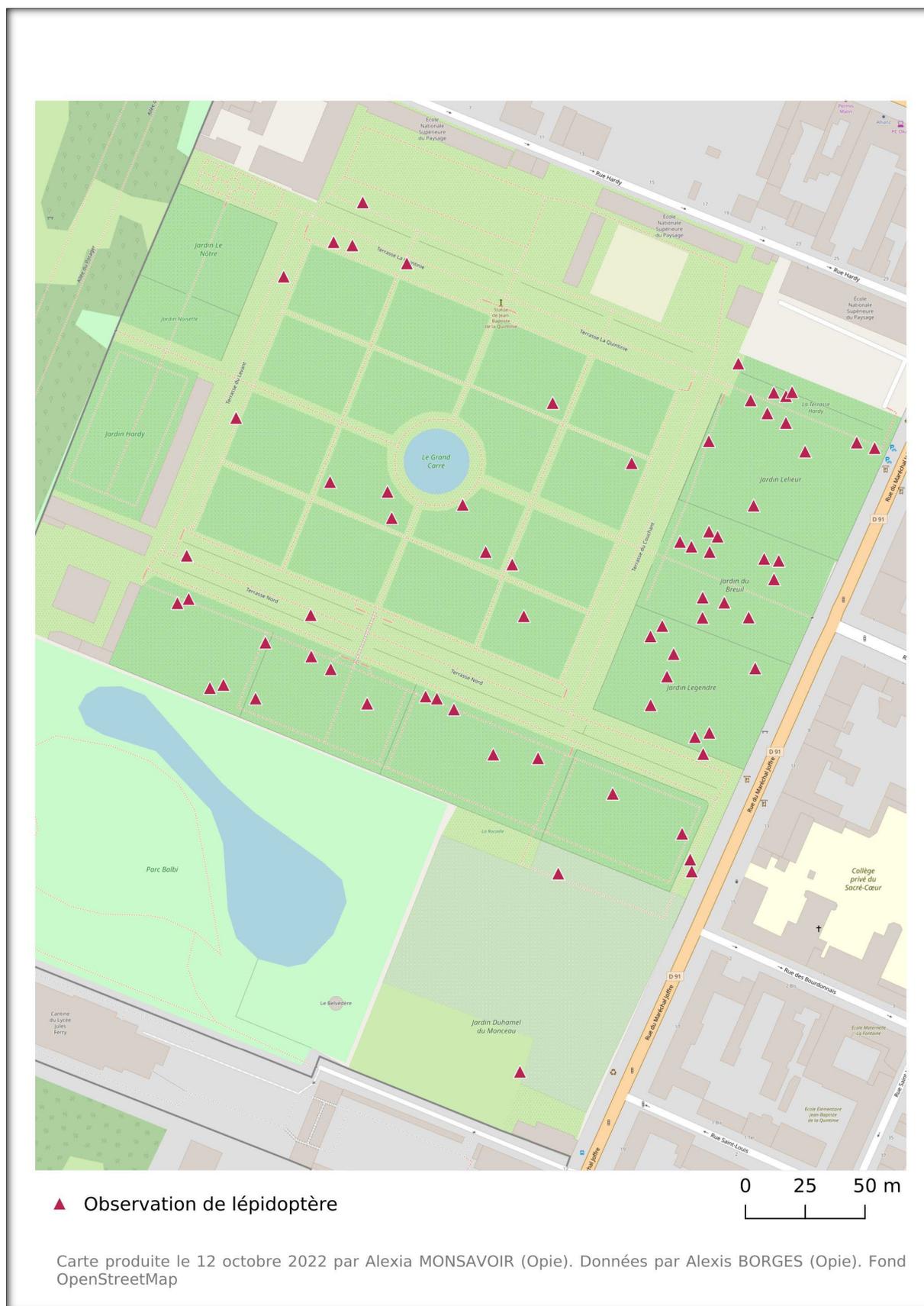


Figure 19 : Cartographie de la distribution des papillons recensés au cours de la campagne entomologique.

3.3 Coléoptères carabiques

3.3.1 Synthèse des résultats

3.3.1.1 Dates de passage

Les passages de relevé des pièges Barber sont synthétisés dans le Tableau 11.

Tableau 11 : Date d'activation des pièges.

	ACTIVATION	RECOLTE
SEQUENCE 1	07 / 04 / 2022	21 / 04 / 2022
SEQUENCE 2	21 / 04 / 2022	05 / 05 / 2022
SEQUENCE 3	05 / 05 / 2022	19 / 05 / 2022
SEQUENCE 4	19 / 05 / 2022	02 / 06 / 2022
SEQUENCE 5	02 / 06 / 2022	16 / 06 / 2022

3.3.1.2 Synthèse de la campagne

Dans le Tableau 12 sont récapitulés l'ensemble des éléments de la campagne entomologique. Il permet de prendre la mesure des résultats en termes de participation, des dates de prospection des effectifs et abondance dans les différentes catégories citées. Le Tableau 13 référence l'exécution des actions par différentes personnes impliqués dans la partie du projet liées aux coléoptères carabiques.

Tableau 12 : Bilan de la campagne entomologique 2022.

Bilan de campagne entomologique		
Lieu-dit	Année d'étude :	2022
Potager du roi		
Département		
Yvelines		
Communes	Nb de date de collecte	5
Versailles		
	Première collecte	21/04/2022
	Dernière collecte	16/06/2022
Collecteurs	Nb de points d'observation	5
Speckens Valentin		
	Nb de spécimens collectés	256
	Nb d'observations	105
	Nb taxon contactés	33
	Nb d'espèces déterminantes de Znieff	0
	Nb d'espèces protégées régionales	0

Nb d'espèces protégées nationales		0
-----------------------------------	--	---

Méthodes d'inventaire	Elements attractifs
Piège de chute	Eau sel détergent

Tableau 13 : Personnes associées aux actions autour du relevé des coléoptères carabiques.

Tâche	Personnes en charge
Pose des pièges	Mériguet Bruno
	Speckens Valentin
	Jacobsohn Antoine
Activation et récolte des pièges	Speckens Valentin
Tri des échantillons	Speckens Valentin
Identification, saisie des données et consolidation des données	Mériguet Bruno
	Speckens Valentin

3.3.2 Résultats en détail

3.3.2.1 Richesse spécifique

La richesse spécifique observée sur le site est de **33 espèces**, comptant **25 espèces de coléoptères carabiques** et 8 espèces de scarabées, coccinelles et lucioles. Les différents secteurs ne présentent pas le même niveau de richesse spécifique (nombre d'espèces ; Figure 20).

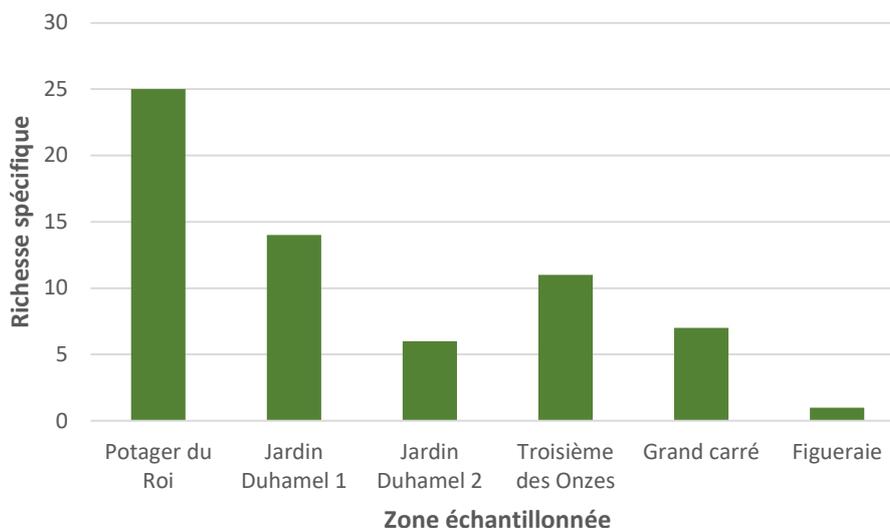


Figure 20 : Richesse spécifique des carabiques en fonction de la zone échantillonnée.

3.3.2.2 Richesse spécifique théorique et complétude d'échantillonnage

La première phase d'analyse consiste à explorer la qualité de l'étude du seul point de vue du nombre d'espèces. L'évaluation des espèces qui pourrait être présente et non-détecté, c'est-à-dire la richesse spécifique théorique va nous indiquer dans quelle mesure nous pouvons généraliser les résultats et comparer les sites entre eux. En mettant en perspective la diversité observée avec la diversité potentielle estimée (Tableau 14 ; Figure 21).

Tableau 14 : Diversité observée et diversité potentielle.

	EFFECTIFS	RICHESSE OBSERVEES	COMPLETUDE D'ECHANTILLONNAGE	RICHESSE THEORIQUE	EFFORT THEORIQUE EN EFFECTIFS A FOURNIS POUR ATTEINDRE CETTE RICHESSE THEORIQUE
TOTAL	202	25	0.9605	40.92	1550
JARDIN_DUHAMEL1	96	14	0.9588	17.96	235
JARDIN_DUHAMEL2	17	6	0.8306	10.24	145
TROISIEME_DES_ONZE	64	11	0.9546	12.48	190
GRAND_CARRE	24	7	0.8785	11.31	228
FIGUERIE	1	1	1.0000	1	/

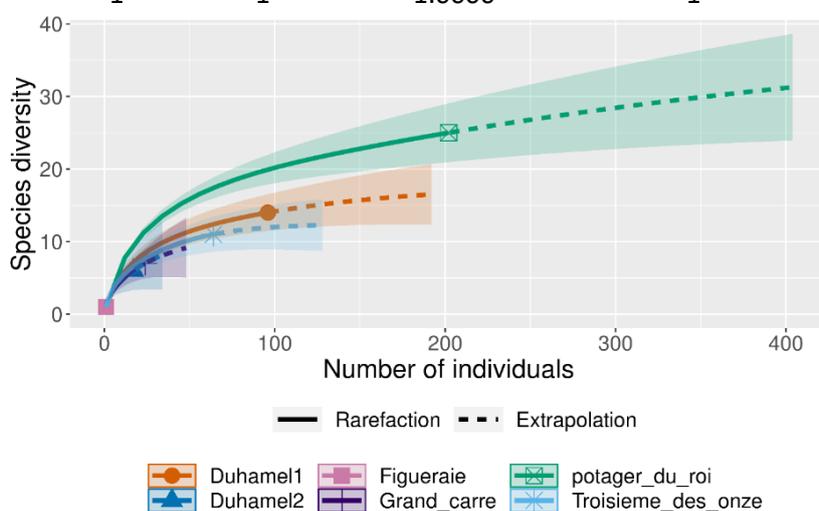


Figure 21 : Courbe d'extrapolation et rarefaction réalisée sur l'ensemble des données avec estimateur d'incertitude.

Quatre éléments, mis en perspectives les uns par rapport aux autres, nous donnent une vision d'ensemble :

- le nombre d'espèces observée et les effectifs ;
- le nombre d'espèce théoriquement présentes ;
- le nombre de spécimens qu'il faudrait en théorie capturer pour atteindre la richesse spécifique théorique ;
- la complétude de l'échantillonnage qui est un indicateur de la qualité de l'inventaire. Lorsque celle-ci atteint la valeur de 95%, l'inventaire peut être considéré comme satisfaisant. En deçà il est considéré comme lacunaire et au-delà très complet. Les derniers pourcents de cet indice nécessitent souvent un effort de prospection important.

Richesse spécifique et théorique

Le nombre d'espèces « non-détectées », ou restant « statistiquement » à détecter, apparaît dans l'ensemble assez faible par rapport au nombre d'individus capturés. Cela rend ainsi compte pour cette campagne d'un inventaire « assez exhaustif ». Le seul carabique présent dans la Figuerie témoigne d'un milieu actuellement peu enclin au développement de cette faune par rapport aux autres sites. Il est possible également que le choix de l'emplacement des dispositifs

ne soit pas du tout pertinent. Ainsi, sur l'ensemble du site la modélisation indique qu'il pourrait y avoir jusqu'à 40 espèces en considérant l'ensemble des placettes. Cela suggère qu'il y a encore des espèces à détecter sur le site. Il s'agit d'espèces rare dans les milieux proposés dans le Potager, puisque la complétude de l'échantillonnage pour le Potager du Roi est 96 %.

Complétude d'échantillonnage

La complétude d'échantillonnage n'atteint pas le seuil de 95% pour le Jardin Duhamel 2 et pour le Grand Carré. Les autres secteurs sont considérés comme bien connus, avec la réserve concernant la Figuerie (Figure 21).

Donc, si un inventaire complémentaire devait être effectué, la prospection devrait se faire dans les zones des jardins fruitiers et de cultures légumières.

3.3.2.3 Abondance

202 coléoptères carabiques ont été capturés et identifiés au sein du Potager. 96 viennent de la partie pâturée du Duhamel, 17 de la partie arborée de ce dernier, 64 du Troisième des Onze, 24 du Grand Carré et 1 de la Figuerie (Figure 22). Ces différences d'effectifs semblent être reliées à la disponibilité en zones refuges (bandes enherbées permanentes, hautes herbes, haies) pour les carabiques au sein du Potager.

La zone du Duhamel avec des hautes graminées et le Troisième des Onze sont les zones qui présentent les plus fortes abondances, cependant la communauté au sein des deux jardins semble complémentaire et non similaire. Par rapport au reste du Potager, ces zones refuges présentes ne sont donc pas forcément les mêmes d'un jardin à l'autre.

Pour la faible abondance en carabiques dans la partie arborée du Duhamel, la Figuerie et le Grand Carré, cela peut s'expliquer par la décision d'avoir posé les pièges à des endroits où l'activité humaine ne risquerait pas d'endommager les dispositifs. En effet, l'emplacement des pièges au moins dans la zone arborée du Duhamel et de la Figuerie pouvait diminuer la chance de capter des carabiques. Cependant, un manque de zones refuges et de connections aux autres jardins dans la Figuerie pourrait aussi expliquer la très faible abondance en carabiques dans ce lieu.

Ainsi, la partie du Jardin Duhamel (1) peut jouer le rôle de réservoir à coléoptères carabiques. Cependant, la valorisation de zones refuges au sein des jardins et la connexion entre ces dernières est nécessaire pour le maintien et l'enrichissement de cette communauté. La connexion du Potager du Roi avec d'autres milieu et en particulier l'espace de la Pièce d'eau des Suisses à l'ouest pourrait être un enjeu de développement des communautés de carabiques. Si une nouvelle prospection devait être menée, une pose de piège dans le jardin Hardy ou le jardin Noisette serait un plus non-négligeable pour découvrir les potentialités de développement d'aménagements du Potager du Roi et de synergies avec la Pièce d'eau des Suisses.

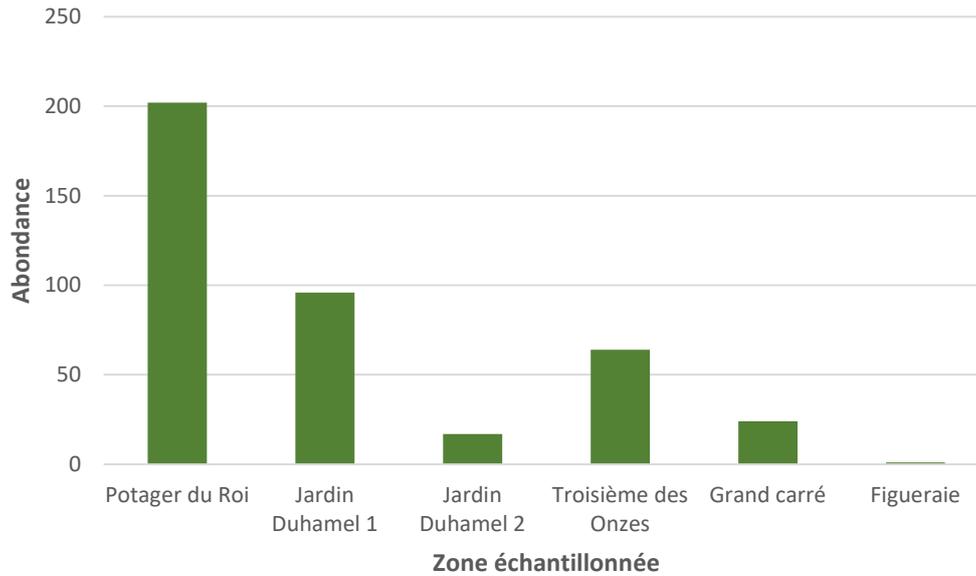


Figure 22 : Abondance des carabiques en fonction de la zone échantillonnée.

3.3.2.4 Mise en perspective avec la faune régionale

Le catalogue des coléoptères d'Île-de-France (ZAGATTI et al. 2021) renseigne sur la répartition des carabiques présents dans la région. Au sein du Potager du Roi, 1 espèce est considérée comme banale (*Asaphidion stierlini*), 8 très communes, 11 communes, 4 comme assez commune et **1 rare** (*Microlestes luctuosus* ; Figure 23). L'observation de cette espèce est vraisemblablement l'une des toutes rares mentions pour la région. 7 espèces sont visibles partout dans la région, 5 presque partout, 8 ont seulement été observées dans la moitié Sud de la région, 4 dans le Sud des Yvelines et 1 (*Microlestes luctuosus*) n'a pas encore été contactée dans le cadre du catalogue et dans la zone considérée (Figure 24).

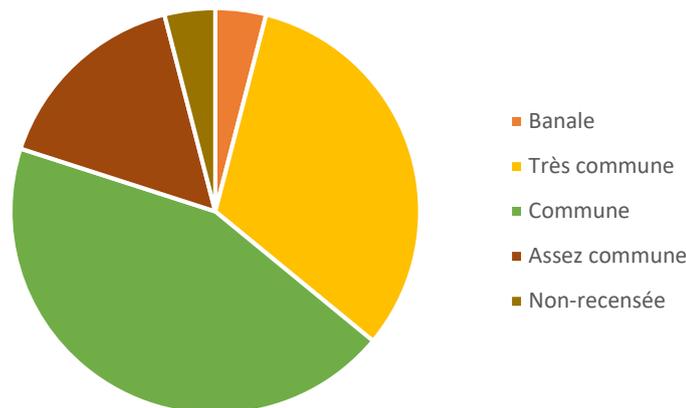


Figure 23 : Rareté des espèces de coléoptères carabiques en Île-de-France.

Parmi les non-carabidae prédateurs de mollusques, il faut noter la présence de *Lampyris noctiluca*, le Vers luisant.

La liste des espèces capturées lors de cet inventaire « assez exhaustif », correspond bien à ce que l'on peut s'attendre de zones cultivées de petite envergure n'utilisant pas de produits phytosanitaires.

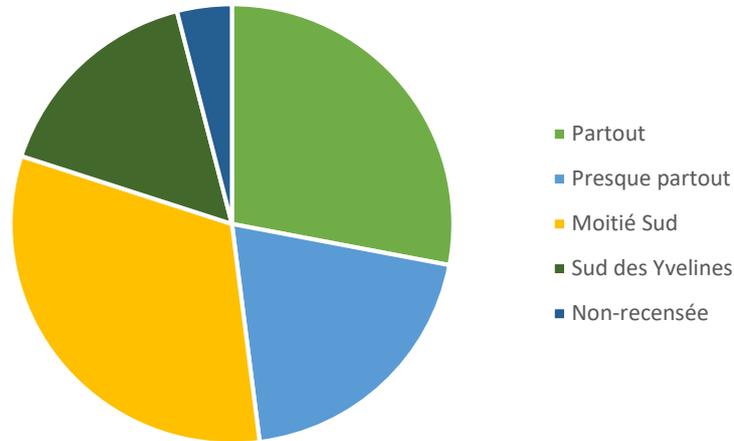


Figure 24 : Répartition des espèces de coléoptères carabiques en Île-de-France.

3.3.2.5 Espèces remarquables et régulatrices de ravageurs de cultures

Ici, aucune espèce patrimoniale (= à signature écologique intéressante) n'est recensée. **La seule donnée remarquable est *Microlestes luctuosus*.**

L'examen des profils écologiques des espèces et en particulier leur comportement alimentaire (espèces prédatrices de ravageurs de cultures ; TENAILLEAU et al. 2011), fait apparaître 6 espèces consommatrices de pucerons. Ces carabiques peuvent se retrouver en parcelles de cultures (*Nebria brevicollis*, *Poecilus cupreus*, *Amara aenea*, *Harpalus affinis*). Les pucerons cités dans TENAILLEAU et al. (2011) sont cependant des pucerons de céréales (*Sitobion avenae*, *Rhopalosiphum padi*, *Metopolophium dirhodum*). Ce service écologique peut présenter des variations au sein du Potager. Si ces espèces se développent ici, c'est qu'elles trouvent dans leur espace vital les conditions et les ressources pour se reproduire.

3.3.3 Approche écologique

Les traits de vies de chaque espèce présente ainsi que les autres informations susmentionnées (prédation de puceron, rareté, répartition en Île-de-France) sont regroupés dans un tableau qui permet de décrire les préférences des coléoptères carabiques dans les jardins prospectés (Tableau 15).

La communauté de coléoptères carabiques du Potager du Roi est composée principalement d'espèces prédatrices de nombreux invertébrés (escargots, limaces, collemboles) mais aussi d'omnivores (carnivores, phytophages) avec tout de même la présence de spécialistes de collemboles et de plantes (Figure 25). Dans la partie pâturée du Duhamel et dans le Troisième des Onze, les quatre types de régimes alimentaires subsistent, à l'inverse des zones de cultures où les prédateurs généralistes ne sont plus présents. Une pluralité de régimes alimentaires est donc présente sur l'ensemble du site mais n'est pas opérationnelle, aux zones de cultures.

Tableau 15 : Espèces de coléoptères carabiques observées dans le Potager du Roi avec leurs préférences écologiques, leur rareté et leur répartition en Île-de-France.
 ? = informations non-disponibles ; IdF = Île-de-France ; N = non ; O = Oui.

Famille	Taxon	Total	Duhamel 1	Duhamel 2	3d11	Grand Carré	Figuerale	Régime	Prédateur puceron	Habitat	Rareté	Répartition IdF
Carabidae	<i>Bembidion properans</i>	41	39	0	2	0	0	Omnivore	N	?	Commune	Moitié Sud
	<i>Nebria brevicollis</i>	24	17	5	2	0	0	Prédateur généraliste	O	Ubiquiste	Très commune	Partout
	<i>Parophonus maculicornis</i>	17	8	0	9	0	0	Omnivore phytophage	N	Ubiquiste	Très commune	Presque partout
	<i>Amara convexior</i>	8	7	1	0	0	0	Omnivore	N	Frais ou humides	Assez commune	Sud des Yvelines
	<i>Anisodactylus binotatus</i>	6	6	0	0	0	0	Phytophage	N	Humides	Très commune	Presque partout
	<i>Bembidion lampros</i>	5	4	0	0	1	0	Omnivore	N	?	Très commune	Presque partout
	<i>Pterostichus vernalis</i>	4	4	0	0	0	0	Prédateur généraliste	N	Frais ou humides	Très commune	Partout
	<i>Poecilus cupreus</i>	5	3	0	2	0	0	Prédateur généraliste	O	Ubiquiste	Commune	Partout
	<i>Amara aenea</i>	27	2	0	22	2	1	Omnivore	O	Ouvert	Commune	Partout
	<i>Notiophilus rufipes</i>	9	2	7	0	0	0	Zoophage collembole	N	Ubiquiste	Très commune	Partout
	<i>Clivina fossor</i>	1	1	0	0	0	0	Prédateur généraliste	O	?	Assez commune	Sud des Yvelines
	<i>Agonum nigrum</i>	1	1	0	0	0	0	Prédateur généraliste	N	?	Assez commune	Moitié Sud
	<i>Syntomus obscuroguttatus</i>	1	1	0	0	0	0	Prédateur généraliste	N	Prairies et dans les arbres	Commune	Moitié Sud
	<i>Poecilus versicolor</i>	1	1	0	0	0	0	Prédateur généraliste	N	Ouvert	Commune	Partout
	<i>Microlestes maurus</i>	19	0	0	16	3	0	?	N	Grands potagers abandonnés depuis peu	Assez commune	Moitié Sud
	<i>Badister bullatus</i>	5	0	1	4	0	0	Prédateur généraliste	N	Ubiquiste	Commune	Presque partout
	<i>Microlestes minutulus</i>	4	0	0	4	0	0	?	N	?	Commune	Sud des Yvelines
	<i>Ophonus azureus</i>	2	0	0	1	1	0	Phytophage	N	Grands potagers abandonnés depuis peu	Commune	Moitié Sud
	<i>Amara familiaris</i>	1	0	0	1	0	0	Omnivore	O	Sablonneux	Très commune	Sud des Yvelines
	<i>Asaphidion stierlini</i>	1	0	0	1	0	0	Zoophage collembole	N	?	Banale	Presque partout
<i>Harpalus distinguendus</i>	11	0	0	0	11	0	Omnivore phytophage	N	Ouvert	Commune	Moitié Sud	
<i>Harpalus affinis</i>	5	0	0	0	5	0	Omnivore phytophage	O	Ouvert	Commune	Moitié Sud	
<i>Microlestes luctuosus</i>	1	0	0	0	1	0	?	N	?	Non-recensée	Non-recensée	
<i>Leistus fulvibarbis</i>	2	0	2	0	0	0	Zoophage collembole	N	Ubiquiste	Commune	Moitié Sud	
<i>Leistus rufomarginatus</i>	1	0	1	0	0	0	Zoophage collembole	N	Ubiquiste	Très commune	Partout	

En regardant par le prisme des habitats, les espèces de coléoptères carabiques du Potager s'avèrent en majorité indifférentes aux milieux ou inféodés à des milieux ouverts. Certaines

espèces sont affiliées à des milieux humides, frais, sablonneux ou encore à des prairies ou des grands potagers récemment abandonnés (Figure 26). Une partie non-négligeable des espèces recensées n'a pas d'habitat type associé. Les préférences d'habitats dans la partie pâturée du Duhamel et dans le Troisième des Onze restent diversifiées et les zones de cultures possèdent des espèces liées à des milieux plus ou moins récemment ouverts.

Il existe donc entre les sites étudiés des différences de communautés liées aux régimes alimentaires ou à l'habitat de préférence. La partie du Duhamel avec des graminées hautes et le Troisième des Onze possédant les communautés les plus diversifiées par rapport à ces deux paramètres.

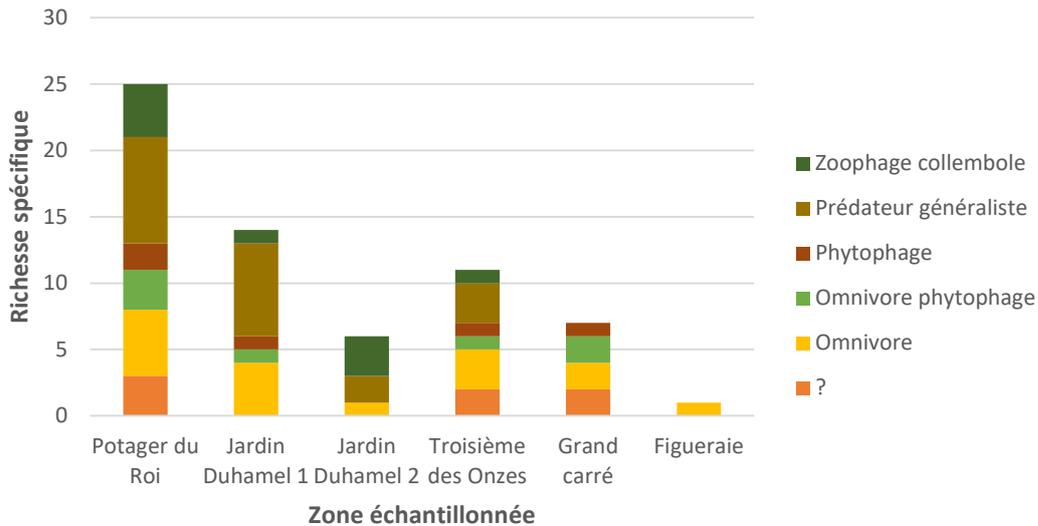


Figure 25 : Nombre d'espèces classé selon leur régime alimentaire en fonction de la zone considérée.

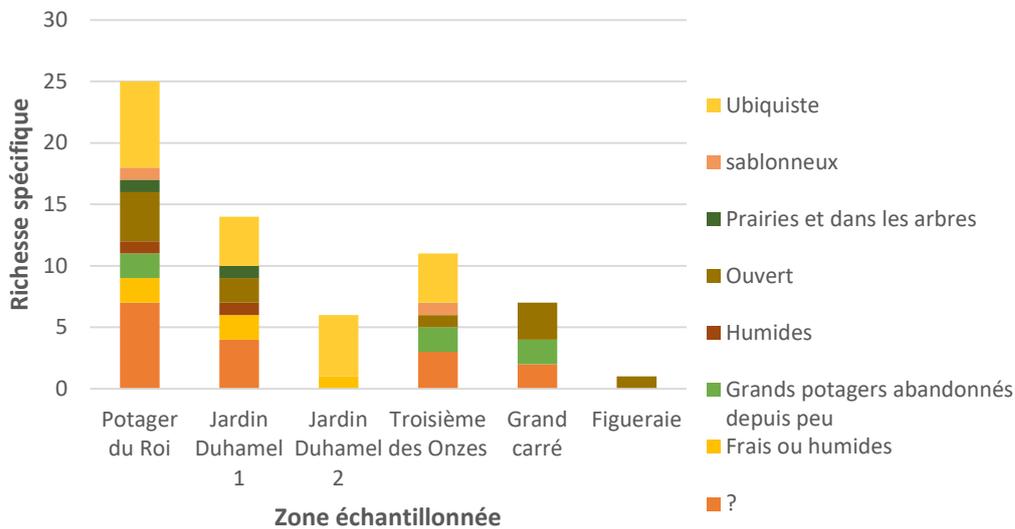


Figure 26 : Nombre d'espèces classé selon leur préférence d'habitats en fonction de la zone considérée.

4. Discussion

4.1 Hyménoptères Apoïdes et Syrphes

4.1.1 Potentiel écologique du site

Dans un contexte fortement urbain, le Potager du Roi représente un îlot semi-naturel abritant une flore permettant d'accueillir une diversité d'insectes pollinisateurs. En effet, bien que la phase d'identification ne soit pas terminée, les résultats issus de l'inventaire des Hyménoptères Apoïdes et des Syrphes permet d'ores et déjà d'attester de l'intérêt de la flore présente sur le Potager du Roi, qu'elle soit ornementale, potagère ou indigène. Néanmoins, certains modes de gestion pourraient être optimisés afin de favoriser la flore indigène ainsi que la présence de lieux de nidification et donc la pérennité des communautés d'insectes pollinisateurs. Le rapport final permettra de définir les enjeux patrimoniaux, les hiérarchiser et présenter des préconisations de gestion et/ou d'aménagements plus poussées au regard des enjeux patrimoniaux relevés.

4.1.2 Gestion

Certains modes de gestion pourraient être optimisés afin de favoriser la flore indigène et donc la pérennité des communautés d'insectes pollinisateurs : si les linéaires de prairies entre les arbres fruitiers des Jardins Legendre, Du Breuil, Lelieur sont à pérenniser, la tonte entre ces linéaires pourrait être moins large. Aussi, la tonte rase sur la plupart des Onze ne permet pas d'accueillir de pollinisateurs. Certains espaces au sein de ces zones pourraient par exemple être fauchés plus tardivement pour laisser la flore indigène fleurir localement. Ces éléments seront développés lors du rapport final.

4.2 Papillons

4.2.1 Potentiel écologique du site

La somme des observations, comparativement à l'ensemble des données actuellement connues, nous amène à dire que le site dispose d'une **faible diversité locale**, même en contexte urbain. Ce constat ne prend pas en compte les espèces d'Hétérocères qui, dans ce cadre, ne fournissent qu'un complément d'information. En effet, plus de 80% des représentants de ce groupe ayant une activité nocturne à l'état adulte, c'est en réalisant des sorties de nuit (pièges lumineux) qu'ils sont détectables. Cette approche n'avait pas été privilégiée sur site en rappelant la difficulté sur une seule année de tendre vers l'exhaustivité du fait des éclairages environnants diluants largement l'attraction vers nos dispositifs.

Ainsi, traitant des observations qualitatives diurnes, les espèces observées sont en lien avec les types de gestion appliquées et les exigences de celles-ci.

Le Tableau 9 précise que 12 des 13 espèces de Rhopalocères n'ont pas d'exigence marquée, puisqu'ubiquistes des milieux ouverts. Ce sont effectivement des espèces classiques en milieux ouverts perturbés que sont les parcs et jardins en contexte urbain ou non.

La 13^{ème} espèce, *Lasiommata maera*, à l'époque de l'élaboration des statuts de la Liste Rouge d'Île-de-France, était classée comme « Assez Rare » et liée aux « pelouses à ourlets xérothermophiles, lieux rocaillieux » (Figure 27). Cet état a depuis (2016) été affiné, et il est désormais avéré que sa présence en région est forte à proximité des habitations notamment dans les parcs et jardins en banlieue parisienne où il profite de la chaleur renvoyée par les murs des bâtiments, et de placettes abritées, qui plus est dans un contexte hivernal moins froid (barrière

intra-muros). Par ailleurs, en 2022, l'espèce a été très « prolifique », observées en de nombreux exemplaires et de nombreuses localités.



Figure 27 : *Lasiommata maera* femelle - l'Ariane © A. Borges.

Concernant les quelques Hétérocères observés, la grande majorité des espèces ne présente pas d'exigences particulière. Ce constat n'est pas surprenant vue la zone d'étude concernées.

L'ensemble des espèces de Lépidoptères observé en 2022 sur la zone d'étude constituent un cortège « banal », ce qui n'est pas synonyme de « sans intérêt ». En effet, leur présence permet la pollinisation (la plupart des imagos étant polyphages-floricoles) et une ressource alimentaire pour les prédateurs, notamment du fait de leur présence tous les mois de l'année (toutes espèces confondues), principalement aux périodes « creuses ». Ceci permet à ces prédateurs de pouvoir réaliser leur cycle sur la zone où leur présence permettra une régulation des insectes indésirables des plantes cultivées. À défaut les prédateurs ne s'installeraient pas sur la zone en question et une perte de biodiversité locale s'observerait, à commencer par les auxiliaires des cultures (insectes, autres arthropodes, oiseaux...).

Ceci nous amène à souligner le rôle important de la présence du Potager sur Roi sur la zone de la ville de Versailles, qui permet d'accueillir une certaine diversité en Lépidoptères qui ne pourrait exister au-delà du périmètre du Potager. Ceci est amplifié par l'actuelle prise en compte des insectes dans leur globalité par les jardiniers, en excluant les traitement chimiques (principalement non spécifique de l'espèce ciblée) en protection des cultures.

4.2.2 Gestion

Afin de conforter, voire de pouvoir accueillir de nouvelles espèces sur la zone du Potager du Roi, nous soulignons, ci-dessous, quelques modifications de pratiques, si possible, et celles existantes à effets positifs (Tableau 16).

Tableau 16 : Pratiques défavorables et favorables à la pérennisation des papillons (2 pages).

Pratiques défavorables (points négatifs constatés)	Pratiques favorables (points positifs constatés)
<p>Tonte = coupe trop rase, sur de trop grandes surfaces, au même moment (ex : parcelle Les Onze).</p> 	<p>Ilots de lierre (angle du jardin Legendre) = ajoute une catégorie de plante hôte ; sert de ressource florale à de nombreuses espèces (diurne et nocturne) à partir de septembre jusqu'à octobre</p> 
<p>Tontes trop larges même pour les cheminements entre arbres fruitiers (ex : jardin Legendre, Breuil, Lelieut)</p> 	<p>Friche florifère (terrasse Nord – au-dessus du jardin Legendre) à pérenniser</p> 
	<p>Végétation non tondue (jardin du Breuil) dans certaines allées des vergers</p>

	
	<p>Massif d'orties (Les Onze), plante-hôte de plusieurs espèces de papillons (ex : Vannesses) notamment car bien exposé - à pérenniser</p> 

4.2.3 Notes sur les espèces « indésirables » du potager

Parmi les espèces de Lépidoptères recensées lors de la campagne 2022, 4 sont considérées « indésirables » car elles peuvent induire des baisses dans la production végétales ou ornementales (Tableau 17).

Tableau 17 : Liste des quatre espèces « indésirables » associés à leurs plantes-hôtes.

Lycaenidae	<i>Cacyreus marshalli</i>	Le Brun des Pélargoniums	<i>Geranium</i> et <i>Pelargonium</i>
Pieridae	<i>Pieris rapae</i>	La Piéride de la Rave	Brassicacées
Sesiidae	<i>Synanthedon myopaeformis</i>	La Sésie du Pommier	Pommier, Poirier, parfois Cerisier.
Crambidae	<i>Cydalima perspectalis</i>	La Pyrale du Buis	Buis

Afin de lutter contre ces quatre espèces lorsque les populations sont jugées trop importantes, l'utilisation de piège mouillant voir collant à attraction phéromonale est le plus sélectif des moyens de lutte car spécifique (donc à « l'espèce »). Ceci est déjà appliqué sur le Potager du Roi, par exemple contre la Sésie du Pommier *Synanthedon myopaeformis*.

L'utilisation du biocide *Bacillus thuringiensis* souche *kurstaki* (non labellisé « bio ») n'est pas recommandable car ce produit n'est pas spécifique mais fonctionne contre tous les insectes qui l'ingèrent, et plus particulièrement les chenilles de Lépidoptères phytophages, sans distinction d'espèce. Ainsi toutes les espèces au moment du traitement, au stade larvaire, présentes sur la plante ou à proximité (ruissellement), sont susceptibles d'ingérer le produit mortel. Il est préférable d'exclure les produits chimiques biocides.

Les méthodes préventives d'observation du végétal peuvent également être efficaces dans la réduction du nombre d'individus d'une population indésirable de Lépidoptère. La détection des chenilles sur plante-hôte cultivée, convenablement déterminées, reste la plus simple (p/r œufs, chrysalides) et la suppression de ces larves manuellement (nourrissage des poules) reste valable. Ceci est encore plus efficace sur les espèces à chenilles grégaires tel que plusieurs Yponomeutes (Figure 28) ou encore la Piéride du chou (non observées en 2022 mais hautement probable sur site).



Figure 28 : Chenilles grégaires d'Yponomeutes pouvant parfois impacter le rendement, mais non dangereux pour un arbre sain ©A. Borges.

De façon préventives, lorsque cela est possible, des filets peuvent éventuellement être installés afin d'empêcher la ponte durant la période de vol des papillons adultes. Attention néanmoins à ne pas piéger accidentellement les oiseaux/auxiliaires qui les visitent.

4.3 Coléoptères carabiques

L'inventaire des coléoptères carabiques du Potager du Roi de Versailles réalisé en 2022 a permis de mettre en évidence 25 espèces de *Carabidae* ainsi que 8 espèces appartenant à d'autres familles. La liste des coléoptères carabiques a été examinée afin d'évaluer la qualité des données et les enjeux associés.

L'examen des données, au travers d'une estimation de la richesse spécifique théorique et de la complétude d'échantillonnage, a révélé que l'effort fournis a permis d'atteindre une exhaustivité acceptable en termes d'espèces détectées. L'effort fournis était proportionné par rapport à l'objectif. Si des prospections devaient être refaites, les parcelles de cultures potagères (Figuerie) seraient privilégiées, en ajoutant en complément le jardin Hardy ou Noisette pour la complémentarité des milieux présents.

Selon toutes les analyses conduites dans cette étude, l'abondance et la richesse spécifique dans la partie pâturée du Duhamel et le Troisième des Onze témoignent de la présence de deux réservoirs à carabiques. La partie arborée du Duhamel, le Grand Carré et la Figuerie étant moins riche en coléoptères carabiques, aménager le Potager de sorte que des bandes enherbées pérennes connectées à des zones refuges (arbustes, hautes herbes) pourrait permettre le déplacement des individus des zones refuges vers celles de production maraichère.

Les espèces présentes dans le Potager du Roi sont, à l'échelle de la région Île-de-France, en majorité commune et se trouvant soit dans toute la région, soit plus localisé dans la partie Sud. La communauté de coléoptères carabiques présente sur le site correspond à ce qui se retrouve en milieu agricole d'Île-de-France.

Aucune espèce remarquable ou déterminante de ZNIEFF n'a été recensée. Mais la présence de *Microlestes luctuosus* dans le Potager du Roi est une des rares données (la troisième) pour cette espèce en Île-de-France.

Des espèces prédatrices de pucerons sont présentes dans tout le site. Le service écosystémique de la communauté carabique est donc partiel car il se concentre plus sur les pucerons que sur les mollusques. Pour ce premier groupe, les études ont été réalisées en contexte céréalière.

Les régimes alimentaires au sein de la communauté carabique est diversifiée (carnivores, omnivores, phytophages) tout comme les préférences d'habitats (ubiquiste, frais, humides, ouverts, etc.). Cependant, l'absence de prédateurs généraliste dans les zones de cultures est l'exemple d'une lacune en termes de complémentarité des espèces.

5. Conclusion

Pour les coléoptères carabiques, il en ressort que :

- La communauté présente dans le Potager du Roi est mieux structurée dans la partie pâturée du Duhamel et le Troisième des Onze.
- Cette communauté est équivalente à ce qui se trouve en milieu agricole d'Île-de-France.
- Une diversité de régimes alimentaires est présente, mais les services écosystémiques de régulations des ravageurs sont potentiellement peu opérationnels dans les zones de cultures et sont centrés principalement sur des espèces de pucerons probablement peu représentés dans le Potager.
- Pour enrichir la communauté de coléoptères carabiques, des actions d'aménagement pérennes au sein potager pour mieux connecter les réservoirs de biodiversité aux zones d'intérêts sont à prévoir (exemple : installation de hautes herbes, bandes enherbées, arbustes).

Le Potager du Roi possède ainsi une marge de progression pour le développement de cette faune, surtout pour les milieux consacrés à la culture.

Pour les Lépidoptères, la diversité recensée en 2022 est plutôt faible notamment en Rhopalocères mais en rapport avec l'utilisation agricole du site. Néanmoins l'augmentation de surface non tondues entre les cultures, pourrait favoriser l'installation de nouvelles espèces.

Des conclusions générales pourront être tirées dans le rapport final quand les analyses des résultats pour les syrphes et les Hyménoptères Apoïdes auront été finalisées. Il ressort déjà que certains modes de gestion pourraient être optimisés afin de favoriser l'entomofaune. Enfin, au regard de sa surface et du contexte urbain, le Potage du Roi constitue un maillon important pour l'entomofaune commune.

6. Bibliographie

6.1 Hyménoptères Apoïdes et syrphes

- AMIET F., MÜLLER A. & NEUMEYER R. (1999). *Apidae 2* - Colletes, Dufourea, Hylaeus, Nomia, Nomioides, Rhophitoides, Rophites, Sphecodes, Systropha. *Fauna Helvetica* 4. CSCF & SEG : 219 p.
- AMIET F., HERRMANN M., MÜLLER A. & NEUMEYER R. (2001). *Apidae 3* - Lasioglossum, Halictus. *Fauna Helvetica* 6. CSCF & SEG : 208p.
- AMIET F., HERRMANN M., MÜLLER A. & NEUMEYER R. (2004). *Apidae 4* : Anthidium, Chelostoma, Coelioxys, Dioxys, Heriades, Lithurgus, Megachile, Osmia, Stelis. *Fauna Helvetica* 9. CSCF & SEG : 273p.
- AMIET F., HERRMANN M., MÜLLER A. & NEUMEYER R. (2007). *Apidae 5* : Ammobates, Ammobatoides, Anthophora, Biastes, Ceratina, Dasypoda, Epeoloides, Epeolus, Eucera, Macropis, Melecta, Melitta, Nomada, Pasites, Tetralonia, Thyreus, Xylocopa. *Fauna Helvetica* 20. CSCF & SEG : 356 p.
- AMIET F., HERRMANN M., MÜLLER A. & NEUMEYER R. (2010). *Apidae 6* - Andrena, Melitturga, Panurginus, Panurgus. *Fauna Helvetica* 26. CSCF & SEG : 316 p.
- AUBERT M. (2020). *Proposition de clé d'identification des Eucerini (Hymenoptera : Anthophila) de France continentale – version provisoire*. Observatoire des Abeilles. 45 p.
- BITSCH J. (2017). Les Sapygidae d'Europe (Hymenoptera, Aculeata). *Bulletin de la Société entomologique de France* 122 (1) : 7-34.
- BITSCH J. (2020). *Hyménoptères Spheciformes d'Europe. Volume 1. Généralités -Heterogynaidae, Ampulicidae, Sphecidae, Crabronidae (1ère partie)*. Faune de France 101, Fédération française des Sociétés de Sciences naturelles : 408 p.
- BITSCH J. (2021). *Hyménoptères Spheciformes d'Europe. Volume 2. Systématique : Crabronidae, Dinetinae, Eremiasphecinae & Mellininae*. Faune de France 102, Fédération française des Sociétés de Sciences naturelles : 440 p.
- BITSCH J. (2022). *Hyménoptères Spheciformes d'Europe. Volume 3. Systématique (3^e partie) : Pemphredoninae & Philanthinae*. Faune de France 103, Fédération française des Sociétés de Sciences naturelles : 432 p.
- BITSCH J., BARBIER Y., GAYUBO S. F., SCHMIDT K. & OHL M. (1997). Hyménoptères Sphecidae d'Europe occidentale. Volume 2. Faune de France 82, Fédération française des Sociétés de Sciences naturelles : 427 p.
- BITSCH J., DOLFUSS H., BOUCEK Z., SCHMIDT K., SCHMID-EGGER C., GAYUBO S. F., ANTROPOV A. V. & BARBIER Y. (2001). Hyménoptères Sphecidae d'Europe occidentale. Volume 3. Faune de France 86, Fédération française des Sociétés de Sciences naturelles : 459 p.
- BITSCH J. & LECLERCQ J. (1993). Hyménoptères Sphecidae d'Europe occidentale. Volume 1. Généralités – Crabroninae. Faune de France 79, Fédération française des Sociétés de Sciences naturelles : 325 p.
- CHOREIN A. (2007). *Systématique et chorologie des Anthophorini (Hymenoptera: Apidae) de Belgique et du Nord de la France, avec une première analyse de leurs sécrétions volatiles*. Mémoire de fin d'études, Université de Mons-Hainaut, Mons, 80p. [document miméographié]
- DATHE H. H. (1980). Die Arten der Gattung Hylaeus in Europa. *Mitt. Zool. Mus. Berlin* 56 : 207-294.
- DUFRENE E., GADOM S., GENOUD D., RASMONT P., PAULY A., LAIR X. & AUBERT M. (2017). *Première liste des espèces d'abeilles (Hymenoptera Apoidea Anthophila) déterminantes de l'inventaire ZNIEFF en Île-de-France*. CSRPN Île-de-France : 10 p.
- DYLEWSKA K. (1987). Die Gattung Andrena FABRICIUS (Andrenidae, Apoidea) in Nord und Mitteleuropa. *Acta Zool. Cracov.* 3 : 359-708.
- EBMER P. A. W. (1987). Die europäische Arten der Gattungen Halictus LATREILLE 1804 und Lasioglossum CURTIS 1833 mit illustrierten Bestimmungstabellen (Ins. : Hymenoptera : Apoidea : Halictidae : Halictinae). 1. Allgemeiner Teil, Tabelle der Gattungen. *Senckenbergiana biol.* 68 : 59-148.

- EBMER P. A. W. (1988). Die europäischen Arten der Gattungen Halictus LATREILLE 1804 und Lasioglossum CURTIS 1833 mit illustrierten Bestimmungstabellen (Ins. : Hymenoptera : Apoidea : Halictidae : Halictinae). 2. Die Untergattung Seladonia Robertson 1918. *Senckenbergiana biol.* 68 (1987) : 323-375.
- FOLSCHWEILLER M., HUBERT B. REY G., BARBIER Y., D'HAESELEER J., DROSSART M., LEMOINE G., PROESMANS W., ROUSSEAU-PIOT J.-S., VANAPPELGHEM C., VRAY S. & RASMONT P. (2020). *Atlas des bourdons de Belgique et du nord de la France* : 151 p.
- GADOUM S. (2021). Domaine régional de Flicourt (Guernes – 78) : inventaire et expertise des Hyménoptères Apoïdes (Spheciforma et Anthophila) et Vespoïdes Vespidae. Office pour les insectes et leur environnement – Agence des Espaces Verts d'Île-de-France. Rapport d'étude : 108 p.
- GADOUM S., HOUARD X., VANAPPELGHEM C. & Monsavoir A. (2020). Liste des espèces de Syrphes déterminantes de Znieff en région Ile-de-France. DRIEE Ile-de-France – CSRPN Ile-de-France – Opie. 12 p.
- GADOUM S., ISERBYT S., MICHEZ D., TERZO M. & RASMONT P. (2005). Les Abeilles sauvages du Parc naturel régional du Vexin français : Bourdons, Anthophores, Ceratines, Xylocopes et Melittidés (Hymenoptera : Apoidea : Apidae : Bombus ; Anthophoridae : Anthophora, Ceratina, Xylocopa ; Melittidae : Dasypoda, Macropis, Melitta). *Courrier scientifique du Parc naturel régional du Vexin français* 1 : 28-33.
- GADOUM S. & LE GOFF G. (2009). Les Abeilles sauvages du Parc naturel régional du Vexin français III : les Megachilidae (Hymenoptera : Apoidea). *Courrier scientifique du Parc naturel régional du Vexin français* 4 : 34-41.
- GADOUM S. & PAULY A. (2006). Les Abeilles sauvages du Parc naturel régional du Vexin français. II : les Halictes (Hymenoptera : Apoidea : Halictus et Lasioglossum). *Courrier scientifique du Parc naturel régional du Vexin français* 2 : 36-40.
- JAUZEIN P. & NAWROT O. (2013). Flore d'Île-de-France. Clés de détermination, taxonomie, statuts. Editions Quae : 606 p.
- Météo-France (2022). Bulletin climatologique mensuel régional. Île-de-France mars 2022 : 1-5 https://donneespubliques.meteofrance.fr/?fond=produit&id_produit=129&id_rubrique=52
- MICHENER, C.D. (2007) *The Bees of the World*, 2nd edn. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- MICHEZ D. & EARDLEY C. (2007). Monographic revision of the bee genus Melitta Kirby 1802 (Hymenoptera: Apoidea: Melittidae). *Ann. soc. entomol. Fr.* (n.s.), 43 (4) : 379-440.
- MICHEZ D., RASMONT P., TERZO M., VERECKEN N.J. (2019). Abeilles d'Europe. Hyménoptères d'Europe volume 1. Editions NAP, 548p.
- MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT (1993). Arrêté du 22 juillet 1993 relatif à la liste des insectes protégés en région Ile-de-France complétant la liste nationale. *Journal Officiel de la République française* du 23 septembre 1993.
- NIETO A., ROBERTS S. P. M., KEMPS J., RASMONT P., KUHLMANN M., GARCIA CRIADO M., BIESMEIJER J. C., BOGUSCH P., DATHE H. H., DE LA RUA P., DE MEULEMEESTER T., DEHON M., DEWULF A., ORTIZ-SANCHEZ F. J., LHOMME P., PAULY A., POTTS S. G., PRAZ C., QUARANTA M., RADCHENKO V. G., SCHEUCHL E., SMIT J., STRAKA J., TERZO M., TOMOZII B., WINDOW J. & MICHEZ D. (2014). European Red List of bees. Luxembourg : Publication Office of the European Union : 85 p.
- PATINY S. (1998). Contribution à la connaissance de la régression des populations du sous-genre Taeniandrena Hedicke, 1933, (Hymenoptera, Andrenidae, Andrena) et de leurs habitudes pollinisatrices. *Notes fauniques de Gembloux* 35 : 20-33.
- PAULY A. (2019). Abeilles de Belgique et des régions limitrophes (Insecta : Hymenoptera : Apoidea). Famille Halictidae. *Faune de Belgique*. Institut royal des Sciences naturelles de Belgique : 518 p.
- RASMONT P. (1983). Catalogue commenté des Bourdons de la région ouestpaléarctique (Hyménoptera, Apidae, Bombinae). *Notes fauniques de Gembloux* 7 : 1-72.
- RASMONT P. (1988). Monographie écologique et biogéographique des Bourdons de France et de Belgique (Hymenoptera, Apidae, Bombinae). Thèse de doctorat, Faculté des Sciences agronomiques de l'Etat, Gembloux, 309 + LXII pp. [document miméographié]

- RASMONT P. & MERSCH P. (1988). Première estimation de la dérive faunique chez les Bourdons de la Belgique (Hymenoptera, Apidae). *Annls Soc. r. Zool. Belg.* 118 (2) : 141-147.
- RASMONT P., LECLERCQ J., JACOB-REMACLE A., PAULY A. & GASPAR C. (1993). The faunistic drift of Apoidea in Belgium. pp.65-87 In : BRUNEAU E. Bees for pollination. Commission of the European Communities, Brussels, 237 p.
- RASMONT P., FRANZEN M., LECOCQ T., HARPKE A., ROBERTS S., BIESMEIJER J. C., CASTRO L., CEDERBERG B., DVORAK L., FITZPATRICK U., GONSETH Y., HAUBRUGE E., MAHE G., MANINO A., MICHEZ D., NEUMEYER J., ØDEGAARD F., PAUKKUNEN J., PAWLIKOWSKI T., POTTS S., REEMER M., SETTELE J., STRAKA J. & SCHWEIGER O. (2015). Climatic risk and distribution atlas of European bumblebees. *BioRisk* 10 : 1-236.
- SHEFFIELD C.S., PINDAR A., PACKER L. & KEVAN P.G. (2013). The potential of cleptoparasitic bees as indicator taxa for assessing bee communities. *Apidologie*, 44 : 501–510.
- SCHEUCHL E. (1995). *Illustrierte Bestimmungstabellen der Wildbienen Deutschlands und Österreichs. Band I: Anthophoridae*. Velden : 158 p.
- SCHEUCHL E. (1996). *Illustrierte Bestimmungsschlüssel der Wildbienen Deutschlands und Österreichs. Band II : Megachilidae – Melittidae*. Velden : 116p.
- SCHEUCHL E. (2007). *Illustrierte Bestimmungstabellen der Wildbienen Deutschlands und Österreichs. Band III : Andrenidae*. Velden : 180p.
- SMIT J. (2018). Identification key to the European species of the bee genus *Nomada* SCOPOLI, 1770 (Hymenoptera: Apidae), including 23 new species. *Entomofauna*. M3 : 1-253.
- SPEIGHT M. C. D. (2016). Species accounts of European Syrphidae 2016. Syrph the Net, the database of European Syrphidae (Diptera) vol. 93. Syrph the Net publications, Dublin : 288 p.
- STALLEGGER P. & LIVORY A. (2008). Inventaire et analyse du peuplement d'abeilles sauvages (Hymenoptera Apidae) de l'Espace Naturel Sensible « Rives de Seine Sud », Berville-sur-Mer, Fatouville-Grestain, Fiquefleur-Equainville (27). Conseil général de L'Eure, 73 p. [document miméographié]
- TERZO M. (2000). Classification phylogénétique des Cératines du monde et monographie des espèces de la région ouest-paléarctique et de l'Asie centrale (Hymenoptera, Apoidea, Xylocopinae : Ceratina Latreille). Thèse de doctorat, Faculté des Sciences, Laboratoire de Zoologie, Université de Mons-Hainaut : 1-263 + I-XXIII p. [document miméographié]
- TERZO M., ISERBYT S. & RASMONT P. (2007). Révision des Xylocopinae (Hymenoptera : Apidae) de France et de Belgique. *Ann. soc. entomol. Fr.* (n.s.), 43 (4) : 445-491.
- TOP D. & WARTELLE R. (2015). Mise à jour de la liste des diptères Syrphidae de la Région Picardie (France) (Diptera, Syrphidae). *L'Entomologiste picard* 26 : 29-44.
- VUJIC A., GILBERT F., FLINN G., ENGLEFIELD E., FERREIRA C.C., VARGA Z., EGGERT F., WOOLCOCK S., BÖHM M., MERGY R., SSYMANK A., VAN STEENIS W., ARACIL A., FÖLDESI R., GRKOVIC A., MAZANEK L, NEDELJKOVIC Z., PENNARDS G.W.A., PEREZ C., RADENKOVIC S., RICARTE A., ROJO S., STÄHLS G., VAN DER ENT L.-J., VAN STEENIS J., BARKALOV A., CAMPOY A., JANKOVIC M., LIKOV L., LILLO I., MENGUAL X., MILIC D., MILICIC M., NIELSEN T., POPOV G., ROMIG T., ŠEBIC A., SPEIGHT M., TOT T., VAN ECK A., VESELIC S., ANDRIC A., BOWLES P., DE GROOT M., MARCOS-GARCIA M.A., HADRVA J., LAIR X. , MALIDZAN S., NEVE, G., OBREHT VIDAKOVIC D., POPOV S., SMIT J.T., VAN DE MEUTTER F., VELICKOVIC N. & VRBA J. (2022). Pollinators on the edge: our European hoverflies. The European Red List of Hoverflies. Brussels, Belgium: European Commission.

WESTRICH P. (2018). *Die Wildbienen Deutschlands*. Eugen Ulmer : 823 p.

6.2 Papillons

AGENCE DES ESPACES VERTS (2012). *Domaine régional des buttes de Paris (Val d'Oise) Environnement et patrimoine écologique*. AEV – OPIE, ONF, CORIF, 258 p.

ARNAL G. (1999). Les plantes protégées d'Île-de-France. Collection Parthénope, éditions BIOTOPE. 349 p.

- BIRCKEL S., BORGES A. & GADOUM S. (2011). *Inventaires entomologiques et herpétologiques*. AEV – Réserve Naturelle Régionale de Moisson. AEV – ONF, OPIE, 101 p.
- BORGES A. (2022). *Bilan des relevés 2021 de Lépidoptères diurnes de la RNR de la boucle de Moisson (Moisson, Mousseaux sur Seine – Yvelines)*. Office pour les insectes et leur environnement pour l'Agence des espaces verts. Rapport d'étude. 86 p.
- BORGES A. (2022). *Réalisation d'un inventaire des Lépidoptères nocturnes – ZAC des Fontaines, Mézières sur Seine (Yvelines)*. Office pour les insectes et leur environnement pour le Département de Seine Saint Denis. Rapport d'étude. 49 p.
- BORGES A. (2021). *Réalisation d'un inventaire des Lépidoptères au parc de Georges Valbon (La Courneuve – Seine Saint Denis)*. Office pour les insectes et leur environnement pour le Département de Seine Saint Denis. Rapport d'étude. 67p.
- BORGES A., JACQUET C., VANDEWEGHE R. & MERIGUET B. (2021). *Inventaire entomologique (Rhopalocères et Hétérocères, Odonates, Orthoptères et Coléoptères) et aranéologique de l'Espace naturel sensible du Parc de Livry (77)*. Office pour les insectes et leur environnement – Département de Seine-et-Marne. Rapport d'étude. 84 p.
- BORGES A. (2021). *Rapport d'inventaire des Lépidoptères nocturnes (Hétérocères) en zone de préemption Saint-Colomban (Loire-Atlantique)*. Geo Plus Environnement – OPIE. 56 p.
- BORGES A. & DIDIER B. (2020). La pollution lumineuse et les insectes. *Insectes* 197 -24 - 27.
- BORGES A. (2020). *Réalisation d'un inventaire des Lépidoptères nocturnes aux Puits d'enfer – parc du Sausset (Villepinte – Seine Saint Denis)*. CD93 – OPIE. 47p.
- BORGES A. (2020). *Réalisation d'un inventaire des papillons de nuit sur les Espaces naturels sensibles des Buttes de Rosne, de la Butte de Marines et des Buttes d'Arthies*. CD95 – OPIE. 153 p.
- BORGES A. (2020). *Rapport d'inventaire des Lépidoptères diurnes des pelouses des E.N.S. du Bois de Morval et de la forêt départementale de la Tour du Lay*. CD95 – OPIE. 116 p.
- BORGES A. (2019). - *Réalisation d'un inventaire des Lépidoptères nocturnes au Puits d'enfer – parc du Sausset (Villepinte – Seine Saint Denis)*. CD93 – OPIE. 47p.
- BORGES A. & HOUARD X. (2019). *Atlas des Papillons de jour en Val d'Oise*. CD 95 - OPIE. 134p.
- BORGES A. & MERIGUET B. (2018). *Inventaire entomologique de l'Espace naturel sensible de la carrière de l'enfer (Commune de Poligny)*. Office pour les insectes et leur environnement – Écosphère- Conseil départemental Seine-et-Marne. Rapport d'étude.41 p + annexes.
- BORGES. A. (2016). *Réalisation d'inventaires des Lépidoptères sur la Réserve Naturelle Régionale du site géologique de Vigny Longuesse*. CD95 – Opie, 48 p + annexes.
- BORGES. A., SUEUR A. (2015). *Inventaire des Lépidoptères sur l'Espace Naturel Sensible de de la carrière aux Coquillages*. CG95 – Opie, 90 p.
- BORGES. A. (2015). *Rapport d'activité spécifique – Inventaires entomologiques Atlas biodiversité 77 - Bilan de la campagne d'inventaire 2015 concernant les hétérocères de Seine-et-Marne*. CG77 – Opie, 2 p.
- BORGES. A., FOSSIER C. & HOUARD X. (2014). *Diagnostique écologique et socio-économique du document d'objectifs du site Natura 2000 FR3100511 « Forêt, bois et bocage herbager de la Fagne et du plateau d'Anor ». Lot N°5 étude entomologique : Tranche A étude du Damier de la Succise - Euphydryas aurinia (Rottemburg, 1775)*. Office pour les insectes et leur environnement – Parc Naturel Régional de l'Avesnois. Rapport d'étude. 53 p.
- BORGES A., SARDET E & MERLET F. (2013). Bilan de l'enquête Laineuse du prunellier. *Insectes* 168 (1) : 31-33.
- BORGES A. (2012). *Résultats des relevés faunistiques sur le site naturel d'Allonne (Oise) les landes du Bois des Coutumes 2012 – Lepidoptères Hétérocères nocturnes*. CEN Picardie – Opie, 12 p.
- BORGES A. (2012). *Réalisation d'inventaire des lépidoptères sur l'Espace Naturel Sensible de l'Etang de Vallière*. CG95 – Opie, 55 p.

- BORGES A., GADOUM S., BIRCKEL S. & ARNABOLDI F. (2011). *Inventaires entomologiques et herpétologiques • Réserve naturelle régionale de Moisson*. ONF - OPIE. 128 p.
- BORGES A. (2011). *Réalisation d'inventaires entomologiques sur le site de la Réserve Naturelle Nationale des Coteaux de Seine de la Seine – 2011, Lépidoptères Rhopalocères et Zygènes*. – Opie, 55 p.
- BORGES A. FLEURY J. & MERIGUET B. (2010) - Forêt régionale de Bréviande (Seine-et-Marne) Inventaire entomologique (Coléoptères, Lépidoptères, Odonates) Enjeux patrimoniaux et préconisations de gestion. AEV - OPIE, 236 p.
- BORGES A. & MOTHIRON P. (2010). *Réalisation d'inventaires faunistiques sur les forêts départementales et les Espaces Naturels Sensibles du Val d'Oise : Parc de Grouchy - Lépidoptères*. CG95 – Opie, 42 p.
- BORGES A. & MOTHIRON P. (2010). *Réalisation d'inventaires faunistiques sur les forêts départementales et les Espaces Naturels Sensibles du Val d'Oise : Butte de Marines - Lépidoptères*. CG95 – Opie, 45 p.
- BORGES A. & MOTHIRON P. (2009). *Réalisation d'inventaires faunistiques sur les forêts départementales et les Espaces Naturels Sensibles du Val d'Oise : L'Île des Aubins - Lépidoptères*. CG95 – Opie, 66 p.
- BORGES A. & MOTHIRON P. (2007). *Espace Naturel Sensible : le Marais du Rabuais (Val-d'Oise), Inventaire entomologique 2007 : Lépidoptères*. CG95 – PNR du Vexin Français – Opie, 38 p.
- BORGES A. & MOTHIRON P. (2007) - *Espace Naturel Sensible : la Butte de Rosne (Val-d'Oise), Inventaire entomologique 2007 : Lépidoptères*. CG95 – PNR du Vexin Français – Opie, 42 p.
- BORGES A., MERIGUET B. & ZAGATTI P. (2007). *Inventaires entomologiques (Coléoptères – Lépidoptères Rhopalocères et Hétérocères - Orthoptères) des Parcs Départementaux de Seine- Saint-Denis*. CG93 – Opie. 80 p.
- BORGES A., MERIGUET B. & ZAGATTI P. (2006). *Inventaires entomologiques (Coléoptères – Lépidoptères Rhopalocères et Hétérocères) des Parcs Départementaux de Seine-Saint-Denis*. CG93 – Opie. 62 p.
- BORGES A. ET MOTHIRON P. (2006). *Espace Naturel Sensible : Marais de Frocourt (Val d'Oise), Inventaire entomologique 2006 : Lépidoptères (Rhopalocères et Hétérocères)*. CG95 - PNR du Vexin Français – Opie 29 p.
- BORGES A. & MERIGUET B. (2005). *Espace Naturel Sensible : Marais de Frocourt (Val d'Oise), Inventaire entomologique*. CG95 - PNR du Vexin Français – Opie. 32 p.
- BORGES A. & MERIGUET B. (2005). *Espace Naturel Sensible : Marais du Rabuais (Val d'Oise), Inventaire entomologique*. CG95 - PNR du Vexin Français – Opie. 32 p.
- BOURNERIAS M., ARNAL G. & BOCK C. (2002). *Les groupements végétaux du Bassin parisien*. Editions Belin. 639 p.
- CAHIERS D'HABITATS NATURA 2000 – Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire – Tome 7 espèces animales. La documentation française. 353 p.
- CARTER D.J. & HARGREAVES B. (1988). *Guide des chenilles d'Europe*. Delachaux et Niestlé. 311 p.
- CONSEIL SCIENTIFIQUE REGIONAL DU PATRIMOINE NATUREL (CSRPN ÎDF) ET DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT D'ÎLE-DE-FRANCE (DIREN ÎDF), (2002). *Guide méthodologique pour la création de Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) en Île-de-France*. Direction Régionale de l'Environnement d'Île-de-France.
- DEWULF L. & HOUARD X. (COORD.) (2016). *Liste rouge régionale des Rhopalocères et des Zygènes d'Île-de-France*. Natureparif – Office pour les insectes et leur environnement – Association des Lépidoptéristes de France. Paris. 88 p.
- DUPONT P. & LUMARET J-P. (1997). *Intégration des invertébrés continentaux dans la gestion et la conservation des espaces naturels : Analyse bibliographique et propositions*. RNF, 258 p.
- Fibiger M. (1991). *Noctuidae Europaeae, Volume 1 Noctuidae I*. Apollo Books. 208 p.
- Fibiger M. (1993). *Noctuidae Europaeae, Volume 2 Noctuidae II*. Apollo Books. 230 p.
- Fibiger M. (1997). *Noctuidae Europaeae, Volume 3 Noctuidae III*. Apollo Books. 418 p.

- FIBIGER, M & HACKER H. (2007). *Noctuidae Europaeae, Volume 9 Amphipyrinae, Condicinae, Eriopinae, Xyleninae*. Apollo Books. 410 p.
- GOATER B., RONKAY L. & FIBIGER M. (2003). *Noctuidae Europaeae, Volume 10 Catocalinae and Plusiinae*. Apollo Books. 452 p.
- GOUTTE L. & GUYCHERD G. (2009). Les Lépidoptères du marais de Berland (Chartreuse, Isère) : inventaire et analyse faunistique. *Oreina* 5 : 33 – 40.
- GROUPE DE TRAVAIL DES LEPIDOPTERISTES (1987). *Les papillons de jour et leurs biotopes, Volume 1*. Editions Pro Natura – Ligue Suisse pour la protection de la nature. 512 p.
- GROUPE DE TRAVAIL DES LEPIDOPTERISTES (1999). *Les papillons et leurs biotopes, Volume 2*. Editions Pro Natura – Ligue Suisse pour la protection de la nature. 668 p.
- GROUPE DE TRAVAIL DES LEPIDOPTERISTES (2005). *Les papillons et leurs biotopes, Volume 3*. Editions Pro Natura – Ligue Suisse pour la protection de la nature. 916 p.
- GUILBOT R., LHONORE J., LUQUET G. C. (1991). *Proposition d'une liste rouge des Insectes à protéger en Île-de-France*. Île-de-France et OPIE éditions. 92 p.
- Hacker H., Ronkay L. & Hreblay M. (2002). *Noctuidae Europaeae, Volume 4 Hadeninae*. Apollo Books, 419 p.
- Hausmann A. (2001). *The Geometrid Moths Of Europe : Introduction To The Series. Archiearinae, Oenochrominae, Geometrinae (Tome 1)*. Apollo Books. 284 p.
- Hausmann A. (2004). *The Geometrid Moths Of Europe : Sterrhinae (Tome 2)*. Apollo Books. 600 p.
- Hérès A. (2011). *Guide des Zygènes de France*. Supplément au Tome XX. R.A.R.E. éditions. Association Roussillonnaise d'Entomologie.
- KITCHING R.L., ORR A.G., THALIB L., MITCHELL H., HOPKINS M.S. & GRAHAM A.W. (2000). Moths assemblages as indicators of environmental quality in remnants of upland Australian rain forest. *Journal of applied Ecology* 37 (2) : 284 - 297.
- Lafranchis T., Jutzeler D., Guillosson J.-Y., Kan B. & Kan P., (2015). *La vie des papillons*. Editions Diathéo. 751 p.
- LAFRANCHIS T. (2014). *Papillons de France*. Editions Diathéo. 351 p.
- LAFRANCHIS T. (2007). *Papillons d'Europe*. Editions Diathéo. 379 p.
- LAFRANCHIS T. (2000). *Les papillons de jour de France, Belgique et Luxembourg et leurs chenilles*. Collection Parthénope. Editions Biotope, Meze (France). 448 p.
- LEBRUN J. (2015). *Les Lépidoptères hétérocères des zones humides du bassin de la Somme : bilan patrimonial et étude des communautés pour la construction d'un indicateur d'état des zones humides*. Conservatoire d'espaces naturels de Picardie/ Agence de l'Eau Artois Picardie/Conseil départemental de la Somme : 182 p + annexes.
- LERAUT P. (2012). *Papillons de nuit d'Europe : Volume 3, Zygènes, pyrales 1 et Brachodides*. NAP édition, 600 p.
- LERAUT P. (2014). *Papillons de nuit d'Europe : Volume 4, Pyrales 2*. NAP édition, 440 p.
- LERAUT P. (1997). Liste systématique et synonymique des Lépidoptères de France, Belgique, et de Corse. 2ème édition, 526 p., Supplément à *Alexanor*.
- LUQUET G.C. (1968). Notes sur la faune de la banlieue ouest de Paris. *Alexanor* n°5. p. 353-365.
- MERIGUET B., BORGES A. & GADOUM S. (2019). *Inventaires entomologiques de l'autodrome de Linas (91) (Coléoptères, Orthoptères, Lépidoptères diurnes et nocturnes)* – Office pour les insectes et leur environnement – Utac Ceram – CIAE. Rapport d'étude. 54 p. + annexe et fichier de données.
- MERIGUET B., BORGES A., CARDIAL G. & HERVAULT R. (2017). *Inventaire entomologique de la réserve naturelle régionale des îles de Chelles (Coléoptères, Odonates, Lépidoptères, Orthoptères)*. Office pour les insectes et leur environnement – communauté d'agglomération Paris Vallée de la marne. Rapport d'étude. 76 p + annexes.

- MIRONOV V. (2003). *The Geometrid Moths Of Europe: Larentiinae II (Perizomini And Eupitheciini)* (Tome 4). Apollo Books. 464 p.
- MOTHIRON P. (2017). Réactualisation de la liste des Macrohétérocères d'Île-de-France. *Alexanor* Tome 28 : 271-285.
- MOTHIRON P. (2010). Inventaire commenté des Lépidoptères de l'Île-de-France, Tome 3 Bombycoïdes. *Supplément hors-série* au tome 23 d'*Alexanor*. 128 p.
- MOTHIRON P. (2001). Inventaire commenté des Lépidoptères de l'Île-de-France, Tome 2 Géomètres (Lepidoptera Geometridae). *Supplément hors-série* au tome 21 d'*Alexanor*. 164 p.
- MOTHIRON P. (1997). Inventaire commenté des Lépidoptères de l'Île-de-France, Tome 1 Noctuelles (Lepidoptera Noctuidae). *Supplément hors-série* au tome 19 d'*Alexanor*. 144 p.
- ORHANT G. & WAMBEKE S. (2011). *Atlas des papillons de nuit du Nord-Pas de Calais*. GDEAM. 484 p.
- PORTER J. (1997). *The colour Identification Guide to Caterpillars of the British Isles*. Viking edition. 275 p.
- PAWSON S. M. & BADER M. K.-F. (2014). LED lighting increases the ecological impact of light pollution irrespective of color temperature. *Ecological Applications* 24(7) : 1561-1568.
- RICKETTS T.H., DAILY G.C., EHRLICH P.R. & FAY J.P. (2001). Countryside biogeography of moths in a fragmented landscape : biodiversity in native and agricultural habitats. *Conservation Biology* 15 : 378 – 388.
- ROBINEAU R. *et al.* (2007). *Guide des papillons nocturnes de France*. Editions Delachaux et Niestlé. 288 p.
- RONKAY L. (2001). *Noctuidae Europaeae, Volume 5 Hadeninae II*. Apollo Books. 452 p.
- RONKAY L. & RONKAY G. (1994). *Noctuidae Europaeae, Volume 6 Cucullinae I*. Apollo Books. 282 p.
- RONKAY G. & RONKAY L. (1995). *Noctuidae Europaeae, Volume 7 Cucullinae II*. Apollo Books. 224 p.
- SEYMOURE B.M., LINARES C. & WHITE J. (2019). Connecting spectral radiometry of anthropogenic light sources to the visual ecology of organisms. *J. Zool.* 329 : 465.
- SORDELLO R., PAQUIER F. & DALOZ A. (2021). *Trame noire - Méthodes d'élaboration et outils pour sa mise en œuvre*. OFB. 116 p.
- SKINNER B. (1998). *The colour identification guide to Moths of the British Isles*. 2ème édition, Viking edition. 276 p.
- SKOU, P. & SIHVONEN P. (2015). *The Geometrid Moths Of Europe: Ennominae I. (Tome 5)*. A. Hausmann Editions. 657 p.
- STERLING P., PARSONS M. & LEWINGTON R. (2018). – *Field Guide to the Micro-Moths of Great Britain and Ireland*. Bloomsbury Wildlife edition.
- ULRICH R. (2020). *Hétérocères diurnes - France, Belgique, Suisse, Luxembourg*. Delachaux. 312 p.
- WARING P. & TOWNSEND M. (2006). *Field Guide to the Moths of Great Britain and Ireland*. Editions British Wildlife Publishing. 432 p.
- ZILLI A., RONKAY L. & FIBIGER M. (2005). *Noctuidae Europaeae, Volume 8 Apameini*. Apollo Books. 325p.

6.3 Coléoptères carabiques

- BOUGET C. & NAGELEISEN L., 2009. « Forest insect studies : methods and techniques. Key considerations for standardisation. An overview of the reflections of the “Entomological Forest Inventories” working group (Inv.Ent.For.) ». *Les Dossiers Forestiers*, 19 : 144. Office National des Forêts, 144p.
- CHAO A. & CHIU C-H., 2016. « Species Richness : Estimation and Comparison ». *Wiley StatsRef : Statistics Reference Online*. 1-26.
- COULON J., PUIPIER R., QUEINNEC E., OLLIVIER E. & RICHOUX P., 2011. « Coléoptères Carabiques, compléments aux volumes de René JEANNEL ». Tome 1 et 2, *Faune de France*, 94 et 95. Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles, Paris. 684 p.

- HORELLOU A., 2015. Les Amara de France continentale et de Corse. 25P.
- HSIEH T., MA K. & CHAO A., 2016. « iNext : an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers) ». Ecology and Evolution, 7 (12). 1451-1456.
- HURKA K., 1996. Carabidae of the Czech and Slovak Republics. ED. KABOUREK. 565P.
- R CORE TEAM, 2022. R : a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- RICHARD D. & MAQUART P. O., 2019. La vie des coléoptères d'Europe. Ed. Delachaux et Niestlé, 304P.
- ROGER J-L., JAMBON O. & BOUGER G., SANS DATE. Clé de détermination des Carabides - Paysages agricoles du Nord-Ouest de la France. 256P.
- SIMON A. (COORD.), 2020. Les scarabéides de Normandie, un atlas régional (Superfamille des Scarabaeoidea). Invertébrés Armoricaïns – Les Cahiers du Gretia, 21, 228P.
- TENAILLEAU M., DOR C., MAILLET-MEZERAY J., 2011. Synthèse bibliographique sur l'écologie des Carabidae ; Projet CASDAR « les entomophages en grandes cultures » : diversité, service-rendu et potentialités des habitats. ARVALIS, 73P.
- ZAGATTI P., MERIGUET B. & REISDORF PH., 2021. Catalogue des Coléoptères d'Île-de-France. Acorep-France, Fascicule XV – Atlas commenté des Carabidae, supplément au bulletin de liaison « le coléoptériste ». 24(2), 124P.

7. Sitographie

7.1 Hyménoptères Apoïdes et Syrphes

Atlas Hymenoptera [en ligne]. Consulté le 17 octobre 2022. Disponible à l'adresse : <http://zoologie.umons.ac.be/hymenoptera/default.aspx>.

Météo France. Bulletin climatique mensuel régional [en ligne]. Consulté le 17 octobre 2022 : https://donneespubliques.meteofrance.fr/?fond=produit&id_produit=129&id_rubrique=52.

7.2 Papillons

<https://inpn.mnhn.fr/accueil/index>

<https://geonature.arb-idf.fr/>

<https://oreina.org/artemisiae/index.php>

<https://cbnbp.mnhn.fr/cbnbp/biodiversite/especes.jsp>

<https://www.geoportail.gouv.fr/>

<https://www.legifrance.gouv.fr/>

<http://www.lepinet.fr/>

<https://lepiforum.org/>

<https://www.tela-botanica.org/>

<https://ukmoths.org.uk/>

7.3 Coléoptères carabiques

INPN (<https://inpn.mnhn.fr/accueil/index>). Consulté le 5 septembre 2022.

Le monde des insectes (<https://www.insecte.org>). Consulté 5 septembre 2022.

Coleonet (<http://coletonet.de/coleo/html/start.htm>). Consulté 5 septembre 2022.

TAXREF version 15 :

(<https://inpn.mnhn.fr/telechargement/referentielEspece/taxref/15.0/menu>).

OpenObs : <https://openobs.mnhn.fr/>. Consulté 5 septembre 2022.

Lexique

Abeille coucou/ cleptoparasite :

Les abeilles coucous ou abeilles cleptoparasites pondent leurs oeufs dans le nid d'autres abeilles sauvages, après que ces dernières ont amassées les provisions dans la cellule. Chez les bourdons, les coucous sont appelés psithyres : on trouve des intermédiaires entre la coexistence plus ou moins pacifique et le coup d'état avec massacre de la reine hôte. Les larves du Psithyre donneront seulement des mâles ou de futures reines qui seront élevés par les ouvrières de l'espèce hôte. Synonymes : cleptoparasite, inquiline (bourdons).

Aphidiphage :

Animal qui se nourrit de pucerons (aphidien).

Oligo-, méso- et polylectisme :

Le degré de fidélisation entre un insecte et la variété de plantes qu'il est susceptible de butiner est très variable. Beaucoup d'espèces dites polylectiques, comme certains bourdons ou l'Abeille domestique, fréquentent et pollinisent indifféremment un grand nombre de plantes. D'autres en butinent un nombre très faible et sont dits oligolectiques. Enfin, les espèces qui pollinisent ou qui ne fréquentent qu'une seule espèce sont monolectiques.

Phénologie :

Chronologie saisonnière des étapes des cycles de vie (changements chez les plantes et les animaux).

Phytophage :

Animal qui se nourrit de matière végétale.

Saprophages/microphages :

Animal qui se nourrit de matière en décomposition .

Sténoèce

Espèces nécessitant des conditions de vies particulières.

Abréviations

INPN	Inventaire national du patrimoine naturel
StN	Syrphe the net
Znieff	Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique

Table des figures

Figure 1 : Toponymie et éléments structurels du Potager du Roi.	8
Figure 2 : Phylogénie simplifiée des Hyménoptères Apoïdes.	9
Figure 3 : <i>Halictus scabiosae</i> mâle butinant une fleur de Cosmos au Potager du Roi. © T. BAYAN.	10
Figure 4 : mâle de <i>Cerceris</i> sp. sur Solidage au Potager du Roi. © T. BAYAN.	10
Figure 5 : <i>Eristalis</i> sp. butinant Marguerite géante au Potager du Roi. © T. BAYAN.	11
Figure 6 : Chasse à vue réalisée lors du passage du 11 août sur le Potager du Roi. © T. BAYAN.	15
Figure 7 : Méthode mise en place pour l'étude des Hyménoptères Apoïdes et des Syrphes. © T. BAYAN.	15
Figure 8 : Photographie d'un filet à papillon (a), d'appareils photos macroscopiques (b), d'un flacon de collecte avec un papillon à l'intérieur (c) et des pièces génitales de papillons (d). © A. Borges.	18
Figure 9 : Détermination à vue in situ, suite à une capture au filet (puis relargage du spécimen ; a), recherche « à vue » de chenilles de <i>Cucullia</i> sp. (Hétérocère – Noctuidae) sur <i>Verbascum</i> sp. (b), <i>Orthosia gothica</i> - la Gothique – (c) et observation du contenu des pièges à phéromones mouillant contenu d'un piège mouillant à phéromone : présence de 2 Sésies du Pommier - <i>Synanthedon myopaeformis</i> (d). © a, b et d : A. Borges ; © c : A. Jacobsohn.	19
Figure 10 : Schéma de la priorité à l'exhaustivité ou à la comparabilité de l'échantillonnage selon l'objectif de l'inventaire (d'après Nageleisen & Bouget, 2009 -p.18).	22
Figure 11 : (a) Dessin d'un piège Barber enterré, (b) image d'un piège Barber enterré avec une protection anti-pluie et un morceau de rubalise, (c) image sachets de prélèvements contenus dans un sachet commun et (d) image du tri des échantillons sous une loupe binoculaire avec la pose des individus sur une couche de coton. © dessin : B. Mériguet ; © images : V. Speckens.	22
Figure 12 : Schéma du potager du roi et images de l'emplacement des pièges. © photographies : V. Speckens.	24
Figure 13 : Exemple d'étiquette sur les sachets de récolte pour accompagner les échantillons tout au long du processus d'identification.	24
Figure 14 : Localisation des observations d'Hyménoptères Apoïdes et Syrphes lors des différentes sessions.	27
Figure 15 : Aperçu de la diversité en abeilles observée sur le Potager. a : <i>Hylaeus</i> , b : <i>Halictus</i> , c : <i>Lasioglossum</i> , d : <i>Bombus</i> , e : <i>Colletes</i> , f : <i>Anthidium</i> . © T. BAYAN.	29
Figure 16 : Lieu de nidification divers Hyménoptères Apoïdes sur le Potager du Roi a : Terrasse Sud, b : escalier nord-ouest du Grand Carré.	31
Figure 17 : Types de régimes alimentaires associés aux chenilles relevés sur le Potager du Roi en 2022.	35
Figure 18 : Plantes-hôtes associés aux chenilles relevés sur le Potager du Roi en 2022. Pour préciser, certaines espèces polyphages, sont placées dans plusieurs « catégories » lorsque celle-ci sont précisées pour des espèces spécialistes.	36

Figure 19 : Cartographie de la distribution des papillons recensés au cours de la campagne entomologique.....	37
Figure 20 : Richesse spécifique des carabiques en fonction de la zone échantillonnée.....	39
Figure 21 : Courbe d'extrapolation et raréfaction réalisée sur l'ensemble des données avec estimateur d'incertitude.....	40
Figure 22 : Abondance des carabiques en fonction de la zone échantillonnée.....	42
Figure 23 : Rareté des espèces de coléoptères carabiques en Île-de-France.....	42
Figure 24 : Répartition des espèces de coléoptères carabiques en Île-de-France.....	43
Figure 25 : Nombre d'espèces classé selon leur régime alimentaire en fonction de la zone considérée.....	45
Figure 26 : Nombre d'espèces classé selon leur préférence d'habitats en fonction de la zone considérée.....	45
Figure 27 : <i>Lasiommata maera</i> femelle - l'Ariane © A. Borges.....	47
Figure 28 : Chenilles grégaires d'Yponomeutes pouvant parfois impacter le rendement, mais non dangereux pour un arbre sain ©A. Borges.....	50

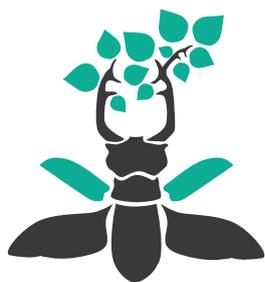
Table des tableaux

Tableau 1 : Correspondance retenue entre la codification StN et le caractère ‘‘fortement patrimonial’’ en France métropolitaine.	17
Tableau 2 : Statuts de rareté et de menace en Île-de-France.	19
Tableau 3 : Localisation des dispositifs Barber.	24
Tableau 4 : Réalisation des différentes tâches nécessaires à l’inventaire des Hyménoptères Apoïdes et de Syrphes.	25
Tableau 5 : Personnes associées aux actions autour du relevé des Hyménoptères Apoïdes et Syrphes.	25
Tableau 6 : Liste des genres d’abeilles observés sur le Potager du Roi.	28
Tableau 7 : Liste des genres de Sphéciformes observés sur le Potager du Roi.	29
Tableau 8 : Liste des espèces de syrphes observées sur le Potager du Roi.	30
Tableau 9 : Liste des espèces de Rhopalocères avec leurs plantes-hôtes, leurs habitats et leurs statuts de protection (sur deux pages).	33
Tableau 10 : Liste des espèces d’Hétérocères avec leurs plantes-hôtes, leurs habitats et leurs statuts de protection (sur deux pages).	34
Tableau 11 : Date d’activation des pièges.	38
Tableau 12 : Bilan pour cette campagne entomologique.	38
Tableau 13 : Personnes associées aux actions autour du relevé des coléoptères carabiques. ...	39
Tableau 14 : Diversité observée et diversité potentielle.	39
Tableau 15 : Espèces de coléoptères carabiques observées dans le Potager du Roi avec leurs préférences écologiques, leur rareté et leur répartition en Île-de-France.	44
Tableau 16 : Pratiques défavorables et favorables à la pérennisation des papillons (2 pages).	48
Tableau 17 : Liste des quatre espèces « indésirables » associés à leurs plantes-hôtes.	49

Annexes

Annexe 1 : Complétude d'échantillonnage et richesse théorique détaillée pour chaque zone prospectée pour l'inventaire des coléoptères saproxyliques.

	Effectifs	Richesse observée	Complétude d'échantillonnage	Richesse théorique	Effort théorique en effectifs à fournir pour atteindre cette richesse théorique
Total	202	25	0.9605	40.92	1550
Jardin_Duhamel1	96	14	0.9588	17.96	235
Jardin_Duhamel2	17	6	0.8306	10.24	145
Troisième_des_Onze	64	11	0.9546	12.48	190
Grand_Carré	24	7	0.8785	11.31	228
Figueraie	1	1	1.0000	1	/



OPIE

OFFICE POUR
LES INSECTES ET
LEUR ENVIRONNEMENT



SIÈGE SOCIAL

chemin rural n°7 – la Minière
BP30 – 78041 Guyancourt cedex

MAISON DES INSECTES

718 av du Dr Marcel Touboul
78955 Carrières-sous-Poissy

ANTENNE OCCITANIE

Centre de Biologie pour la Gestion des Populations
755, Av. du Campus Agropolis
CS 30016 – 34988 Montpellier / Lez cedex

Association
agrée par les ministères
chargés de l'environnement
et de l'éducation nationale

Membre de FNE et de l'UICN

SIRET : 318 223 666 000 13

L'Office pour les insectes et leur environnement agit en faveur de la biodiversité. L'association étudie et fait connaître ces animaux sous tous leurs aspects en rassemblant curieux, passionnés et experts. Elle œuvre pour une meilleure prise en compte des insectes dans les politiques publiques.