



**La science citoyenne comme outil pour étudier l'impact du paysage sur la biodiversité  
et la composition des communautés d'abeilles indigènes au Québec**

**Rapport final – Numéro de projet IA119082**

**30 novembre 2022**

### Rapport préparé par :

Valérie Fournier, Amélie Gervais, Anne Leboeuf, Frédéric McCune, Sabrina Rondeau (pour les affiliations, voir plus bas).

### Équipe de recherche :

- Valérie Fournier, PhD, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, chercheuse principale et directrice pour l'étudiante à la maîtrise
- Anne Leboeuf, Université Laval, étudiante à la maîtrise
- Amélie Gervais, PhD en entomologie et experte en taxonomie, appui scientifique
- Sabrina Rondeau, PhD en entomologie, spécialisation en abeilles sauvages, appui scientifique et webmestre
- Frédéric McCune, MSc, Université Laval, professionnel de recherche, soutien technique

À ce groupe de pilotage, s'ajoutent les collaborateurs externes suivants :

- Maxim Larrivée, PhD et directeur de l'Insectarium de Montréal; lui et son équipe de l'Insectarium (principalement André-Philippe Drapeau-Picard, MSc, et Xinbao Zhang, programmeur) ont offert un grand appui scientifique et technique, notamment pour le développement de la plate-forme web;
- Véronique Martel, PhD et chercheuse à Ressources naturelles Canada, appui scientifique;
- Marc Bélisle, PhD et chercheur à l'Université de Sherbrooke, appui à venir pour l'analyse des données spatiales

Ce projet est financé par l'entremise du programme Innov'Action Agroalimentaire, en vertu du Partenariat canadien pour l'agriculture, entente conclue entre les gouvernements du Canada et du Québec.

 PARTENARIAT  
CANADIEN pour  
L'AGRICULTURE

Canada Québec  

## Table des matières

Faits saillants .....	5
Mise en contexte .....	6
Objectifs.....	7
Méthodologie .....	8
Outils de communication .....	8
Recrutement des participants .....	8
Protocole de collecte et envoi du matériel .....	9
Travail en laboratoire .....	10
Espace Participants - Plateforme en ligne .....	10
Analyse des données .....	11
Résultats .....	13
Description des participants.....	13
Description des sites.....	17
Richesse en genres et en espèces .....	18
Impact du paysage.....	19
a. Description des paysages à l'intérieur des rayons de 250m, 500m et 2000m.....	19
b. Relations entre le paysage et les pollinisateurs .....	20
Discussion, limites et recommandations.....	24
Effet du paysage .....	24
Effet des éléments locaux .....	25
Effet de la latitude .....	25
Limites et recommandations pour une suite. ....	25
Remerciements .....	27
Annexes .....	28
Annexe 1 - Travail de conception du logo Abeilles citoyennes .....	28
Annexe 2 – Protocole standardisé de collecte des insectes par les citoyens.....	28
Annexe 3 – Clés d'identification .....	28
Annexe 4 – Questionnaire initial – section Mon profil.....	28
Annexe 5 – Questionnaire initial – section Mon site .....	28
Annexe 6 – Carte des sites .....	28
Annexe 7 – Affichette pour les participants.....	28
Annexe 8 – Présentation aux apiculteurs.....	28

Annexe 9 – Promotion du projet pour recrutement .....	28
Annexe 10 – Blogue Agri-réseau .....	28
Annexe 11 – Bulletins diffusés aux participants.....	28
Annexe 12 – Présentation SEQ 2019 .....	28
Annexe 13 – Présentation SEC 2021 .....	28
Annexe 14 – Liste des espèces et des genres selon la région de collecte.....	28
Annexe 15 – Quiz pour les ateliers .....	28
Annexe 16 – Photos des ateliers .....	28
Références.....	29

## Faits saillants

De 2019 à 2021, 131 personnes ont participé à la récolte d'échantillons d'insectes pour documenter la diversité d'insectes pollinisateurs (abeilles sauvages et syrphes) sur 161 sites répartis dans tout le Québec rural.

S'il s'est avéré relativement facile de recruter des participants non-agriculteurs, cela a été plus difficile de convaincre des producteurs maraîchers et d'autres productions dont le calendrier est déjà très chargé pendant la saison de butinage des pollinisateurs.

La participation des citoyens a permis de couvrir un très grand territoire, ce qui est difficile avec un design expérimental classique.

Diverses activités de transfert ont permis d'informer et de sensibiliser les participants.

La plupart des citoyens participants sont devenus à leur tour des acteurs importants de la sensibilisation.

Un total de 16 044 insectes pollinisateurs (13 558 abeilles et 2 486 syrphes) ont été échantillonnés durant les trois années qu'a duré le projet. Les abeilles capturées représentaient 252 espèces réparties en 33 genres. Du côté des syrphes, un total de 86 espèces qui appartiennent à 39 genres ont été échantillonnées.

Le genre *Lasioglossum* est de loin le genre le plus riche avec 78 espèces identifiées durant les trois années du projet. C'est aussi le genre le plus représenté en nombre d'individus. Du côté des syrphes, le genre le plus représenté est *Toxomerus*.

Les paysages ont été évalués à différents rayons, soit 250m, 500m et 2000m.

Dans un rayon de 2000m, davantage de genres de pollinisateurs étaient retrouvés dans les paysages caractérisés par les productions maraîchères et fruitières, les parcs ou les milieux urbains que dans les paysages caractérisés par la culture de maïs, de soya et de foin, les pâturages ou les forêts.

Aucun effet du paysage sur les pollinisateurs n'a été détecté aux rayons de 250 et 500m.

La latitude des sites semblait exercer une influence sur le nombre d'espèces et sur l'indice de Simpson (indice de diversité), de sorte que plus la latitude des sites était élevée, moins la richesse spécifique et l'indice de Simpson étaient élevés.

## Mise en contexte

Les services écosystémiques fournis par les insectes pollinisateurs sont essentiels à la production agricole et contribuent au rendement agricole d'environ 35 % de la production alimentaire mondiale, incluant la majorité des fruits, des légumes, des noix et des graines (1). Par leurs activités de butinage, les pollinisateurs soutiennent 75 % des 115 principales espèces cultivées pour l'alimentation humaine dans le monde (1). Or, bien que l'abeille domestique (*Apis mellifera*) soit régulièrement utilisée commercialement pour la pollinisation des cultures, des communautés de pollinisateurs plus diversifiées fournissent des services de pollinisation plus stables et efficaces (2).

À ce jour, un peu plus de 900 espèces d'abeilles ont été répertoriées au Canada (3). Toutefois, les connaissances sur la diversité de la faune pollinisatrice québécoise restent associées à des milieux particuliers, notamment les villes de Montréal et de Québec (4) et des bleuetières, des cannebergières, des vergers et d'autres lieux de production horticole et maraîchère (5-7), ce qui limite notre vision globale et notre capacité d'intervention en termes de conservation et d'amélioration des services de pollinisation.

Plusieurs facteurs peuvent affecter la diversité de la faune pollinisatrice. Un des facteurs les plus importants est la disponibilité d'habitats de qualité. Pour les pollinisateurs sauvages, un habitat de qualité implique la présence d'aires de butinage riches en plantes nectarifères et pollinifères et une disponibilité de sites de nidification adéquats. Le rôle du paysage est donc majeur pour expliquer la diversité des pollinisateurs sauvages (5, 8). Par exemple, la présence d'habitats naturels et semi-naturels adjacents aux terres agricoles influence fortement l'abondance et la richesse en espèces des communautés d'abeilles sauvages dans les systèmes de culture nécessitant la pollinisation animale (9). Le degré d'urbanisation d'un milieu, la présence de parcs, le type de cultures et les pratiques agricoles sont d'autres facteurs pouvant influencer les communautés (10, 11).

Afin de mieux connaître la composition des communautés d'abeilles sauvages et de syrphes présents sur le territoire rural québécois, nous avons fait appel à une contribution citoyenne. L'engagement du grand public dans des activités de recherche scientifique, plus communément appelée « science citoyenne » ou « science participative » est une approche de plus en plus utilisée pour des études sur la biodiversité (12-15). Plusieurs études récentes ont d'ailleurs démontré que la science citoyenne est une approche pratique et efficace pour récolter des données de biodiversité à travers de vastes étendues géographiques (16, 17).

La surveillance des pollinisateurs indigènes peut fournir des données cruciales pour répondre rapidement aux menaces auxquelles ils sont confrontés, ainsi que des informations à long terme sur les tendances et l'efficacité des interventions de conservation (18). En ayant recours à la science citoyenne, le projet visait à effectuer un inventaire de la faune pollinisatrice à l'échelle du Québec et à évaluer l'influence du paysage sur les communautés d'abeilles qui y sont présentes.

## **Objectifs**

Ce projet a pour objectif principal de décrire, à l'aide de la science citoyenne, la diversité des abeilles sauvages et des syrphes présents sur le territoire rural du Québec. Plus spécifiquement, il vise à :

- Caractériser les communautés d'abeilles indigènes et de syrphes dans différentes régions et paysages du Québec
- Évaluer si certains éléments du paysage favorisent l'abondance et la richesse en espèces de ces communautés selon la région.
- Émettre des recommandations pour favoriser la biodiversité des pollinisateurs.
- Sensibiliser le public à l'importance des insectes pollinisateurs.

## **Méthodologie**

### ***Outils de communication***

La récolte des échantillons a reposé sur la contribution des citoyens qui ont été invités à participer. Pour favoriser le recrutement et la communication avec les participants, divers outils ont été élaborés et utilisés :

- Un nom de projet
- Un logo
- Un [site web](#)
- Une adresse courriel
- Une vidéo de recrutement
- Une [page Facebook](#) et un [compte Twitter](#)

L'équipe du projet a opté pour le nom « Abeilles citoyennes ». Ce nom a été choisi parce qu'il évoquait en même temps la cible du projet, les abeilles, et l'approche participative qui allait permettre de récolter des spécimens à travers le Québec. Simple d'usage et évocateur.

La conception du logo a été confiée au STUDIO Jeune Coop du Cégep de Ste-Foy. Le projet de conception est présenté à l'annexe 1. Ce logo a ensuite été utilisé pour toutes les activités de communication liée au projet Abeilles citoyennes.

Un [site web](#) a été créé pour présenter le projet au grand public, y déposer les documents d'intérêt pour les participants et, dans un deuxième temps, y lier une plateforme en ligne pour les participants, soit l'[Espace Participants](#) (décrite plus loin dans une section spécifique). C'est aussi sur le site web qu'a été déposée la vidéo de recrutement.

La page Facebook et le compte Twitter ont été développés spécifiquement pour faciliter le recrutement.

Les communications avec les participants se sont faites principalement par courriel, à partir de l'adresse suivante qui a été spécialement créée pour le projet : [abeillescitoyennesqc@gmail.com](mailto:abeillescitoyennesqc@gmail.com). Des bulletins d'information et de mise à jour ont été acheminés aux participants tout au long du projet (voir Annexe 11). Ces bulletins avaient pour objectif de maintenir la motivation des participants afin qu'ils réalisent les échantillonnages attendus et qu'ils envoient leurs récoltes à la fin de chaque saison. Ils ont aussi permis de les sensibiliser à l'écologie des abeilles sauvages, aux principaux enjeux vécus par les pollinisateurs et aux moyens qui peuvent être mis en œuvre pour y remédier.

### ***Recrutement des participants***

Abeilles citoyennes s'adressait à deux catégories de participants :

- Les producteurs agricoles, notamment les producteurs maraîchers et de fruits dont la production dépend beaucoup de la pollinisation par les insectes.
- Les citoyens individuels ou corporatifs (par ex. Centres de la petite enfance (CPE), écoles).

La seule condition pour participer était d'avoir accès à un site d'échantillonnage (ex. ferme, cour arrière, grand jardin, clairière) dans une des régions rurales visées par le projet<sup>1</sup>. Le site devait respecter certains critères qui sont présentés dans la section sur le protocole.

Les stratégies pour recruter des participants ont été multiples et ont varié au cours des 3 années du projet pour s'adapter à ce qui avait fonctionné ou pas. En 2019, première saison du projet qui était dans une phase pilote et qui ne couvrait que la période de juillet à septembre, le recrutement a principalement visé des agriculteurs et des personnes de l'entourage des membres de l'équipe de recherche. L'objectif était de tester et d'ajuster notre protocole et nos outils avant de lancer le recrutement à l'échelle du Québec (cible de 30 participants pour cette première saison-pilote). Nous avons aussi présenté le projet lors de la Journée d'innovation sur l'horticulture maraîchère organisée par le Camp agricole de l'Université Laval, le vendredi 12 juillet 2019, à Sainte-Anne-de-Beaupré. Ainsi, la stratégie générale, le protocole et les autres outils ont été adaptés durant l'automne 2019 et l'hiver 2020 en fonction des constats et observations recueillis grâce à cette saison-pilote. Les saisons 2020 et 2021 ont constitué le plein déploiement du projet.

En prévision des saisons 2020 et 2021 et en considérant les constats de la saison-pilote, les activités suivantes ont été réalisées pour recruter des participants :

- [Présentation lors de la Journée d'information apicole](#), 16 novembre 2019 (Annexe 8).
- Article dans la revue L'Abeille de l'automne 2019
- Présentation éclair au Congrès annuel du CSBQ, 20 décembre 2019, Montréal.
- Entrevue avec Mireille Roberge à l'émission Première heure de Radio-Canada, 28 mai 2020.
- Invitation à participer envoyée à tous les étudiants stagiaires à la ferme de la Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation de l'Université Laval.
- Invitation lancée sur la page Facebook et sur le compte Twitter aux printemps 2020 et 2021.
- [Blogue Agri-Réseau](#) en mai 2020 (Annexe 10).
- Communications, au printemps 2021, avec plusieurs conseils régionaux de l'environnement pour les régions peu couvertes en 2020 (Abitibi-Témiscamingue, Saguenay-Lac-Saint-Jean, Bas-Saint-Laurent, Laurentides).
- Communications avec plusieurs CPE dans différentes régions.

### ***Protocole de collecte et envoi du matériel***

Notre protocole de collecte a été élaboré à partir de la méthode standardisée des pièges-bols (19), adaptée pour une mise en œuvre par des citoyens bénévoles qui n'ont pas d'expérience ni de formation en entomologie. Ainsi, considérant que nous devons envoyer le matériel par messagerie à tous les participants, nous avons choisi un échantillonnage à 9 bols (3 jaunes, 3 bleus et 3 blancs) placés à intervalle de 3 mètres, ou moins si l'espace disponible manquait.

---

<sup>1</sup> Toutes les régions étaient ciblées, sauf la ville de Québec et la région urbaine de Montréal.

L'échantillonnage devait toujours se dérouler sur le même site et être répété une fois par mois pour un total de 5 échantillonnages par saison. Le site devait respecter les caractéristiques suivantes : être dans un espace ouvert, c'est-à-dire sans arbres ni arbustes directement au-dessus des bols, avoir une bonne exposition au soleil, être couvert d'une végétation basse ou de sol nu, et être peu fréquenté pour éviter que les bols ne soient manipulés ou bousculés en cours d'échantillonnage.

Lors de l'échantillonnage, les 9 bols étaient remplis d'eau du robinet à laquelle le participant devait ajouter quelques gouttes de savon à vaisselle pour favoriser les captures. Les bols étaient laissés en place 24 heures. Après ce temps, tous les insectes piégés étaient récoltés à l'aide d'une épuisette et placés dans un sac Whirl-Pak où ils étaient recouverts d'alcool éthylique, puis placés au congélateur jusqu'à l'envoi au laboratoire en fin de saison.

Pour réaliser ces échantillonnages, les participants ont reçu une trousse au début de chaque saison. Dans la trousse, on trouvait : une copie du protocole, 9 bols de plastique de 12 oz. (3 blancs, 3 bleus et 3 jaunes), une épuisette, 5 sacs Whirl-Pak pré-identifiés, un petit contenant de savon à vaisselle, un contenant d'alcool éthylique 70%, un compte-goutte/pipette, un grand sac Ziploc, une enveloppe matelassée et une enveloppe préaffranchie ExpressPost pour l'envoi des échantillons au laboratoire en fin de saison. En plus du matériel de la trousse, les participants avaient besoin d'un contenant de 4 ou 5 litres vide et propre pour préparer l'eau savonneuse à mettre dans les bols. Le protocole complet est disponible à l'annexe 2.

### **Travail en laboratoire**

Tous les échantillons récoltés par les participants ont été envoyés à l'Université Laval, au laboratoire d'entomologie de Valérie Fournier. Les échantillons y ont été triés au binoculaire pour conserver les abeilles et les syrphes. Les spécimens d'abeilles ont été lavés à l'eau savonneuse, rincés et séchés avant d'être épinglés et étiquetés. Les spécimens de syrphes ont subi un trempage de 6 heures dans un mélange de 1:1 d'acétate d'éthyl 100 %/alcool éthylique 95 % suivi d'un trempage de 6 heures dans de l'acétate d'éthyl 100 %. Ils ont ensuite été épinglés après un séchage à l'air libre de quelques minutes.

Lorsque possible, les spécimens ont été identifiés morphologiquement à l'espèce par des membres de l'équipe de recherche. Lorsqu'impossible, l'identification a été faite au genre.

Plusieurs clés et outils ont été utilisés pour les identifications taxonomiques. L'identification au genre des abeilles s'est faite à l'aide de la clé de Packer et al (20), avec quelques adaptations, notamment pour les genres *Mellita* et *Pseudopanurgus* qui étaient absents de la clé. L'identification au genre des syrphes s'est faite à l'aide de la clé en ligne de Miranda et al (21). Pour l'identification à l'espèce, la liste des clés et outils est disponible à l'annexe 3.

### **Espace Participants - Plateforme en ligne**

Une plate-forme en ligne sécurisée a été développée afin de récolter des données sur le profil des participants et sur leurs sites et dans le but de rendre disponible les résultats de leurs collectes. Cette plate-forme a été développée par M. Xinbao Zhang, consultant pour l'Insectarium de Montréal et développeur de plusieurs applications web de science citoyenne tel que eButterfly,

Mission Monarque et eTick, avec l'aide de l'équipe de recherche. Elle est liée au site web Abeilles citoyennes et les deux menus sont intégrés.

Cette plate-forme se compose des éléments suivants :

- Accueil
  - C'est la porte d'entrée pour le dossier protégé de chaque participant – accessible avec un nom d'utilisateur et un mot de passe. L'adresse courriel du participant doit être ajoutée par un administrateur pour qu'il ait le droit de créer son profil et de consulter son dossier.
- Une section Mon profil
  - En début de projet, chaque participant devait remplir un court questionnaire sur la plate-forme en ligne. Ce questionnaire est présenté à l'annexe 4. Les questions posées ont permis de décrire le profil des participants, leur niveau de connaissances et leurs attitudes face aux pollinisateurs sauvages et leurs motivations à participer au projet Abeilles citoyennes.
- Une section Mon site
  - Le participant y géo-positionne son site d'échantillonnage sur une carte, il le décrit et peut y télécharger des photos du site.
  - C'est dans cette section que le participant retrouve la liste des spécimens d'abeilles et de syrphes qui ont été trouvés dans ses échantillons. Ces récoltes sont listées et représentées graphiquement pour mettre en lumière la proportion de chaque genre en termes d'abondance et de nombre d'espèces. Voir un exemple à l'annexe 5.
- Section Carte des sites
  - Cette section est la seule qui soit accessible au grand public et qui ne requiert pas de mot de passe. Elle permet de cartographier tous les spécimens qui ont été récoltés en les associant au point GPS de la récolte. Voir l'annexe 6.

### ***Analyse des données***

Deux logiciels ont été utilisés pour effectuer les analyses, soit QGIS pour traiter le paysage et R, avec les packages vegan et AICcmodavg, pour les analyses statistiques.

Les données de paysage proviennent de deux distributeurs, soit la Financière agricole du Québec (FADQ) et le Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation (MAMH). Les [données de la FADQ](#) nous permettent d'obtenir de l'information sur les cultures qui ont été plantées en 2021. Cette donnée n'est cependant pas parfaite, puisqu'elle n'inclut que les cultures qui étaient assurées. Pour compléter le portrait des paysages associés aux sites d'étude, les données du MAMH, provenant du [portrait provincial en aménagement du territoire](#) (PPAT), permettent d'obtenir les grandes affectations du sol, tels que la forêt, le milieu urbain, les parcs, les milieux humides, etc. Les paysages à 250, 500 et 2000 mètres autour des sites ont été extraits des bases de données mentionnées plus haut et analysés. Pour faciliter l'analyse (et limiter le nombre de variables utilisées), les paysages ont été mathématiquement représentés grâce à deux axes de variation en utilisant une analyse en composante principale (PCA) (22).

Les différentes affectations du territoire ont été classées en 11 types, soit le milieu hydrique (fleuve et grosses rivières), les forêts, les parcs, le milieu urbain, le milieu rural (qui inclut ce qui était considéré comme agricole par le PPAT, mais qui n'était associé à aucune culture en particulier), les céréales (avoine, seigle, blé, épeautre, lin, millet, orge, triticale, etc...), le maïs/soya, les pâturages/foin, les cultures maraichères (qui inclut tous les légumes) et les cultures fruitières (fraises, framboises, pommes, bleuets, melons, etc..). Ces 11 variables ont été utilisées pour décrire les différents paysages à l'étude.

Les variables dépendantes sélectionnées, soit la richesse en genres, la richesse en espèces ainsi que l'indice de biodiversité de Simpson, ont été mises en relation avec les deux axes décrivant chacun des paysages. L'indice de Simpson a été sélectionné puisqu'il est le plus facile à interpréter. La valeur obtenue représente la chance de rencontrer une nouvelle espèce lors de la prochaine capture. Ainsi, un indice de Simpson de 45 % signifie que lors de la prochaine capture, il y a 45 % de chance de capturer une espèce différente de celle capturée précédemment.

Une sélection de modèles basée sur le critère d'Akaike (AIC) a été effectuée pour sélectionner l'échelle qui explique le mieux les variables dépendantes. Un modèle linéaire régulier (LM) a été utilisé pour l'indice de Simpson; un modèle linéaire généralisé (GLM) avec une distribution de Poisson a été utilisé pour le nombre de genres et, finalement, un modèle linéaire généralisé avec une distribution binomiale négative a été sélectionné pour le nombre d'espèces. Ensuite, une moyenne de l'effet de la variable explicative (*model veraging*) pour chacun des modèles a été calculée. Des variables locales fournies par les participants comme la présence de sable, de sol nu, de branches ou de bois mort dans un rayon de 25m du site ainsi que la latitude du site ont été ajoutées dans certains modèles pour tester leur effet sur la diversité. Certains sites ont été retirés de la présente analyse puisque les variables locales n'ont pas été partagées par les participants. Le tableau 1 présente la liste des modèles candidats qui ont été testés pour chacune des variables dépendantes discutées précédemment.

Tableau 1. Liste des modèles candidats utilisés pour évaluer l'impact du paysage sur les différents indices de biodiversité des pollinisateurs indigènes retrouvés à l'étude.

# du modèle	Liste des modèles candidats
1	Modèle 1 : Variable dépendante ~ 1 (modèle nul)
2	Variable dépendante ~ Latitude
3	Variable dépendante ~ Sable + Bois morts + Branches
4	Variable dépendante ~ Axe 1 (250m) + Axe 2 (250m)
5	Variable dépendante ~ Axe 1 (500m) + Axe 2 (500m)
6	Variable dépendante ~ Axe 1 (2000m) + Axe 2 (2000m)
7	Variable dépendante ~ Axe 1 (250m) + Axe 2(250m) + Latitude
8	Variable dépendante ~ Axe 1 (250m) + Axe 2(250m) + Sable + Bois mort + Branches
9	Variable dépendante ~ Axe 1 (500m) + Axe 2(500m) + Latitude
10	Variable dépendante ~ Axe 1 (500m) + Axe 2(500m) + Sable + Bois mort + Branches
11	Variable dépendante ~ Axe 1 (2000m) + Axe 2(2000m) + Latitude
12	Variable dépendante ~ Axe 1 (2000m) + Axe 2(2000m) + Sable +Bois mort + Branches

## Résultats

### Description des participants

Au total, 131 participants différents ont assuré l'échantillonnage sur 161 sites. Le profil de ces participants variait beaucoup. Ainsi, 24 % étaient âgés de 18 à 34 ans, 31 % de 35 à 49 ans, 26 % de 50 à 64 ans et 17% de 65 ans et plus. Ces participants étaient principalement des employés (54 %) ou des retraités (20 %). Les travailleurs autonomes (8 %), les étudiants (7 %) et les entrepreneurs (6 %) étaient moins fréquents. La figure 1 présente la distribution des participants selon leur âge et leur occupation.

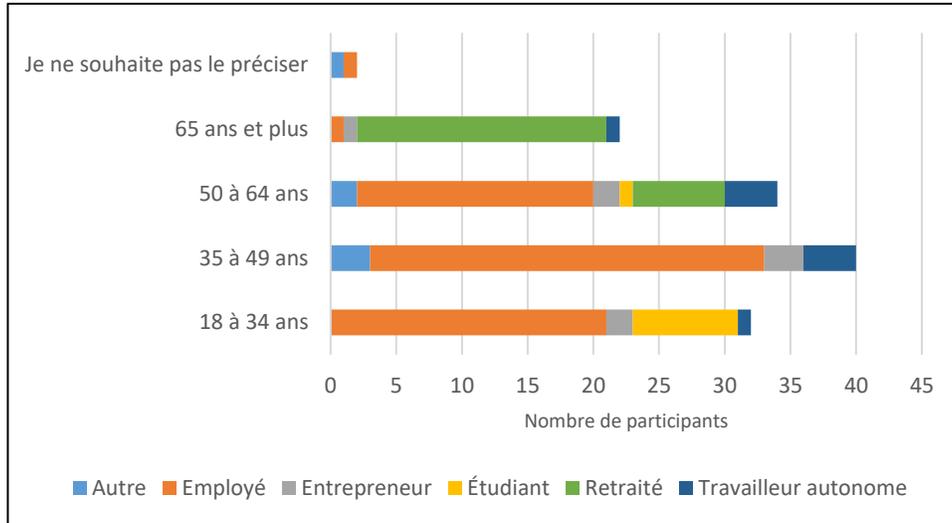


Figure 1. Âge et occupation des participants au projet Abeilles citoyennes

Parmi les participants, le nombre de femmes (58 %) était légèrement supérieur au nombre d'hommes (39 %) et la grande majorité avaient une formation universitaire (73 %) (figure 2).

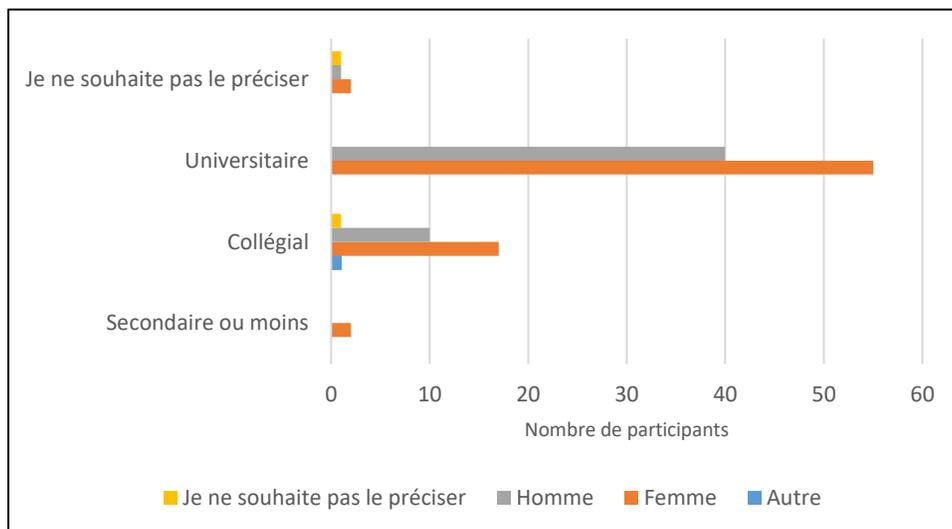


Figure 2. Genre et scolarité des participants au projet Abeilles citoyennes

La distribution géographique des participants est présentée à la figure 3. Bien que les participants provenaient de presque toutes les régions, la Capitale-Nationale et Chaudière-Appalaches sont les mieux représentées avec respectivement 18,3 et 17,6 % des participants. Cela est probablement lié au fait que ces régions sont périphériques à la ville de Québec où est basée l'équipe de recherche. L'Estrie (9,9 %) et la Montérégie (9,2 %) viennent ensuite. Il faut noter que certains participants ont assuré l'échantillonnage sur plus d'un site, et donc que la distribution géographique des sites est un peu différente de celle des participants (voir la section suivante). Parmi ces participants qui ont couvert plus d'un site, il faut noter la participation de Gestrie-Sol, un club-conseil en agroenvironnement de Granby qui a assuré l'échantillonnage sur 10 sites agricoles du territoire qu'il dessert.

Bien que notre objectif fût de favoriser la participation de producteurs agricoles, principalement horticulteurs, ce groupe a été plus difficile à recruter et à garder. Ainsi, 22 % des participants étaient des producteurs maraîchers/horticoles ou d'autres productions agricoles, 66 % étaient des citoyens individuels et 11 % des citoyens corporatifs (figure 3). Parmi les citoyens corporatifs, on compte notamment des CPE et garderies, des parcs nationaux et des jardins communautaires.

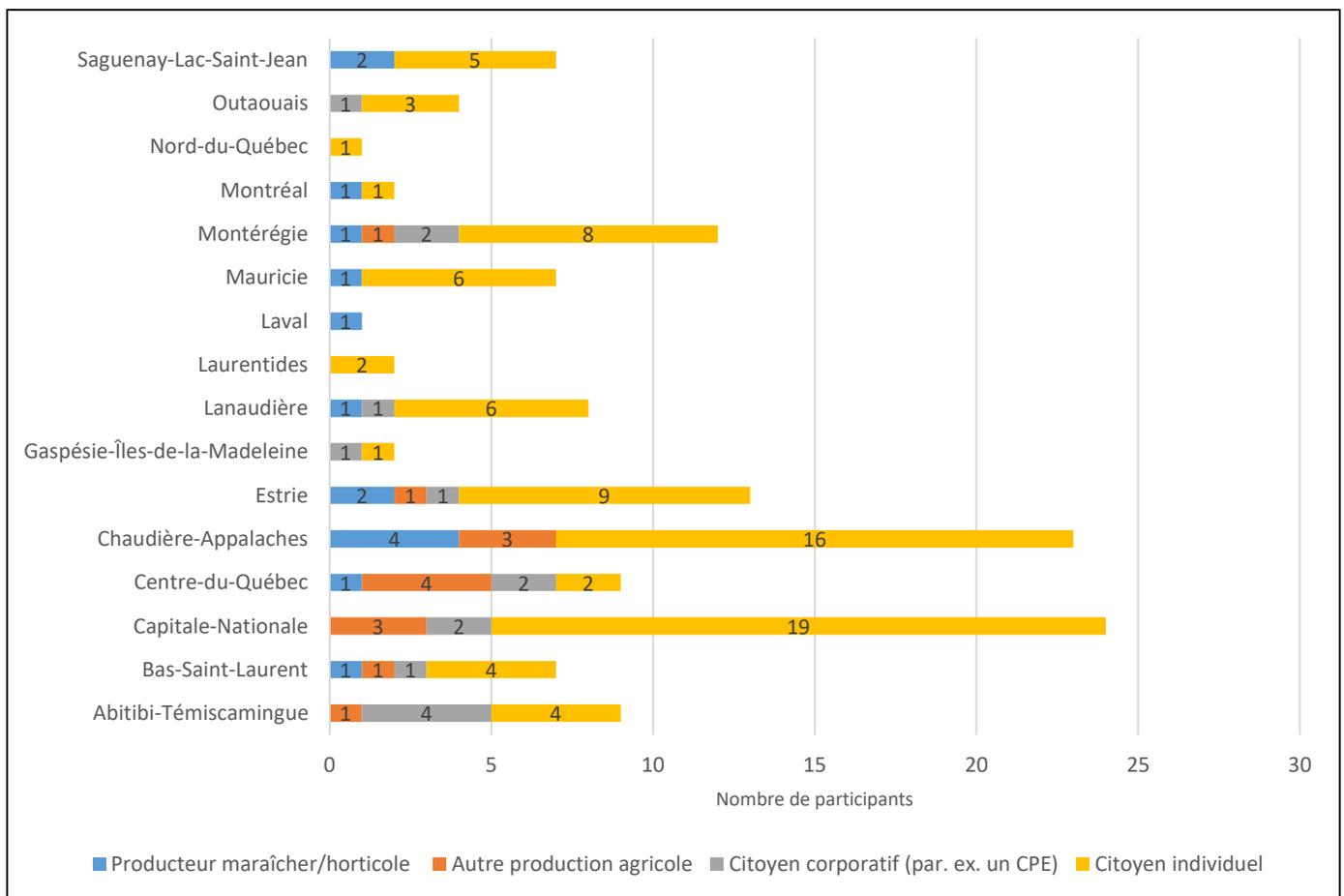


Figure 3. Région et catégorie des participants au projet Abeilles citoyennes

En début de projet, les participants au projet Abeilles citoyennes ont répondu à quelques questions qui visaient à mieux cibler leurs motivations et leur degré de connaissances préalables. Ces réponses témoignent d'un niveau de sensibilisation et d'engagement passablement élevé, et ceci avant même leur contribution à Abeilles citoyennes. Ainsi, la figure 4 montre que 35,9 % avaient déjà été impliqués dans un projet de recherche en tant que collaborateur, 20,6 % en tant que chercheur et 19,8 % en tant que citoyen dans un projet de science citoyenne.

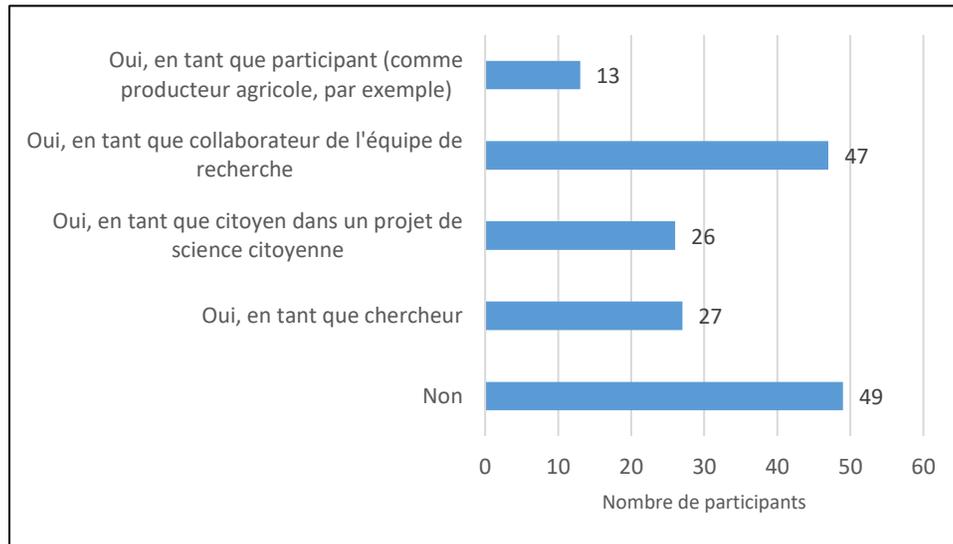


Figure 4. Participation antérieure à un projet scientifique

À la question « Pourquoi avez-vous accepté de participer au projet Abeilles citoyennes », 77,9 % ont indiqué que c'était parce que les abeilles sauvages sont importantes pour la biodiversité. Le même nombre de répondants ont mentionné que c'était une opportunité de contribuer à la recherche scientifique. (Figure 5)

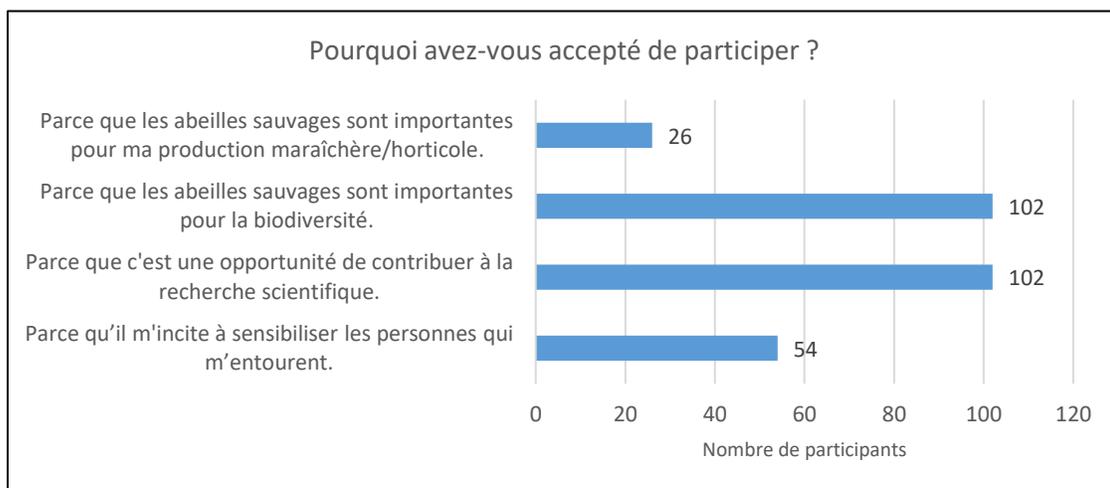


Figure 5. Raisons invoquées pour participer au projet Abeilles citoyennes

Les participants étaient ensuite invités à dire s'ils étaient d'accord avec les énoncés suivants, en plaçant leur réponse sur une échelle de 1 à 5, 1 signifiant « pas du tout d'accord » et 5 signifiant « tout à fait d'accord ». Si, en début de projet, la plupart se disent bien informés sur les enjeux généraux de biodiversité et qu'ils agissent en conséquence dans leurs pratiques, ils se sentent moins renseignés en ce qui a trait spécifiquement aux abeilles sauvages. (Figure 6 a, b, c, d, e).

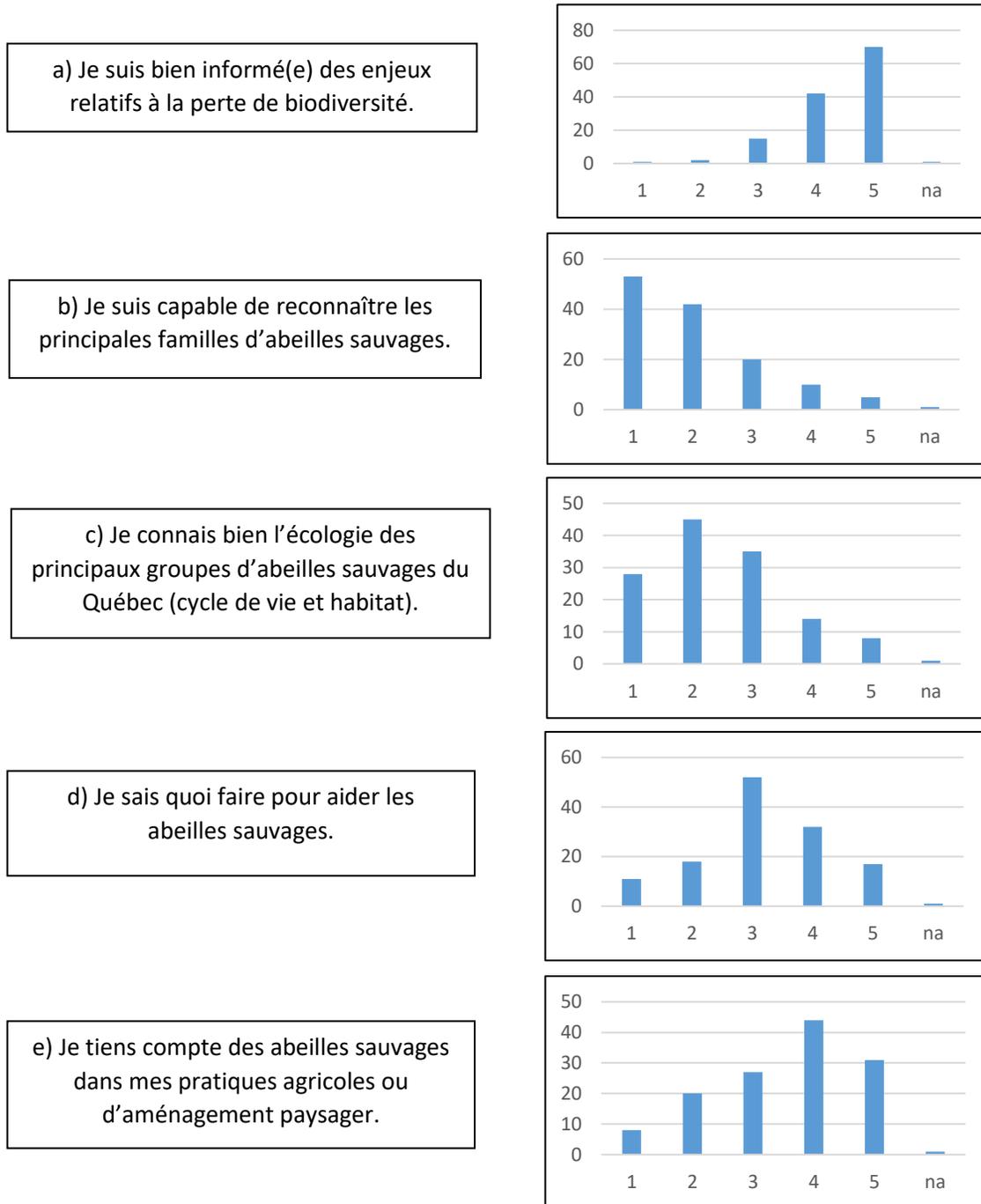


Figure 6. Perceptions des participants. 1 = pas du tout d'accord, 5 = tout à fait d'accord

### Description des sites

De 2019 à 2021, un total de 161 sites différents localisés dans la majorité des régions du Québec méridional ont fait l'objet de récoltes mensuelles. Le nombre a varié selon les années, soit :

- En 2019 : 21 sites de juillet à septembre (année pilote).
- En 2020 : 132 sites de juin à octobre.
- En 2021 : 104 sites de mai à septembre.

La répartition géographique des sites est présentée à la figure 7. Rappelons que la distribution des sites entre les régions diffère de celle des participants parce que certains participants étaient responsables de l'échantillonnages de plusieurs sites. Cette figure témoigne de la proportion importante des sites en territoire agricole et de la pertinence des sites échantillonnés pour faire état de la diversité des abeilles sauvages et des syrphes en zones agricoles.



Figure 7. Représentation géographique et agricole des sites du projet Abeilles citoyennes.

En début de projet, les participants étaient invités à décrire la végétation du site d'échantillonnage et de sa périphérie dans un rayon de 100 mètres. Ils devaient indiquer le pourcentage de

couverture de chacun des éléments suivants : cultures maraîchères, grandes cultures, plantes sauvages, arbres, sol nu, pelouse, eau, béton, prairies et pâturages et autre. Cette information est disponible pour 119 sites.

La répartition des réponses est présentée à la figure 8 pour chacun de ces types de végétation ou milieu.

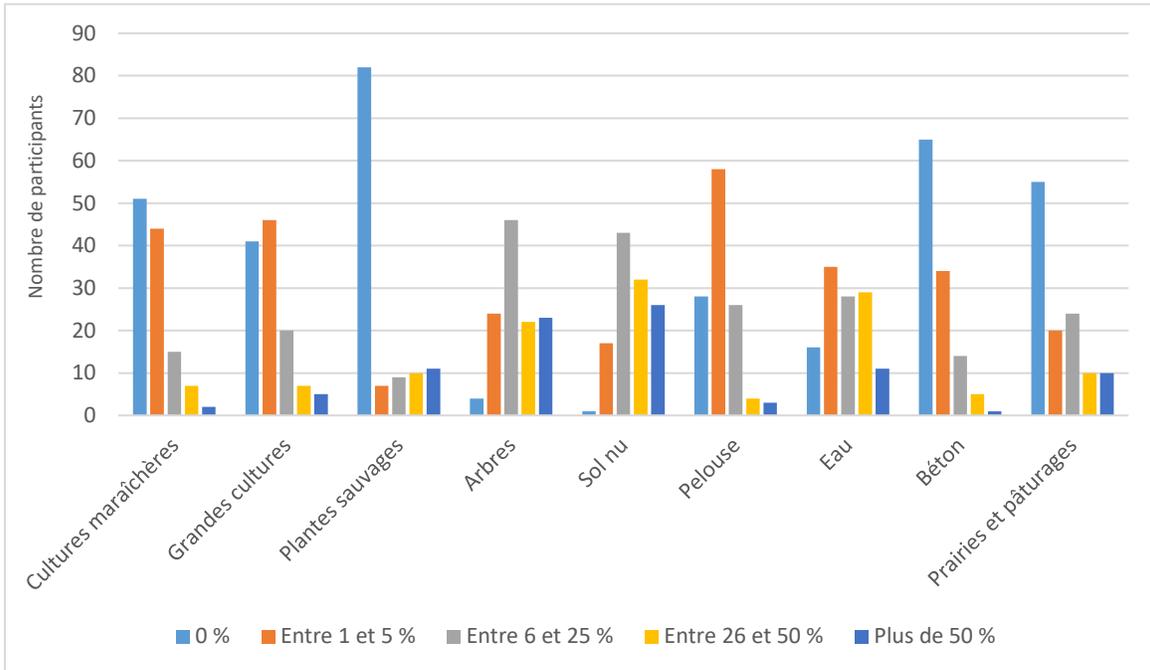


Figure 8. Végétation au site d'échantillonnage et dans un rayon de 100 mètres.

Il faut noter que, selon les participants, 68,9 % des sites avaient 0 % de plantes sauvages dans un rayon de 100m autour de leur site d'échantillonnage et 54,6 % avaient 0 % de prairies et pâturages dans cette même zone, ces deux types de végétation étant pourtant bénéfiques aux pollinisateurs sauvages.

### **Richesse en genres et en espèces**

Pour les trois années du projet, 16 044 insectes pollinisateurs ont été capturés, soit 13 558 abeilles et 2 486 syrphes. Un total de 252 espèces d'abeilles provenant de 33 genres ainsi que 86 espèces de syrphes provenant de 39 genres ont été échantillonnées et identifiées dans le cadre du projet. À noter que la plupart des abeilles des genres *Andrena*, *Nomada* et *Sphecodes* n'ont pas été identifiées jusqu'à l'espèce et sont donc considérées comme « sp » pour l'analyse.

En moyenne, trois genres (minimum 0, maximum 13) et 12 espèces différentes (minimum 0, maximum 36) ont été échantillonnées par site. Du côté de l'indice de Simpson, la moyenne par site était de 0,87, avec un maximum de 0,97 et un minimum (autre que 0) de 0,45. Tel que mentionné plus haut, l'indice de Simpson évalue la probabilité de capturer une nouvelle espèce lors de la prochaine capture; ainsi, plus l'indice est élevé, plus la richesse en espèces est élevée (0 indique une absence de richesse alors que 1 est le maximum).

Pour tous les spécimens qui ont pu être identifiés à l'espèce, le genre le plus diversifié était *Lasioglossum*, pour un total de 73 espèces différentes identifiées dans le cadre du projet. Les genres *Andrena* et *Megachile* étaient également grandement diversifiés, avec respectivement 36 et 19 espèces représentant leur genre. Il faut noter que le nombre d'espèces d'*Andrena* est susceptible d'augmenter quand nous aurons terminé les identifications à l'espèce. La liste de toutes les espèces échantillonnées et les régions où elles ont été récoltées sont présentées à l'annexe 14.

### Impact du paysage

#### a. Description des paysages à l'intérieur des rayons de 250m, 500m et 2000m.

Le paysage, dans le cadre de ces analyses, a été caractérisé en utilisant des analyses en composantes principales (PCA). Cette analyse permet d'évaluer les multiples variables qui composent le paysage et de leur attribuer un poids selon leur variation entre les sites. Ainsi, s'il existe une grande variation entre les sites concernant, par exemple, la proportion de forêts les entourant (de peu à beaucoup de forêts), un des axes identifiés par la PCA permettra de saisir cette variation. Pour les trois distances, le premier axe était très similaire et différenciait grossièrement les sites agricoles des autres types de sites. La majorité de la variation s'exprimait sur le deuxième axe et celui-ci variait selon le rayon utilisé. La figure 9 illustre la répartition des axes selon le type de paysage retrouvé. Le rayon de 2000m a été utilisé car la répartition des sites se visualisait mieux, mais le principe reste le même pour les rayons de 250 et 500m. En effet, les paysages dans les rayons de 250 et 500m étaient très homogènes, ce qui limite l'interprétation visuelle des données. Les subtilités des différents rayons sont décrites plus bas.

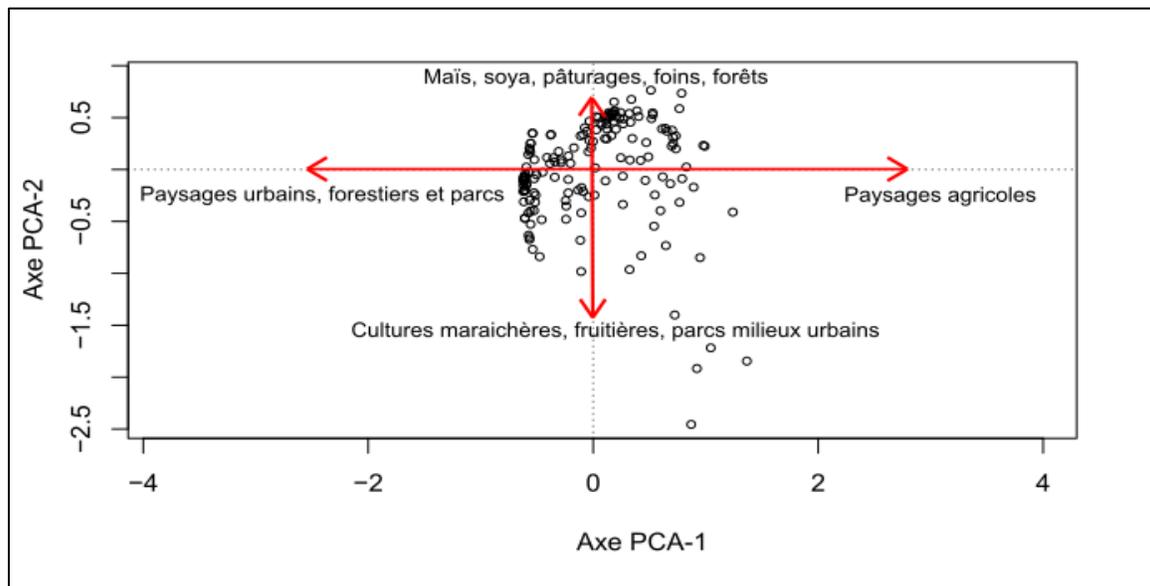


Figure 9. Analyse en composantes principales des paysages pour le rayon de 2000m. Ici, les sites qui sont négatifs sur l'axe 1 (l'axe des x) sont des sites associés à des paysages urbains, forestiers ou avec des parcs, alors que plus l'axe devient positif, plus le paysage est composé de milieux agricoles. Pour ce qui est de l'axe 2 (l'axe des y), les valeurs négatives étaient majoritairement associées à des cultures maraichères et fruitières, à des parcs et à milieux urbains. À l'inverse, les valeurs négatives étaient surtout associées aux cultures de maïs, soya, pâturages et foin et aux forêts.

Pour le rayon de 250m, les deux axes principaux expliquent 27 % de la variation retrouvée dans les différents paysages à l'étude. L'axe 1 décrit environ 15 % de la variation du paysage, où plus la valeur de l'axe est positive, plus les paysages étaient composés à majorité de céréales, de maïs, de soya, de foin et de pâturages. À l'inverse, plus l'axe 1 est négatif, plus les paysages étaient composés de parcs, de milieux urbains et de forêts. Pour l'axe 2, qui explique 12 % de la variation, plus l'axe est négatif, plus les paysages étaient composés de cultures maraichères et à l'inverse, plus l'axe est positif, plus les paysages étaient agricoles (maïs, soya, pâturages, céréales).

Pour ce qui est du rayon de 500m, les deux axes principaux expliquent 32 % de la variation retrouvée dans les différents paysages à l'étude. L'axe 1 décrit environ 20 % de la variation du paysage, où, tout comme pour le rayon de 250m, plus la valeur de l'axe est positive, plus les paysages étaient composés à majorité de cultures de céréales, maïs, soya, foin et pâturages. À l'inverse, plus l'axe 1 est négatif, plus les paysages étaient composés de parcs, milieux urbains et forêts. Pour l'axe 2, qui explique également 12 % de la variation, plus l'axe est négatif, plus les paysages étaient composés de milieux urbains et à l'inverse, plus l'axe est positif, plus les paysages étaient caractérisés par la présence de parcs et de milieux aquatiques (fleuve, grosses rivières et lacs).

Avec un rayon de 2000m, les deux axes principaux expliquent 38 % de la variation retrouvée dans les paysages de l'étude. L'axe 1, qui explique 24 % de la variation, est similaire aux premiers axes pour les rayons 250m et 500m. Les paysages plus agricoles étaient associés aux valeurs positives, alors que les paysages composés de forêts, milieux urbains et parcs étaient associés aux valeurs négatives de l'axe 1. Pour l'axe 2, qui explique environ 14 % de la variation entre les différents paysages, les valeurs négatives sont associées aux paysages composés de productions maraichères et fruitières, de parcs et de milieux urbains, alors qu'à l'inverse, les valeurs positives sont associées aux paysages composés de milieux ruraux, de pâturages et de forêts.

#### *b. Relations entre le paysage et les pollinisateurs*

Les modèles candidats présentés au tableau 1 ont été comparés en utilisant le critère d'Akaike (AIC). Les modèles qui expliquent le mieux la relation entre la variation du paysage et la variation dans l'abondance et la richesse en espèces et en genres des pollinisateurs obtiennent les meilleurs scores. Un modèle qui explique mieux le phénomène que le modèle nul (#1) est donc un modèle qu'on peut considérer comme plus réaliste. Ensuite, pour avoir la grandeur de l'effet des différentes variables testées, la moyenne des effets retrouvés dans chacun des modèles est calculée. Pour qu'un effet soit considéré comme significatif, l'intervalle de confiance de l'effet ne doit pas inclure 0, puisqu'un effet égal à 0 indique une absence d'effet sur la variable dépendante.

##### *Pour la richesse en genres*

Pour les modèles évaluant la richesse en genres en fonction du paysage, le modèle #6, soit le modèle qui inclue les deux axes du paysage à 2000m (AICc= 663,77, w= 0,29), est le seul modèle meilleur que le modèle nul (AICc= 664,06, w= 0,25). Les modèles qui incluent le paysage à des échelles plus petites (250m et 500m) expliquent moins bien la richesse en genres que les modèles qui incluent le paysage à 2000m. Lorsque l'effet des paramètres a été évalué, seul l'axe 2 du paysage à 2000m avait un effet significatif sur la richesse en genres (Tableau 2).

Tableau 2. Effet moyen des paramètres sur la richesse des genres de pollinisateurs capturés durant l'étude. \*\*Variables pour lesquelles le modèle explique mieux la richesse en genres que le modèle nul ou s'en approche.

Variables	Effet moyen (avec son intervalle de confiance)
Paysage 250m – Axe 1	0 [-0.19; 0.19]
Paysage 250m – Axe2	-0.13 [-0.29; 0.02]
Paysage 500m – Axe 1	-0.02 [-0.19; 0.15]
Paysage 500m – Axe 2	0.02 [-0.14; 0.18]
Paysage 2000m – Axe 1	0.02 [-0.15; 0.18]**
Paysage 2000m – Axe 2	-0.16 [-0.31; -0.01]**
Présence de sable	-0.08 [-0.29; 0.13]
Présence de branches	-0.08 [-0.33; 0.18]
Présence de bois mort	0.11 [-0.12; 0.34]
Latitude	-0.02 [-0.1; 0.06]

Pour la richesse en genres, il y aurait donc un effet bénéfique, à une échelle de 2000m, des paysages caractérisés par les cultures maraîchères et fruitières, les parcs et les milieux urbains (figure 10). À l'inverse, un nombre de genres plus faible était associé aux paysages ruraux, aux pâturages, au foin et aux forêts. Les autres variables testées dans les différents modèles se sont toutes avérées non-significatives pour expliquer la richesse en genres obtenue sur les sites.

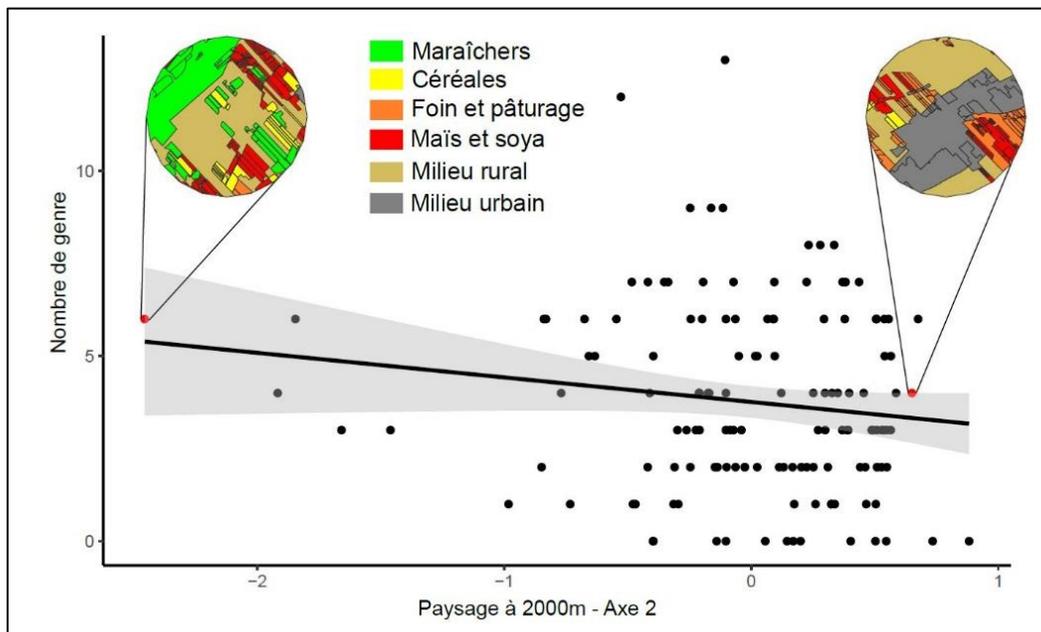


Figure 10. Effet du paysage à 2000m sur le nombre de genres de pollinisateurs trouvés par site. Plus le paysage est associé aux cultures de céréales, de maïs, de soya, de pâturages et de foin et aux forêts, plus le nombre de genres de pollinisateurs diminue. À l'inverse, les paysages composés d'une plus grande proportion de cultures maraîchères, de cultures fruitières, de parcs et de milieux urbains avaient en moyenne plus de genres de pollinisateurs capturés.

### *Pour la richesse spécifique*

Pour ce qui est des modèles évaluant la richesse en espèces ou richesse spécifique en fonction du paysage, le modèle nul était le meilleur modèle (AICc=1117.45; w=0.32), suivi de près par le modèle #2, soit le modèle incluant la latitude seulement (AICc= 1117.57, w= 0.30). Tous les autres modèles étaient loin derrière.

Tableau 3. Effet moyen des paramètres sur la richesse des espèces de pollinisateurs capturés durant l'étude. \*\* Variable pour laquelle le modèle s'approche du modèle nul

<b>Variabiles</b>	<b>Effet moyen (avec son intervalle de confiance)</b>
Paysage 250m – Axe 1	0.01 [-0.17; 0.18]
Paysage 250m – Axe2	-0.08 [-0.25; 0.09]
Paysage 500m – Axe 1	0.04 [-0.12; 0.2]
Paysage 500m – Axe 2	0.00 [-0.16; 0.16]
Paysage 2000m – Axe 1	0.08 [-0.08; 0.23]
Paysage 2000m – Axe 2	-0.03 [-0.18; 0.12]
Présence de sable	-0.12 [-0.31; 0.07]
Présence de branches	-0.03 [-0.27; 0.21]
Présence de bois mort	0.11 [-0.1; 0.32]
Latitude	-0.06 [-0.13; 0.02]**

Pour la richesse en espèces, aucun paramètre testé n'a eu un impact significatif (Tableau 3). Cependant, la latitude semble avoir une tendance négative sur la richesse des espèces. Ainsi, plus la latitude augmente, plus le nombre d'espèces a une tendance à la baisse. Ce n'est pas une tendance significative, mais elle vaut tout de même la peine d'être mentionnée, puisque son modèle associé faisait presque aussi bien que le modèle nul.

### *La diversité de Simpson*

L'indice de diversité de Simpson (1-D) permet d'évaluer la probabilité de piger deux individus et que ceux-ci soient de deux espèces différentes. Donc, plus l'indice de Simpson est élevé, plus les chances d'avoir des espèces différentes à chaque « pige » sont élevées. Pour les analyses de modèles, seul le modèle #2 (AICc= -190,02; w=0,43), qui inclut seulement la latitude, explique mieux le phénomène que le modèle nul (AICc= -188,07; w=0,16).

Tout comme pour la richesse en espèces, aucun paramètre n'a eu un impact significatif sur l'indice de Simpson (Tableau 4). Cependant, la latitude, qui était inclut dans le « meilleur » modèle, semble avoir une tendance négative sur l'indice de Simpson. Ainsi, plus la latitude augmente, plus la chance de tomber sur deux espèces différentes lors d'une « pige » est faible. Il ne s'agit encore que d'un signal, mais qui valait tout de même la peine d'être mentionné dans le contexte, puisque le modèle incluant seulement ce paramètre faisait mieux que le modèle nul.

Tableau 4. Effet moyen des paramètres sur l'indice de Simpson. \*\* Variable pour laquelle le modèle explique mieux l'indice de diversité de Simpson que le modèle nul.

<b>Variables</b>	<b>Effet moyen (avec son intervalle de confiance)</b>
Paysage 250m – Axe 1	0.00 [-0.05; 0.04]
Paysage 250m – Axe2	-0.01 [-0.05; 0.03]
Paysage 500m – Axe 1	0.01 [-0.03; 0.05]
Paysage 500m – Axe 2	-0.02 [-0.06; 0.02]
Paysage 2000m – Axe 1	0.00 [-0.03; 0.04]
Paysage 2000m – Axe 2	0.03 [-0.01; 0.06]
Présence de sable	-0.03 [-0.07; 0.02]
Présence de branches	-0.02 [-0.04; 0.08]
Présence de bois mort	-0.01 [-0.06; 0.05]
Latitude	-0.02 [-0.04; 0.00]**

## Discussion, limites et recommandations

Le projet Abeilles citoyennes a permis de récolter plus de 16 000 spécimens d'insectes pollinisateurs de 2019 à 2021 sur plus de 160 sites répartis dans la plupart des régions du Québec et dans une grande variété de paysages. Ces données nous permettent de mieux comprendre la répartition des espèces dans la province de Québec, de mettre en relief l'impact du paysage et d'illustrer en partie la complexité des phénomènes qui affectent les abeilles sauvages et les syrphes.

### *Effet du paysage*

Les paysages à 250m et 500m se sont avérés peu utiles pour expliquer la diversité des pollinisateurs en général. Ce constat est plutôt contre-intuitif puisqu'il est généralement reconnu que les abeilles indigènes (surtout les espèces solitaires) voyagent sur de courtes distances autour de leur nid, rarement plus de 500m (23). *Apis mellifera*, l'abeille domestique, et les différentes espèces de bourdons ont une aire de butinage plus élargie mais les spécimens récoltés pour ces deux genres ne représentent qu'environ 15% des spécimens, ce qui n'influence pas fortement le résultat obtenu ici.

Ce manque d'effet des paysages à 250m et 500m peut s'expliquer par deux raisons. Premièrement, la méthode pour caractériser le paysage pourrait désavantager les plus petits rayons. En effet, les paysages analysés dans le cadre de cette étude variaient très peu, comparativement à d'autres études qui ont pris des techniques similaires (22). Cette absence de variabilité entre les sites peut rendre les phénomènes étudiés plus difficiles à expliquer. Comme en témoignent nos résultats, seulement 27 et 32 % de la variabilité du paysage était expliquée par deux axes, respectivement pour nos rayons de 250m et 500m.

Ensuite, bien que la méthode puisse expliquer une partie de ce manque d'effet, il est possible que certains phénomènes liés à l'habitat, à sa connectivité et à la dispersion ou au cycle de vie des espèces ne puissent pas se faire sur une si petite échelle. Si nous avons regardé à l'échelle d'un individu, d'une colonie ou de la population d'une espèce, il est possible que le paysage à 250m ou 500m ait plus d'impact que lorsque le phénomène est observé du point de vue de la communauté. Ce résultat, ou cette absence de résultat, soulève la question de l'impact individuel que les citoyens peuvent avoir sur une communauté de pollinisateurs, par rapport à l'impact que peut avoir un quartier ou un village, par exemple, sur cette même communauté de pollinisateurs.

Par ailleurs, les résultats obtenus pour le nombre de genres capturés par site en fonction du paysage à un rayon de 2000m permettent de brosser un meilleur portrait de la situation. En effet, le nombre de genres retrouvés par site était plus grand dans les paysages associés aux fermes maraichères, fruitières, aux parcs et aux milieux urbains, alors qu'un moins grand nombre de genres était associé aux paysages composés en majorité de cultures de maïs, soya, pâturages et foin, d'autres milieux ruraux et de forêts. Cet angle d'analyse (Figure 10) semble différencier les paysages très dynamiques et hétérogènes des paysages plus monotones et uniformes. La richesse en genres trouvés sur les sites semble donc plus grande dans ces milieux dynamiques et la diversité des cultures, des milieux et des habitats semble favoriser l'accueil d'une plus grande diversité d'espèces avec des besoins plus hétérogènes.

### ***Effet des éléments locaux***

Les éléments locaux du paysage, tels que la présence de sable, de branches ou de bois mort, ont été évalués dans les modèles présentés plus haut. Il est généralement accepté par la littérature scientifique que la présence de sable favorise certaines espèces nicheuses de sol, alors que les branches ou le bois mort peuvent favoriser les espèces qui nichent dans les cavités (24, 25). Il est donc étonnant de ne pas trouver d'effets de ces éléments locaux du paysage sur la diversité des pollinisateurs retrouvés sur les sites. Il reste important de spécifier que les données utilisées ici proviennent des citoyens participants et sur un rayon assez restreint (environ 25m). Tel que mentionné plus haut, il est possible que le phénomène que nous avons évalué ici (diversité) se fasse sur une échelle plus grande que 25m et qu'il aurait fallu couvrir un plus grand rayon pour ces caractéristiques liées aux sites de nidification. De plus, les données utilisées sont des données de présence/absence et non de recouvrement de sol. Bien qu'ils permettent de faciliter la prise de données pour les participants, une grande quantité d'information est perdue lors de l'utilisation d'une variable binaire comme celle-ci.

### ***Effet de la latitude***

La latitude a été intégrée aux modèles candidats pour contrôler une variable qui peut être associée au climat. Dans nos résultats, pour la diversité de Simpson et légèrement pour la richesse en espèces, la latitude a été la variable la plus importante pour expliquer la diversité. Il est généralement reconnu que la diversité des pollinisateurs, particulièrement des abeilles, est plus importante au sud et dans les climats arides, en Arizona par exemple (26). Il est intéressant de constater que nos résultats vont dans le même sens. Ils soulèvent cependant la question de l'impact des changements climatiques sur cette diversité. En effet, bien qu'il y ait moins d'espèces dans les régions nordiques, celles-ci ont co-évolué avec la flore et le climat locaux pour en faire des espèces très bien adaptées aux latitudes élevées (27, 28). Il en a résulté des communautés vraiment uniques. Il serait intéressant de voir, dans le futur, si les communautés des régions nordiques québécoises seront impactées par les changements climatiques de la même manière que les communautés situées plus au sud de la province.

### ***Limites et recommandations pour une suite.***

Le principal avantage d'un recours à la science citoyenne pour notre suivi de la biodiversité des pollinisateurs sauvages a été de faciliter la collecte de données dans la plupart des régions du Québec, et ce, à plusieurs latitudes. Effectuer un tel exercice dans le cadre d'un projet de recherche conventionnel aurait nécessité beaucoup plus de temps, de transport et de dépenses d'essence. Le corollaire est que la qualité des données peut en souffrir un peu, parce que le choix des sites et la standardisation de la collecte auraient pu être plus optimaux si effectués par les responsables de l'étude. C'est la contrepartie négative de la science citoyenne, mais qui n'en enlève pas toute la pertinence.

Deux gros défis sont à souligner dans un projet d'inventaire de la diversité des abeilles sauvages par la science citoyenne avec identification à l'espèce des spécimens récoltés. Le premier est le recrutement des participants et le maintien de leur engagement. Le second défi est le goulot d'étranglement au laboratoire d'entomologie. Notre projet n'a échappé à aucun des deux.

### *Recrutement*

Le recrutement de participants agriculteurs est resté faible, et plusieurs des agriculteurs qui ont d'abord levé la main n'ont pas donné suite ou n'ont jamais retourné d'échantillons. Les raisons invoquées sont principalement une surcharge de travail et de charge mentale pendant la saison de production qui est la même que la saison d'échantillonnage pour Abeilles citoyennes.

Le recrutement des autres participants est plus facile, mais il faut s'assurer de mettre en place diverses stratégies pour maintenir la motivation. Par exemple, les enseignants des écoles primaires et secondaires pourraient être intéressés à contribuer au projet, mais le calendrier scolaire n'est pas vraiment compatible avec les périodes de vie active des abeilles et des syrphes. Des projets d'inventaires ponctuels (genre bio-blitz) pourraient leur être proposés pour les mois de mai, juin et septembre.

### *Enjeux au laboratoire*

Lorsque les spécimens sont récoltés en vrac par les participants et envoyés en bloc au laboratoire en fin de saison, la charge de travail est très élevée pour trier les abeilles et les syrphes, les épinglez et les étiqueter. Par la suite, le travail d'identification à l'espèce requiert une expertise spécialisée qui est rare ou longue à développer. S'ensuit une accumulation des spécimens en attente qui surcharge les ressources disponibles, espaces et expertise. Ce problème a été noté récemment par certains auteurs (29).

### *Recommandations*

Considérant la taille du territoire et les inévitables variations annuelles, il est recommandé de poursuivre le travail d'inventaire de la diversité des abeilles sauvages. Certaines bonifications pourraient toutefois être apportées au protocole afin d'optimiser les récoltes, notamment en zones agricoles, et de mieux valoriser la contribution citoyenne :

- Accroître le travail avec les Clubs-conseil en agroenvironnement
- Accroître l'implication des participants en ajoutant, pour ceux qui le désirent :
  - Des échantillonnages par coups de filet
  - Des échantillonnages par observations visuelles et/ou photos de spécimens
- Revoir la nécessité d'une identification à l'espèce de tous les genres à chaque année

De plus, tel que recommandé par différents auteurs qui se sont penchés sur les facteurs de succès des projets impliquant les citoyens (12, 30), il pourrait être avantageux, selon les objectifs poursuivis, de favoriser une approche impliquant les citoyens à différentes étapes du projet. Ainsi, les citoyens pourraient contribuer à l'identification des objectifs et des moyens pour les atteindre. Ce type de fonctionnement permet aussi d'impliquer activement les citoyens dans le transfert des connaissances et d'en faire des acteurs de sensibilisation. Plusieurs l'ont fait spontanément dans le cadre de leur participation à Abeilles citoyennes, mais on pourrait développer cet aspect plus formellement. Une approche intéressante serait, par exemple, de recruter un bénévole responsable dans chaque région qui bénéficierait d'une formation en début de saison, aiderait au recrutement et offrirait un soutien actif aux participants dans sa région.

## **Remerciements**

Nous tenons à remercier sincèrement tous les citoyens qui ont accepté de participer au projet et qui ont récolté pour nous des spécimens d'insectes tout au long du projet. Un immense merci pour votre temps et votre enthousiasme. Nous remercions également les étudiants Guillaume Blais, Andréa Duclos, Steven L'Heureux-Lepage, Myriam Moreault et Saïda Rojas-Charrette qui ont aidé au travail de tri et d'épingleage des abeilles et des syrphes.

Merci enfin au MAPAQ qui a permis la réalisation de nos travaux de recherche grâce à une aide financière du Programme Innov'Action agroalimentaire, un programme issu de l'Accord Canada-Québec de mise en œuvre du Partenariat canadien pour l'agriculture conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada.

## **Annexes**

***Annexe 1 - Travail de conception du logo Abeilles citoyennes***

***Annexe 2 – Protocole standardisé de collecte des insectes par les citoyens***

***Annexe 3 – Clés d’identification***

***Annexe 4 – Questionnaire initial – section Mon profil***

***Annexe 5 – Questionnaire initial – section Mon site***

***Annexe 6 – Carte des sites***

***Annexe 7 – Affichette pour les participants***

***Annexe 8 – Présentation aux apiculteurs***

***Annexe 9 – Promotion du projet pour recrutement***

***Annexe 10 – Blogue Agri-réseau***

***Annexe 11 – Bulletins diffusés aux participants***

***Annexe 12 – Présentation SEQ 2019***

***Annexe 13 – Présentation SEC 2021***

***Annexe 14 – Liste des espèces et des genres selon la région de collecte***

***Annexe 15 – Quiz pour les ateliers***

***Annexe 16 – Photos des ateliers***

## Références

1. Klein AM, Vaissiere BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc R Soc B-Biol Sci.* 2007;274(1608):303-13.
2. Rogers SR, Tarpay DR, Burrack HJ. Bee species diversity enhances productivity and stability in a perennial crop. *PLoS One.* 2014;9(5):e97307.
3. Sheffield CS. Bees of Canada [Website]. [Available from: <https://www.beesofcanada.com/species>].
4. Normandin E, Vereecken NJ, Buddle CM, Fournier V. Taxonomic and functional trait diversity of wild bees in different urban settings. *PeerJ.* 2017;5:35.
5. Gervais A, Fournier V, Sheffield CS, Chagnon M. Assessing Wild Bee Biodiversity in Cranberry Agroenvironments: Influence of Natural Habitats. *J Econ Entomol.* 2017;110(4):1424-32.
6. Moisan-DeSerres J, Chagnon M, Fournier V. Influence of windbreaks and forest borders on abundance and species richness of native pollinators in lowbush blueberry fields in Quebec, Canada. *Can Entomol.* 2015;147(4):432-42.
7. Rondeau S, Willis Chan DS, Pindar A. Identifying wild bee visitors of major crops in North America with notes on potential threats from agricultural practices. *Frontiers in Sustainable Food Systems.* 2022;6.
8. Martins KT, Albert CH, Lechowicz MJ, Gonzalez A. Complementary crops and landscape features sustain wild bee communities. *Ecol Appl.* 2018;28(4):1093-105.
9. Sheffield CS, Kevan PG, Pindar A, Packer L. Bee (Hymenoptera: Apoidea) diversity within apple orchards and old fields in the Annapolis Valley, Nova Scotia, Canada. *Can Entomol.* 2013;145(1):94-114.
10. Kremen C, Williams NM, Aizen MA, Gemmill-Herren B, LeBuhn G, Minckley R, et al. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecol Lett.* 2007;10(4):299-314.
11. Banaszak-Cibicka W, Twerd L, Fliszkiewicz M, Giejdasz K, Langowska A. City parks vs. natural areas - is it possible to preserve a natural level of bee richness and abundance in a city park? *Urban Ecosyst.* 2018;21(4):599-613.
12. Pocock MJO, Chandler M, Bonney R, Thornhill I, Albin A, August T, et al. A Vision for Global Biodiversity Monitoring With Citizen Science. In: Bohan DA, Dumbrell AJ, Woodward G, Jackson M, editors. *Next Generation Biomonitoring, Pt 2. Advances in Ecological Research.* 592018. p. 169-223.
13. Chandler M, See L, Copas K, Bonde AMZ, Lopez BC, Danielsen F, et al. Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring. *Biological Conservation.* 2017;213:280-94.
14. Chandler M, See L, Buesching CD, Cousins JA, Gillies C, Kays RW, et al. Involving Citizen Scientists in Biodiversity Observation. In: Walters M, Scholes RJ, editors. *The GEO Handbook on Biodiversity Observation Networks.* Cham: Springer International Publishing; 2017. p. 211-37.
15. Conrad CC, Hilchey KG. A review of citizen science and community-based environmental monitoring: issues and opportunities. *Environmental Monitoring and Assessment.* 2011;176(1-4):273-91.
16. Dorler D, Kropf M, Laaha G, Zaller JG. Occurrence of the invasive Spanish slug in gardens: can a citizen science approach help deciphering underlying factors? *BMC Ecol.* 2018;18:11.

17. Hart AG, Hesselberg T, Nesbit R, Goodenough AE. The spatial distribution and environmental triggers of ant mating flights: using citizen-science data to reveal national patterns. *Ecography*. 2018;41(6):877-88.
18. Potts SG, Imperatriz-Fonseca V, Ngo HT, Biesmeijer JC, Breeze TD, Dicks LV, et al. The assessment report on pollinators, pollination and food production: summary for policymakers. IPBES; 2016.
19. LeBuhn G, Droege S, Connor EF, Gemmill-Herren B, Azzu N. Protocol to Detect and Monitor Pollinator Communities / Guidance for Practitioners. FAO; 2016 2016.
20. Packer L, Sheffield CS, Jenaro JA. The Bee Genera of Eastern Canada. *Canadian Journal of Arthropod Identification*. 2007;#3(September 25).
21. Miranda GFG, Young AD, Locke MM, Marshall SA, Skevington JH, Thompson FC. Key to the Genera of Nearctic Syrphidae. *Canadian Journal of Arthropod Identification*. 2013;#23(August 23).
22. Garrett DR, Pelletier F, Garant D, Belisle M. Negative effects of agricultural intensification on the food provisioning rate of a declining aerial insectivore. *Ecosphere*. 2022;13(9).
23. Danforth BN, Minckley RL, Neff JL, Fawcett F. *The Solitary Bees: Biology, Evolution, Conservation*. Princeton: Princeton University Press; 2019. 472 p.
24. Murray TE, Fitzpatrick U, Byrne A, Fealy R, Brown MJF, Paxton RJ. Local-scale factors structure wild bee communities in protected areas. *Journal of Applied Ecology*. 2012;49(5):998-1008.
25. Cane JH. SOILS OF GROUND-NESTING BEES (HYMENOPTERA, APOIDEA) - TEXTURE, MOISTURE, CELL DEPTH AND CLIMATE. *Journal of the Kansas Entomological Society*. 1991;64(4):406-13.
26. Minckley RL, Radke WR. Extreme species density of bees (Apiformes, Hymenoptera) in the warm deserts of North America. *Journal of Hymenoptera Research*. 2021;82:317-45.
27. Franzen M, Ockinger E. Climate-driven changes in pollinator assemblages during the last 60 years in an Arctic mountain region in Northern Scandinavia. *J Insect Conserv*. 2012;16(2):227-38.
28. McCabe LM, Cobb NS. From Bees to Flies: Global Shift in Pollinator Communities Along Elevation Gradients. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2021;8.
29. Portman ZM, Tepedino VJ. Successful bee monitoring programs require sustained support of taxonomists and taxonomic research. *Biological Conservation*. 2021;256.
30. Kennett R, Danielsen F, Silvius KM. Citizen science is not enough on its own. *Nature*. 2015;521(7551):161-.