



CEC
CCA
CCE

Inventaire et surveillance des abeilles indigènes en Amérique du Nord

Programmes, pratiques et
considérations pour les spécialistes



Citer comme suit :

CCE (2024). *Inventaire et surveillance des abeilles indigènes en Amérique du Nord : programmes, pratiques et considérations pour les spécialistes*, Montréal, Canada, Commission de coopération environnementale, vii + 79 p.

La présente publication a été préparée par le Nuka Research and Planning Group pour le Secrétariat de la Commission de coopération environnementale (CCE). La responsabilité de l'information qu'elle contient incombe aux auteurs, et cette information ne reflète pas nécessairement les vues de la CCE ou des gouvernements du Canada, du Mexique ou des États-Unis.

À propos des auteurs :

Nuka Research est une société de conseil des États-Unis qui fournit des services de recherche, d'analyse et de facilitation pour soutenir la protection de l'environnement (<www.nukaresearch.com>). L'équipe de Nuka Research, composée de Sierra Fletcher et d'Hailey Griffin, a eu le plaisir de collaborer avec Courtney Price sur ce projet.

Ce rapport peut être reproduit en tout ou en partie sans le consentement préalable du Secrétariat de la CCE, à condition que ce soit à des fins éducatives et non lucratives, et que la source soit mentionnée. La CCE souhaiterait néanmoins recevoir un exemplaire de toute publication ou de tout écrit qui s'inspire du présent document.

Sauf indication contraire, le contenu de cette publication est protégé en vertu d'une licence Creative Commons : Paternité – Pas d'utilisation commerciale – Pas de modification.



© Commission de coopération environnementale, 2024

ISBN : 978-2-89700-342-5

Available in English – ISBN: 978-2-89700-341-8

Disponible en español – ISBN: 978-2-89700-343-2

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2024

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives Canada, 2024

Renseignements sur la publication

Type de publication : publication de projet

Date de parution : Décembre 2024

Langue d'origine : anglais

Processus d'examen et d'assurance de la qualité :

Examen final par les Parties : Août 2023

QA377

Projet : Plan opérationnel 2022 / *Promotion de la conservation des pollinisateurs en Amérique du Nord*

Photo de la page de couverture : Personnes à la recherche d'abeilles lors d'un atelier d'identification, par Lehman, R. (2018), Intermountain Forest Service, USDA Region 4.

Renseignements supplémentaires :

Commission de coopération environnementale
700, rue De La Gauchetière Ouest, bureau 1620
Montréal (Québec) H3B 5M2
Canada
Tél. : 514 350-4300; téléc. : 514 350-4314
info@cec.org / <www.cec.org>



Table des matières

Liste des tableaux	iii
Liste des figures	iii
Liste des abréviations et des acronymes	iv
Résumé	v
Sommaire	v
Remerciements	vii
1 Introduction	1
2 Inventaire et surveillance des abeilles indigènes en Amérique du Nord	2
2.1 Aperçu des programmes	3
2.2 Surveillance de l'habitat.....	5
2.3 Méthodes d'échantillonnage des abeilles indigènes.....	7
2.4 Participants aux programmes	8
2.5 Gestion des données	9
3 Considérations et conseils relatifs à la conception des programmes	9
3.1 Méthodes d'échantillonnage.....	10
3.2 Avantages et inconvénients des principales méthodes d'échantillonnage	15
3.3 Organisation spatiale.....	20
3.4 Archives et collections	21
3.5 Surveillance de l'habitat, des fonctions écosystémiques et d'autres paramètres.....	22
3.6 Normes de données.....	24
3.7 Technologies émergentes.....	28
4 Discussion	34
5 Conclusion	36
Annexe A – Résumé de l'atelier virtuel tenu par la CCE en mai 2022 sur l'inventaire et la surveillance des abeilles indigènes	37
Annexe B – Programmes portant sur les abeilles indigènes en Amérique du Nord	55
Bibliographie	71

Liste des tableaux

Tableau 1. Vue d'ensemble de la méthode d'échantillonnage par piège bol (piège à eau)...	11
Tableau 2. Vue d'ensemble de la méthode d'échantillonnage par piège à ailettes	12
Tableau 3. Vue d'ensemble de la méthode d'échantillonnage par filet	13
Tableau 4. Vue d'ensemble de la méthode d'échantillonnage par photo	14
Tableau 5. Résumé des quatre principales méthodes d'échantillonnage des abeilles indigènes décrites dans le présent rapport	15
Tableau 6. Organisations spatiales d'échantillonnage de type stratifié et opportuniste utilisées dans les programmes de surveillance des abeilles indigènes	21
Tableau 7. Résumé de termes des normes Generic Darwin Core et Simple Darwin Core, classés par catégorie	26
Tableau 8. Limites actuelles des méthodes technologiques émergentes liées à la surveillance des abeilles indigènes	31

Liste des figures

Figure 1. Objectifs des programmes portant sur les abeilles indigènes en Amérique du Nord, d'après les réponses au questionnaire	3
Figure 2. Familles ou genres ciblés par les programmes de surveillance des abeilles indigènes, d'après les réponses au questionnaire	4
Figure 3. Durée des programmes portant sur les abeilles indigènes dans chaque pays, d'après les réponses au questionnaire.....	5
Figure 4. Types d'habitat dans lesquels les abeilles font l'objet d'un suivi en Amérique du Nord, d'après les réponses au questionnaire	5
Figure 5. Proportion des types d'habitat surveillés au Canada, au Mexique et aux États-Unis, d'après les réponses au questionnaire	6
Figure 6. Méthodes d'échantillonnage utilisées dans les programmes en Amérique du Nord, par pays, d'après les réponses au questionnaire	7
Figure 7. Type de personnel participant à la collecte de données, d'après les réponses au questionnaire.....	8
Figure 8. Normes de données utilisées, d'après les réponses au questionnaire	9
Figure 9. Piège bol	11
Figure 10. Piège à ailettes	12
Figure 11. Capture d'abeilles avec des filets	13
Figure 12. Observation photographique d'un bourdon fébrile.....	14
Figure 13. Gestion traditionnelle des mélipones dans l'État de Michoacán, au Mexique.....	33

Liste des abréviations et des acronymes

AAC	Agriculture et Agroalimentaire Canada
ADN	acide désoxyribonucléique
ADNe	ADN environnemental
ARN	acide ribonucléique
ARNe	ARN environnemental
CCE	Commission de coopération environnementale
Conabio	<i>Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad</i> (Commission nationale sur la connaissance et l'utilisation de la biodiversité, Mexique)
Conanp	<i>Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas</i> (Commission nationale des aires naturelles protégées, Mexique)
ECCC	Environnement et Changement climatique Canada
Ecosur	<i>El Colegio de la Frontera Sur</i> (Collège de la frontière Sud, Mexique)
GBIF	<i>Global Biodiversity Information Facility</i> (Système mondial d'informations sur la biodiversité)
INECOL	<i>Instituto de Ecología, A. C.</i> (Institut d'écologie, Mexique)
lidar	détection et télémétrie par la lumière
ONG	organisation non gouvernementale
RBV	radar à balayage vertical
RCN	<i>US National Native Bee Monitoring Research Coordination Network</i> (Réseau national de coordination de la recherche sur la surveillance des abeilles indigènes, États-Unis)
Semarnat	<i>Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales</i> (ministère de l'Environnement et des Ressources naturelles, Mexique)
TDWG	<i>Biodiversity Information Standards (Taxonomic Databases Working Group)</i> (Normes d'information sur la biodiversité, auparavant connues sous le nom de Groupe de travail sur les bases de données taxonomiques)
UNAM	<i>Universidad Nacional Autónoma de México</i> (Université nationale autonome du Mexique)
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i> (ministère de l'Agriculture, États-Unis)
USFWS	<i>United States Fish and Wildlife Service</i> (Service de la pêche et de la faune, États-Unis)
USGS	<i>United States Geological Survey</i> (Commission géologique, États-Unis)
USNPS	<i>United States National Park Service</i> (Service national des parcs nationaux, États-Unis)

Résumé

Consciente du nombre croissant de programmes de surveillance des abeilles indigènes en Amérique du Nord et de la nécessité de disposer de données de base, la Commission de coopération environnementale (CCE) a réuni des experts du Canada, du Mexique et des États-Unis dans le cadre d'un atelier en ligne tenu en mai 2022. Le présent rapport dresse un portrait de l'état actuel des activités de surveillance, d'inventaire et de relevé des populations d'abeilles indigènes sur le continent, selon les réponses à un questionnaire distribué et une recherche documentaire connexe effectuée à la suite de l'atelier virtuel, entre le milieu et la fin de l'année 2022. Quatre principales méthodes de prélèvement de spécimens aux fins de la surveillance sont décrites : pièges bols (ou pièges à eau); pièges à ailettes bleus; filets à main; photos. Des aspects plus généraux des programmes sont également présentés, comme la gestion des données et les normes, les technologies émergentes et la participation de personnes non expertes. Les études de cas mettent en lumière le vaste ensemble d'activités de surveillance des abeilles indigènes lancé aux États-Unis, de même que la valeur culturelle des mélipones indigènes au Mexique et l'importance de la science citoyenne dans la surveillance des abeilles indigènes au Canada. Le rapport se termine par des recommandations issues des discussions menées lors de l'atelier et des recherches ultérieures.

Sommaire

La surveillance des abeilles indigènes sur de grandes échelles spatiales et temporelles permet aux chercheurs d'évaluer l'état des espèces, de déterminer les facteurs de changement et de cibler les mesures de conservation. Cette surveillance fait appel à un large éventail de participants issus d'organismes variés et nécessite souvent un certain degré de coordination pour assurer la collecte de données et l'analyse de tendances concernant les espèces, sans qu'y fassent obstacle les limites géographiques des régions écologiques et des compétences territoriales des pouvoirs publics.

En Amérique du Nord, les travaux de surveillance des abeilles indigènes se sont multipliés ces dernières années et ont fourni aux chercheurs des informations essentielles pour comprendre et enrayer le déclin des abeilles. Les programmes de surveillance sont primordiaux pour soutenir les activités de conservation fondées sur des données probantes, ainsi que pour préserver et améliorer les communautés d'abeilles indigènes et leurs services de pollinisation. Manifestement, les personnes qui prennent part aux programmes de surveillance cherchent à accroître et à faciliter la diffusion des données entre les groupes dont les objectifs sont similaires ou qui s'intéressent aux mêmes espèces préoccupantes. Dans un contexte d'interaction de multiples facteurs qui ont des répercussions sur les abeilles indigènes (perte d'habitats, intensification de l'aménagement du territoire, agents pathogènes, parasites, changements climatiques), les spécialistes et gestionnaires cherchent à établir les informations de base permettant d'évaluer avec précision les changements qui surviennent au sein des espèces ou des communautés. En mai 2022, la Commission de coopération environnementale (CCE) a réuni des experts du Canada, du Mexique et des États-Unis dans le cadre d'un atelier virtuel pour qu'ils discutent de l'état actuel de la surveillance, ainsi que des besoins éprouvés par les programmes de suivi des abeilles indigènes sur l'ensemble du continent. Ces spécialistes ont notamment soulevé les problèmes suivants : le financement, l'accès aux données sur les espèces ou les écosystèmes étudiés, l'accès à des experts en taxonomie, le soutien des collectivités et des différents ordres de gouvernement, et les lacunes dans les connaissances actuelles.

À la suite de l'atelier virtuel, un questionnaire a été distribué aux participants et à leurs réseaux, et une analyse documentaire a été réalisée en vue de dresser un aperçu général de l'état de la surveillance des abeilles indigènes en Amérique du Nord et d'établir les priorités futures pouvant renforcer les efforts de conservation.

Dans un contexte où la surveillance des abeilles indigènes continue d'évoluer et de s'étendre, le présent rapport permet de comprendre l'état actuel des programmes nord-américains existants, les caractéristiques structurelles que pourraient adopter les nouveaux programmes à l'avenir et les considérations que les décideurs doivent prendre en compte lorsqu'ils examinent la possibilité d'améliorer la capacité de surveillance, à quelque échelle spatiotemporelle que ce soit. Certaines recommandations sont formulées, notamment les suivantes :

- Permettre aux programmes de surveillance d'avoir voix au chapitre dans le cadre des décisions futures en matière de conservation.
- Mettre en œuvre les éléments nécessaires pour assurer une surveillance à long terme, de manière à faciliter l'accès aux informations et leur diffusion à l'échelle nationale et internationale.
- Faire appel à des personnes provenant de tous les secteurs possibles afin d'accroître les capacités de surveillance, tout en ayant conscience du fait que l'expertise taxonomique est limitée et est toujours nécessaire pour une surveillance réussie.
- Continuer à renforcer les relations et les efforts de coordination afin d'améliorer les résultats de la surveillance, notamment en harmonisant les normes de données.

Remerciements

Dans le cadre de ce projet, la CCE a bénéficié des conseils d'un comité directeur composé de représentants d'organismes fédéraux des trois pays, dont faisaient partie : Greg Mitchell, Environnement et Changement climatique Canada (ECCC); Steve Javorek, Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC); Ryan Drum et James Weaver, *US Fish and Wildlife Service* (USFWS, Service de la pêche et de la faune des États-Unis); Esther Quintero, *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad* (Conabio, Commission nationale sur la connaissance et l'utilisation de la biodiversité); Ignacio March, *Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas* (Conanp, Commission nationale des aires naturelles protégées).

Ce projet n'aurait pas été possible sans les précieuses informations fournies par les participants à l'atelier et les répondants au questionnaire.

1 Introduction

Le présent rapport offre une série d'exemples de protocoles, de pratiques exemplaires, d'études de cas, de conseils et de considérations dans le cadre du projet [Promotion de la conservation des pollinisateurs en Amérique du Nord](#) de la CCE. Ce projet d'une durée de deux ans est axé sur trois thèmes principaux : 1) échanger des informations sur les activités d'inventaire et de surveillance des abeilles indigènes menées au Canada, au Mexique et aux États-Unis, et déterminer les pratiques exemplaires; 2) mettre au point des outils d'aide à la prise de décision pour guider les activités trinationales d'inventaire et de surveillance des abeilles indigènes; 3) élaborer du matériel de communication destiné à faire progresser la conservation des abeilles indigènes à l'échelle trinationale. La première phase du projet comprenait un atelier virtuel organisé en mai 2022, réunissant des experts nord-américains. Cet atelier et le présent rapport de synthèse avaient pour objectif de mettre en lumière les efforts existants en Amérique du Nord en matière de surveillance des abeilles indigènes, et d'échanger des informations sur des stratégies susceptibles de favoriser la mise en œuvre d'une approche d'inventaire et de surveillance concertée à l'échelle continentale.

Cette activité de la CCE a débuté par un atelier virtuel, divisé en deux séances de trois heures en mai 2022, qui a réuni plus de 40 experts en provenance des pouvoirs publics, des universités et des organisations non gouvernementales (ONG) du Canada, du Mexique et des États-Unis (voir à l'annexe A le compte rendu sommaire de l'atelier). Un questionnaire a ensuite été distribué aux participants, ainsi qu'à d'autres experts choisis par ces derniers.

Les informations contenues dans le rapport sont tirées de l'atelier virtuel tenu en mai 2022, des réponses au questionnaire en ligne et d'une analyse documentaire. Le rapport est destiné à servir de référence aux spécialistes désireux de mettre en place ou d'élargir des activités d'inventaire et de surveillance des abeilles indigènes, ou de déceler des possibilités de collaboration avec des programmes similaires ou complémentaires qui existent déjà en Amérique du Nord. Il vise à soutenir les efforts d'inventaire, de surveillance et de conservation des abeilles indigènes au Canada, au Mexique et aux États-Unis, mais il ne constitue ni un cadre d'action global ni un plan de surveillance trilatéral.

Le chapitre 2 du rapport donne un aperçu des programmes d'inventaire et de surveillance des abeilles indigènes en Amérique du Nord, selon les réponses au questionnaire. Le chapitre 3 aborde des considérations pratiques concernant la conception et l'expansion de ces programmes, d'après les réponses au questionnaire et une analyse documentaire élargie. Le chapitre 4 présente quelques éléments clés à retenir au sujet de l'inventaire et de la surveillance des abeilles indigènes en Amérique du Nord. Tout au long du rapport, nous mettons également en lumière les vastes travaux de surveillance des abeilles indigènes entrepris aux États-Unis, la valeur culturelle des mélipones indigènes au Mexique et l'importance de la science citoyenne dans la surveillance des abeilles indigènes au Canada. Ces exemples ont été choisis parce qu'ils abordent des thèmes transversaux (p. ex., l'utilisation de la surveillance des abeilles indigènes pour comprendre de plus vastes changements écosystémiques) et décrivent des programmes qui mettent en évidence les progrès réalisés en matière de coordination nationale et internationale, la mobilisation des citoyens scientifiques et la création de projets communautaires.

L'accent mis par la CCE sur les abeilles indigènes a pour origine une recommandation issue d'un atelier tenu en février 2020 à Oaxaca, au Mexique, dans le cadre du projet intitulé *Intensification de la conservation des pollinisateurs à l'échelle continentale afin de procurer des avantages sur le plan local*. Pour en savoir plus, consulter cette page : [<http://www.cec.org/fr/ecosystemes/conservation-des-monarques-et-autres-pollinisateurs/>](http://www.cec.org/fr/ecosystemes/conservation-des-monarques-et-autres-pollinisateurs/)

2 Inventaire et surveillance des abeilles indigènes en Amérique du Nord

De nombreux types de programmes de surveillance ciblent les six familles d'abeilles indigènes d'Amérique du Nord (Apidae, Megachilidae, Halictidae, Andrenidae, Colletidae et Melittidae). Il n'existe actuellement aucune approche unifiée de la surveillance des abeilles indigènes sur l'ensemble du continent, et les différentes approches reflètent la diversité des objectifs, des caractéristiques géographiques, des espèces ciblées, de l'expertise technique des participants, des ressources ainsi que d'autres facteurs. Il est difficile de dresser un tableau complet des programmes nord-américains de surveillance des abeilles indigènes en raison des centaines de parties prenantes qui contribuent à ces efforts et qui sont diversement réparties dans les collectivités et les régions infranationales et, à l'échelle nationale et internationale, dans les universités, les groupes communautaires, les organisations non gouvernementales (ONG) et de multiples organismes gouvernementaux. L'établissement d'un compte rendu exhaustif des travaux de surveillance des abeilles indigènes sur l'ensemble du continent dépasse la portée du présent rapport¹.

Soixante-cinq réponses au questionnaire décrivent des programmes d'inventaire et de surveillance des abeilles indigènes au Canada, au Mexique et aux États-Unis. Les répondants ont communiqué des informations sur des programmes menés dans les trois pays; cependant, beaucoup plus de réponses provenaient des États-Unis (N = 52) que du Canada (N = 9) ou du Mexique (N = 8). cet écart reflète probablement le nombre de programmes en place, mais aussi la participation active du *US National Native Bee Monitoring Research Coordination Network* (RCN, Réseau national de coordination de la recherche sur la surveillance des abeilles indigènes aux États-Unis) à l'élaboration et à la distribution du questionnaire². Bien que les réponses ne fournissent pas une liste exhaustive, elles illustrent l'éventail de programmes en vigueur et d'approches couramment utilisées. Le présent chapitre fournit des informations sommaires tirées du questionnaire, mais il est également important de reconnaître que le dénombrement des programmes est imparfait, car ces programmes correspondent à des échelles et intensités très variées d'activités de surveillance³.

Une liste de programmes fondée sur les réponses au questionnaire se trouve à l'annexe B. Voir également à l'annexe A le résumé de l'atelier de la CCE, qui décrit l'état de la surveillance des abeilles indigènes dans chaque pays d'après les discussions tenues au cours de cet atelier.

¹ Les nombreux travaux axés sur l'abeille domestique (*Apis mellifera*) n'ont pas été pris en compte dans le présent rapport, car il ne s'agit pas d'une espèce indigène. En outre, certains programmes ont été comptés plus d'une fois s'ils recueillaient des données dans plus d'un pays.

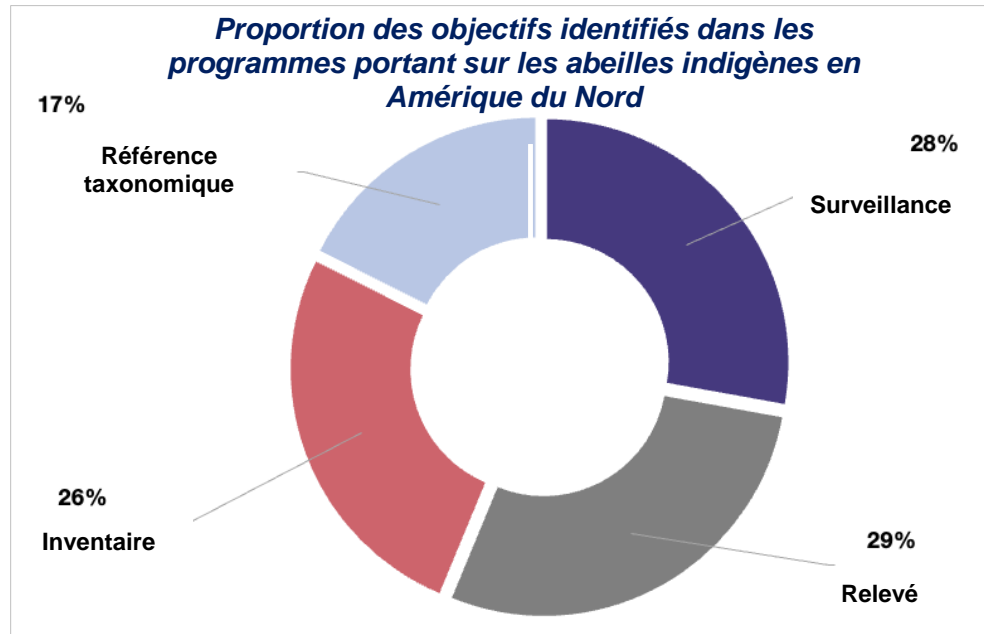
² Pour en savoir plus sur cet effort, voir Woodard et coll. (2020) et l'étude de cas à la page 24 du présent rapport.

³ Pour les besoins de ce chapitre uniquement, les programmes recueillant des données dans plus d'un pays ont été comptabilisés dans chaque pays mentionné dans la réponse afin de permettre la répartition par pays.

2.1 Aperçu des programmes

Les répondants au questionnaire ont décrit leurs activités de surveillance, de relevé, d'inventaire et de collecte de références taxonomiques de la manière illustrée à la figure 1. La plupart des répondants ont indiqué que leur programme visait plusieurs objectifs parmi les options proposées.

Figure 1. Objectifs des programmes portant sur les abeilles indigènes en Amérique du Nord, d'après les réponses au questionnaire



Note : La plupart des programmes servent plus d'un objectif parmi les options proposées.

Relevé : estimation de l'abondance et de la diversité des espèces pour une période et dans une zone déterminées.

Inventaire : liste complète des espèces d'abeilles présentes dans une région.

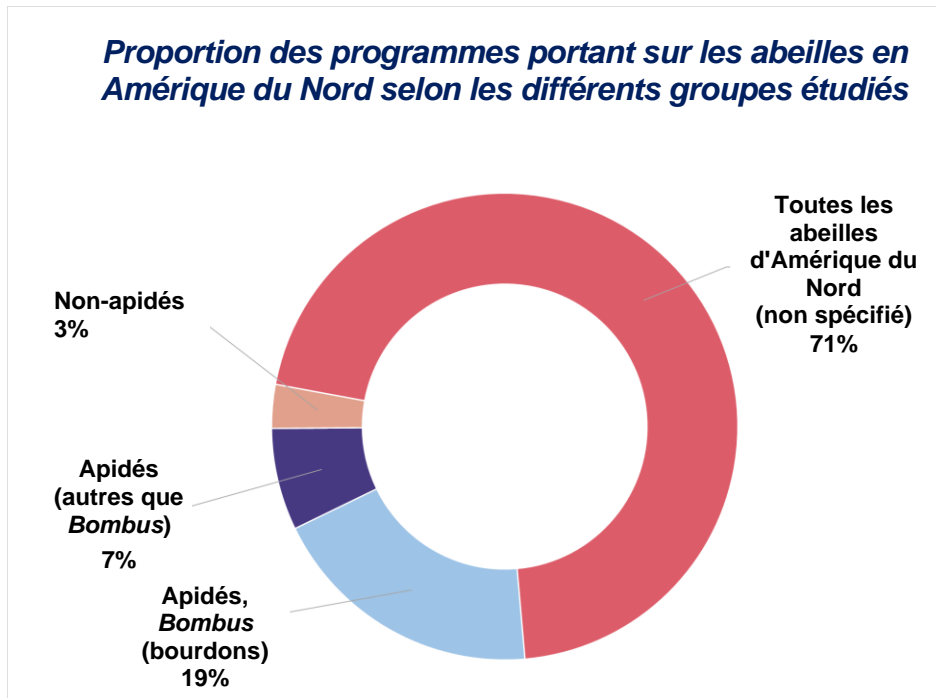
Référence taxonomique : identification des spécimens d'abeilles recueillis ou détectés dans une zone.

Surveillance : collecte répétée et systématique de données pour détecter les changements à long terme dans les populations.

La plupart des programmes ne ciblent pas seulement un groupe d'abeilles, mais recueillent des données sur toutes les abeilles capturées. Les types d'abeilles les plus susceptibles d'être capturés par les pièges sont abordés dans la description des méthodes d'échantillonnage, au chapitre 3.1. Parmi les programmes qui ciblent un type d'abeille particulier, la majorité porte sur les bourdons, du genre *Bombus* au sein de la famille des Apidae, soit près d'un sur cinq de tous les programmes de surveillance d'abeilles.

Moins de 10 % des programmes mentionnent qu'ils s'intéressent à des genres de la famille des Apidae autres que *Bombus* (p. ex., les abeilles charpentières, les abeilles à orchidées et les mélipones) ou à des abeilles n'appartenant pas à la famille des Apidae (p. ex., halictes, abeilles résinières géantes et abeilles cotonnières). Voir la figure 2.

Figure 2. Familles ou genres ciblés par les programmes de surveillance des abeilles indigènes, d'après les réponses au questionnaire

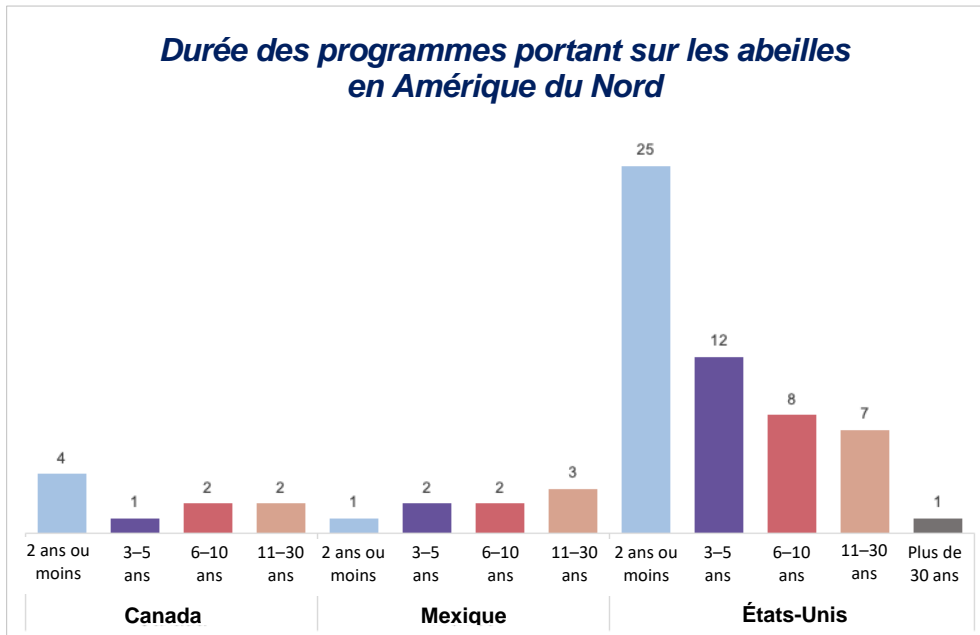


Il convient de noter que tous les programmes au Canada cités par les répondants au questionnaire se concentrent sur le genre *Bombus* ou ne ciblent pas un sous-ensemble particulier d'abeilles indigènes, alors que plus de la moitié des programmes au Mexique et aux États-Unis ciblent des espèces autres que *Bombus*.

Les programmes relatifs aux abeilles indigènes sont axés sur la diversité, l'abondance et la composition des communautés d'espèces de pollinisateurs. Ils cherchent souvent à établir des renseignements de base sur les espèces d'abeilles indigènes dans une zone donnée afin de comprendre les répercussions des modifications du paysage (liées aux changements climatiques, à l'activité humaine ou à d'autres facteurs) sur les abeilles, ou encore l'efficacité des efforts de restauration de leur habitat. Certains programmes évaluent les différences de taille des populations d'une seule espèce d'abeilles dans plusieurs types d'habitats afin de déterminer les effets de la variabilité des ressources disponibles ou de l'activité humaine (c.-à-d. la perte ou la fragmentation d'habitats).

Le plus ancien programme relatif aux abeilles indigènes en Amérique du Nord mentionné dans le questionnaire a été lancé en 1946 et est géré par la *Pollinating Insect Research Unit* (Unité de recherche sur les insectes pollinisateurs) de Logan (Utah), qui relève de l'*Agricultural Research Service* (ARS, Service de recherche agricole) du *US Department of Agriculture* (USDA, ministère de l'Agriculture des États-Unis). Toutefois, environ la moitié des réponses des États-Unis concernent des programmes qui ont débuté au cours des deux dernières années. La durée des programmes au Canada et au Mexique est plus uniformément répartie, comme le montre la figure 3. En ce qui concerne la durée, il est important de noter que tous les programmes ne sont pas destinés à être pérennes et qu'il n'est pas toujours possible de viser le long terme en raison des limitations en matière de financement et d'expertise taxonomique.

Figure 3. Durée des programmes portant sur les abeilles indigènes dans chaque pays, d'après les réponses questionnaire



2.2 Surveillance de l'habitat

Un peu moins de la moitié (44 %) des programmes décrits dans les réponses au questionnaire se déroulent dans des zones naturelles, parfois à l'intérieur ou à proximité d'une aire protégée. Environ un quart des programmes se concentre sur des habitats urbains ou agricoles (28 % et 23 % respectivement), et seulement 5 % visent d'autres types de zones (zones de restauration, arboretums, zones industrielles, etc.). Voir la figure 4.

Figure 4. Types d'habitat dans lesquels les abeilles font l'objet d'un suivi en Amérique du Nord, d'après les réponses au questionnaire

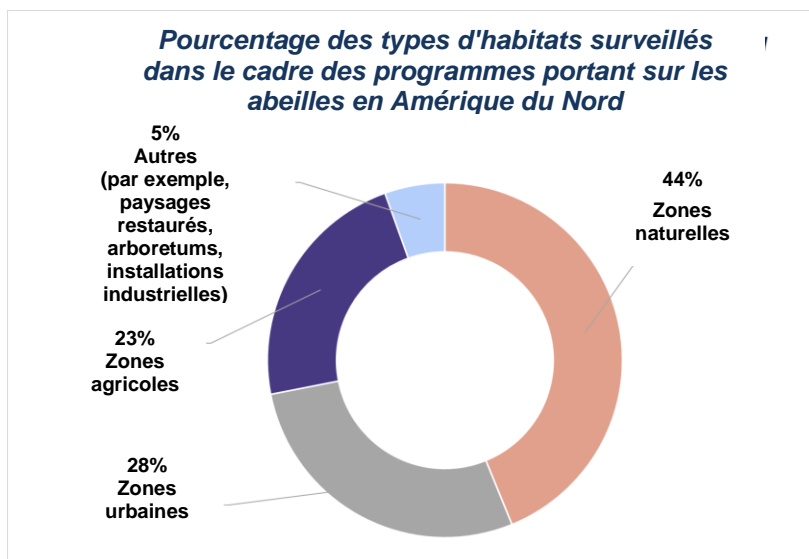
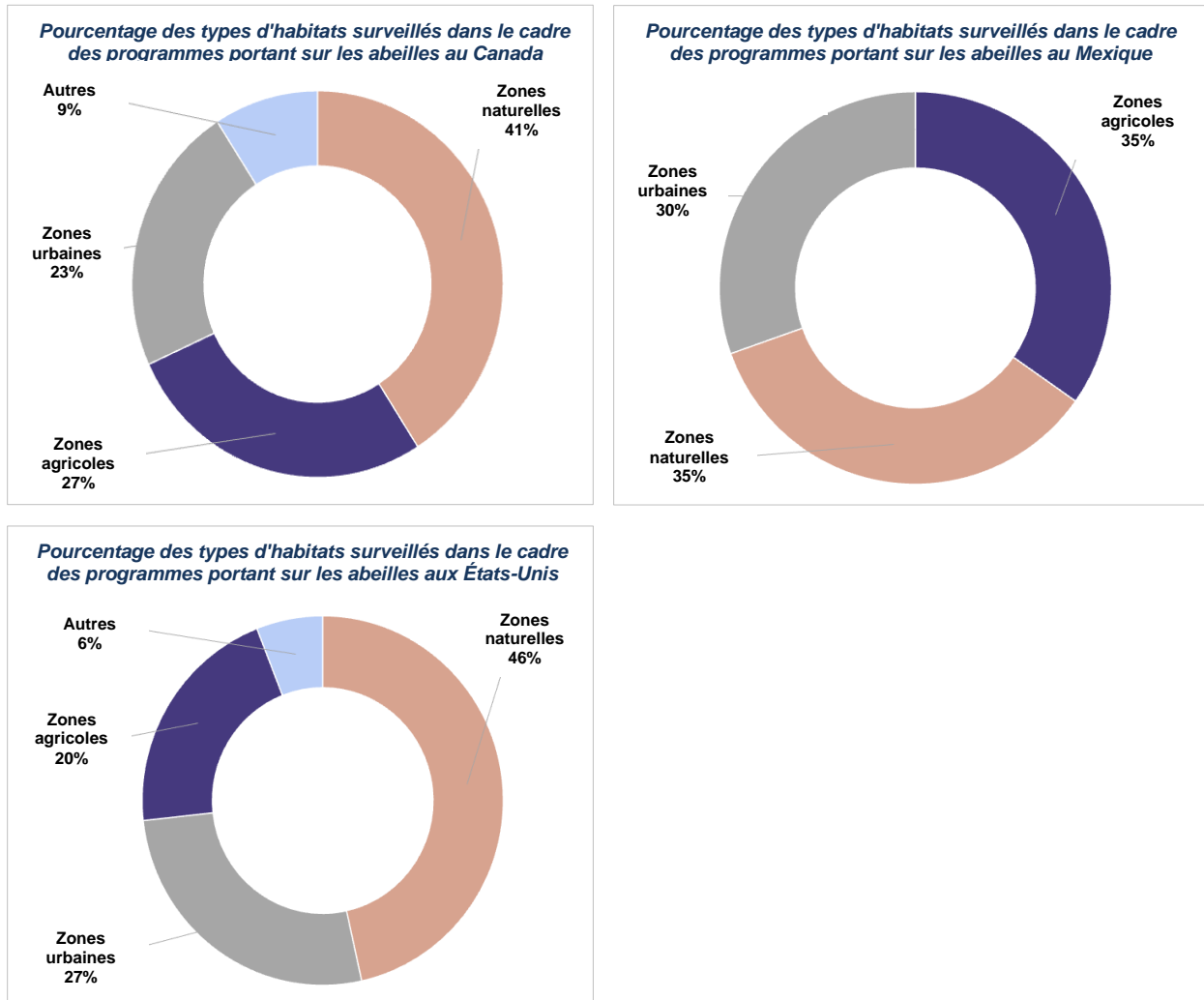


Figure 5. Proportion des types d'habitat surveillés au Canada, au Mexique et aux États-Unis, d'après les réponses au questionnaire



La répartition des habitats surveillés est à peu près similaire dans les trois pays, bien que le Mexique ait une proportion supérieure de programmes portant sur les zones agricoles que les deux autres pays, et que les États-Unis aient un pourcentage supérieur de programmes portant sur les zones naturelles par rapport au Canada et au Mexique. Voir la figure 5.

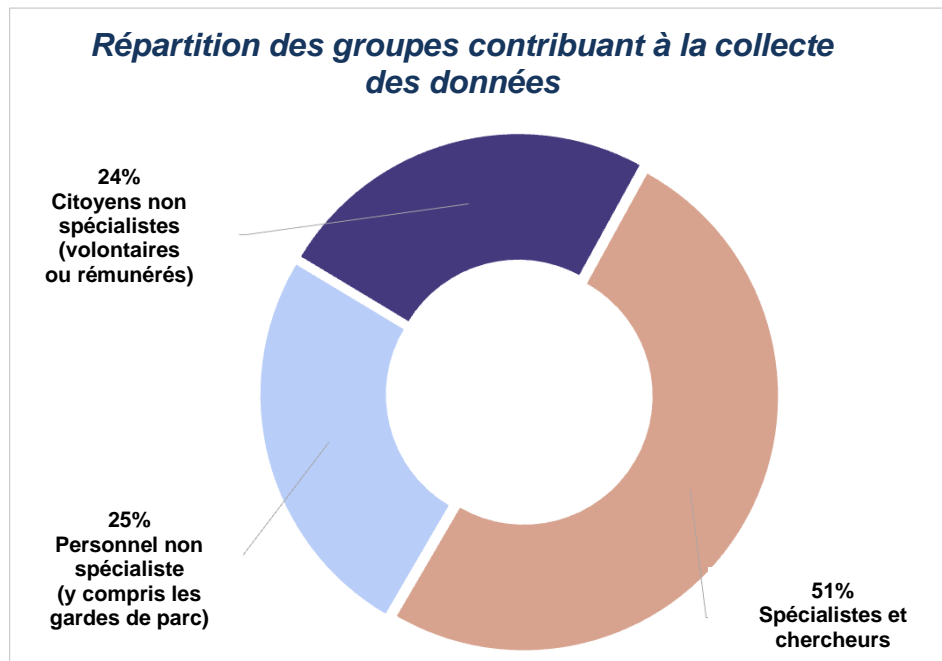
2.4 Participants aux programmes

Les participants aux programmes relatifs aux abeilles indigènes sont diversifiés. Comme indiqué plus haut, les programmes sont généralement gérés par différents ordres de gouvernement, des universités, ou encore des ONG ou des organismes à but non lucratif, souvent en partenariat.

De nombreux programmes font appel à des personnes non expertes (des « non-experts » ou « non-spécialistes ») pour la collecte de données d'échantillonnage. Il peut s'agir de citoyens scientifiques bénévoles ou d'employés qui n'ont pas d'expertise scientifique, mais dont le travail les amène à se rendre dans des zones d'échantillonnage. Comme le montre la figure 7, près de la moitié des programmes qui ont répondu au questionnaire comptent sur la participation de non-experts (qu'il s'agisse de membres du public ou d'employés qui n'ont pas les connaissances spécialisées nécessaires) à la collecte des données. La facilité d'utilisation relative des différents types de méthodes d'échantillonnage est examinée à la section 3.2.

L'identification taxonomique, quant à elle, requiert une expertise approfondie. La grande diversité d'espèces d'abeilles indigènes et les caractéristiques microscopiques – et souvent difficiles à reconnaître – qui permettent de les identifier requièrent généralement une formation poussée ou des années de pratique. Dans environ les trois quarts des programmes (d'après les réponses au questionnaire), l'identification taxonomique est effectuée par le personnel du programme; toutefois, elle peut également être réalisée par des tiers. Dans certains cas, le codage à barres de l'ADN est également utilisé lorsque les ressources le permettent.

Figure 7. Type de personnel participant à la collecte de données, d'après les réponses au questionnaire

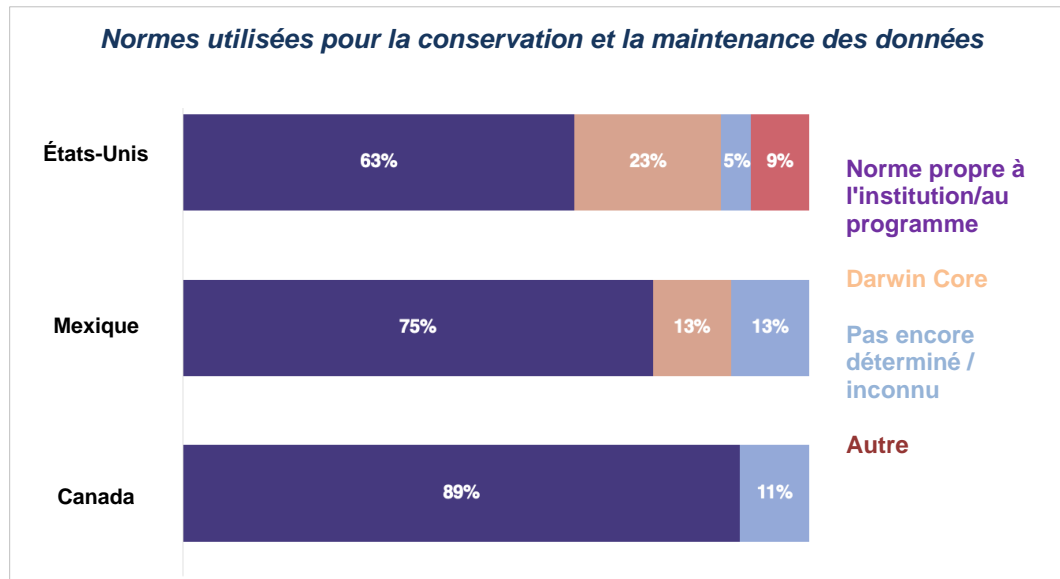


Note : de nombreux programmes comptent à la fois sur des experts et des non-experts

2.5 Gestion des données

La majorité des programmes dans chaque pays utilisent les normes de données de leur institution respective, bien que la proportion varie d'un pays à l'autre : 63 % aux États-Unis, 75 % au Mexique et 89 % au Canada. Les répondants au questionnaire qui n'utilisent pas leur propre norme institutionnelle citent le plus souvent la norme Darwin Core. La figure 8 résume les réponses au questionnaire et cette question est abordée plus en détail au chapitre 3.

Figure 8. Normes de données utilisées, d'après les réponses au questionnaire



3 Considérations et conseils relatifs à la conception des programmes

Le présent chapitre énonce des considérations, des conseils et des exemples de programmes et de protocoles en lien avec les éléments suivants d'un programme de surveillance des abeilles indigènes : méthode d'échantillonnage, organisation spatiale, référentiels de spécimens et suivi des fonctions écosystémiques, de concert avec les attributs des abeilles et les normes de données.

L'objectif, le contexte et les ressources disponibles pour un programme d'inventaire ou de surveillance détermineront bon nombre des décisions prises concernant les aspects énumérés ci-dessus. Par exemple, certains programmes sont axés sur la conservation, tandis que d'autres se concentrent sur les services de pollinisation essentiels des abeilles. Certains programmes ciblent des espèces ou des groupes d'abeilles particuliers, tandis que d'autres cherchent à comprendre la diversité et l'abondance des pollinisateurs de manière générale. Certains travaux visent à recueillir des données qui pourraient servir de référence, mais d'autres ont pour objet de déterminer l'état et les tendances des populations, la dynamique des communautés biologiques ou l'efficacité à long terme des efforts de conservation. Des programmes peuvent également

avoir pour objectif de sensibiliser et de mobiliser des non-spécialistes, ce qui a une incidence sur les méthodes d'échantillonnage choisies.

Parmi les éléments pris en considération lors de la définition de l'objectif d'un programme de surveillance des abeilles indigènes, on compte l'espèce étudiée, la région étudiée, les associations d'espèces à des habitats particuliers, la documentation et les données existantes, les besoins en matière de conservation, ainsi que les changements climatiques et les répercussions de l'activité humaine.

Un programme de collecte d'informations sur les abeilles peut être créé pour atteindre un seul objectif ou plusieurs, notamment l'inventaire, la surveillance et le relevé des abeilles indigènes, ainsi que la collecte de références taxonomiques. Il est important de déterminer les objectifs qui permettront d'atteindre le but du programme de surveillance, de même que l'échelle à laquelle la mise en œuvre doit être effectuée. En raison de la nature des sources et des cycles de financement, il se peut également qu'un programme à court terme devienne un programme de plus longue durée si les ressources peuvent être maintenues.

3.1 Méthodes d'échantillonnage

Les répondants au questionnaire ont nommé quatre méthodes d'échantillonnage principales pour les programmes d'inventaire et de surveillance des abeilles indigènes en Amérique du Nord⁴ : les pièges bols, ou pièges à eau (figure 9), les pièges à ailettes (figure 10), les filets à main (figure 11) et les photos ou observations (figure 12). La présente section donne une vue d'ensemble de ces quatre principales méthodes et en décrit les avantages et les inconvénients (voir les tableaux 1 à 4). Quelle que soit la méthode utilisée, le temps consacré à l'échantillonnage et le travail de la personne doivent être consignés.

⁴ Ces quatre méthodes font l'objet de la présente section parce qu'elles se sont nettement dégagées des réponses au questionnaire en ligne distribué dans le cadre du projet. En revanche, Portman et coll. (2020) décrivent seulement trois méthodes (pièges bols, filets et observations) courantes aux États-Unis, et Prendergast et coll. (2020) ne prennent pas en compte les observations, mais incluent les appâts, les aspirateurs, les pièges Malaise et les nids trappes.

Tableau 1. Vue d'ensemble de la méthode d'échantillonnage par piège bol (piège à eau)

Pièges bols (pièges à eau) <i>Méthode passive et létale</i>	
Composants	Des bols colorés sont remplis d'eau et de savon non parfumé dans une proportion allant du quart aux trois quarts du volume (les couleurs peuvent varier d'un programme à l'autre, mais il s'agit généralement d'une combinaison de blanc, de bleu et/ou de jaune vifs, et un motif d'astérisque peut être dessiné au fond du bol).
Emplacement	Les pièges sont situés le long de transects; généralement, les bols sont placés seuls, en alternance de couleurs, ou en groupes contenant un bol de chaque couleur.
Durée	De 24 à 72 heures Après 72 heures, les spécimens peuvent se dégrader dans l'eau savonneuse (Fulkerson et coll., 2022, p. 12).
Identification des spécimens	Les spécimens peuvent être identifiés hors site ou sur place par des experts en taxonomie. Les échantillons peuvent également être envoyés pour codage à barres de l'ADN.
Divers	La végétation autour du piège bol ou piège à eau peut être dégagée, ou les bols peuvent être surélevés au-dessus de la couverture végétale pour être plus visibles (Evans et coll., 2018, p. 163; Galpern, 2020; réponses au questionnaire). Selon l' <i>Alaska Bee Atlas</i> (Atlas des abeilles de l'Alaska), un échantillon de 15 pièges bols est suffisant dans les microhabitats pour estimer avec précision l'abondance et la diversité des espèces. Jusqu'à 30 pièges bols peuvent être utilisés pour les habitats vastes; cependant, la taille de l'échantillon dépend de l'habitat à étudier (Fulkerson et coll., 2022, p. 12). Les effets sur les populations doivent être atténués; à cette fin, on doit éviter d'utiliser les pièges pendant l'émergence des reines et le butinage au début du printemps pour les espèces non solitaires (Droege et coll., 2017, p. 2).

Figure 9. Piège bol



Photo par J. Crowder (2019). Récupérée sur Flickr.

Tableau 2. Vue d'ensemble de la méthode d'échantillonnage par piège à ailettes

Pièges à ailettes Méthode passive et létale	
Composants	<p>On utilise un pot en plastique pourvu d'un bouchon en forme d'entonnoir renversé; on choisit généralement du bleu vif pour attirer le plus grand nombre et la plus grande diversité d'abeilles (Acharya et coll., 2022, p. 1).</p> <p>Le fumigant contenu dans les pièges tue les abeilles et les autres insectes qui peuvent y pénétrer (Fulkerson et coll., 2021, p. 13).</p> <p>Le piège est fixé à un piquet de manière à se trouver au-dessus de la végétation.</p>
Emplacement	<p>Les pièges sont placés à la fin des transects dans une zone d'échantillonnage lorsque des pièges bols sont utilisés comme méthode complémentaire. Cette méthode peut aussi être utilisée seule.</p>
Durée	<p>Il est généralement recommandé de laisser les pièges en place de 24 à 72 heures, bien qu'un protocole indique qu'ils peuvent être laissés jusqu'à 7 jours dans la zone d'échantillonnage (Fulkerson et coll., 2022, p. 14).</p>
Identification des spécimens	<p>Les spécimens peuvent être identifiés hors site ou sur place par des experts en taxonomie. Les échantillons peuvent également être envoyés pour codage à barres de l'ADN.</p>
Divers	<p>Les pièges doivent être surélevés d'environ un mètre et fixés à l'horizontale pour que l'accumulation d'eau y soit réduite au minimum.</p> <p>Les pièges à ailettes demandent un peu plus de temps que les pièges bols, car il est possible que certains spécimens soient encore en vie après avoir été piégés. Les abeilles encore vivantes après la collecte du piège doivent être transférées dans un bocal à poison. Les bocaux à poison peuvent être scellés et contiennent une couche de plâtre au fond qui absorbe un insecticide meurtrier, comme l'acétate d'éthyle (Fulkerson et coll., 2022, p. 16).</p> <p>Les effets sur les populations doivent être atténués; à cette fin, on doit éviter d'utiliser les pièges pendant l'émergence des reines et le butinage au début du printemps pour les espèces non solitaires (Droege et coll., 2017, p. 2).</p>

Figure 10. Piège à ailettes



Photo par S. Galbraith (2019). Récupérée sur Flickr.

Tableau 3. Vue d'ensemble de la méthode d'échantillonnage par filet

Capture au filet <i>Méthode active pouvant être létale ou non létale</i>	
Composants	Les abeilles sont capturées dans un filet à main, soit de manière ciblée, soit par balayage de la végétation d'un mouvement régulier. Deux techniques sont utilisées pour capturer les abeilles : effectuer des mouvements rapides avec le filet ou le poser lentement sur une fleur et refermer l'ouverture par rotation du manche pour emprisonner l'abeille (Fulkerson et coll., 2022, p. 15).
Emplacement	Les transects et les zones varient; les participants ne doivent pas rester au même endroit longtemps, mais marcher constamment dans le site d'échantillonnage (Evans et coll., 2018, p. 163). Ils doivent marcher à un rythme d'environ 3 m (10 pi) par minute (Jordan et coll., 2016, p. 9).
Durée	La durée réelle de l'échantillonnage peut varier, mais elle est généralement limitée par la disponibilité des collecteurs de données.
Identification des spécimens	Cela dépend en partie de la méthode utilisée : létale ou non létale. Si l'on choisit la méthode létale, le spécimen peut être envoyé hors site pour identification. L'échantillonnage non létal implique de transférer le spécimen dans un flacon après la capture, puis de le placer dans une glacière pour induire un état hypothermique (Hatfield et coll., 2020, p. 10). L'abeille peut être retirée du flacon et photographiée après 10 à 15 minutes ou après qu'elle a manifesté un ralentissement des mouvements (Fulkerson et coll., 2022, p. 17).
Divers	Une approche en équipe peut faciliter la capture, le chronométrage de la recherche active et la consignation des données. Si plusieurs participants échantillonnent une même zone, le temps consacré à l'échantillonnage actif des abeilles doit être réparti de manière égale entre chaque personne (Fulkerson et coll., 2022, p. 15; Hatfield et coll., 2020, p. 10). Il est important de former les personnes à l'identification des abeilles en fonction du mouvement, et non pas simplement de la taille, de la forme ou de la couleur (Little, s.d., p. 4).

Figure 11. Capture d'abeilles avec des filets



Photo par R. Lehman (2018), Intermountain Forest Service, USDA Region 4. Récupérée sur Wikimedia Commons.

Tableau 4. Vue d'ensemble de la méthode d'échantillonnage par photo

Photos <i>Méthode active et non létale</i>	
Composants	Les abeilles peuvent être photographiées lorsqu'elles se déplacent d'une fleur à l'autre, après avoir été capturées par filet et ensuite congelées, ou elles peuvent être transférées dans une chambre photo pour permettre de prendre des photographies adéquates des caractéristiques physiques afin d'identifier l'espèce (Fulkerson et coll., 2022, p. 16).
Emplacement	L'emplacement peut varier.
Durée	La durée peut varier.
Identification des spécimens	L'identification peut être réalisée par des experts hors site, mais elle dépend beaucoup de la qualité des photographies prises.
Divers	<p>Il faut s'assurer que l'ombre du photographe reste derrière lui pendant toute la durée de la période d'échantillonnage (se tenir ou s'approcher en étant face au soleil). Le fait de plonger une fleur dans l'ombre ou de s'approcher rapidement d'un spécimen peut l'effrayer et le faire fuir, ce qui réduit considérablement la possibilité de prendre suffisamment de photos pour pouvoir l'identifier (Jordan et coll., 2016, p. 39).</p> <p>Les photos d'abeilles sur les fleurs sont utiles pour consigner les associations pollinisateur-plante et le nombre de visiteurs pour chaque espèce de fleurs. Toutefois, dans la mesure du possible, ces informations doivent toujours être associées aux données relatives à la disponibilité des espèces de fleurs, pour qu'il soit possible de déterminer la surutilisation ou la sous-utilisation des diverses espèces.</p> <p>Il n'est pas recommandé d'utiliser uniquement la photographie pour identifier les abeilles solitaires, car certaines caractéristiques importantes sont difficiles à identifier seulement avec des photos. Il faut plutôt les recenser à l'aide de méthodes létales (Fulkerson et coll., 2022, p. 17).</p>

Figure 12. Observation photographique d'un bourdon fébrile



Photo par R. Hodnett (2018). Récupérée sur Wikimedia Commons.

3.2 Avantages et inconvénients des principales méthodes d'échantillonnage

Le tableau 5 présente un résumé de ces méthodes ainsi que certains de leurs avantages et inconvénients. Comme indiqué au chapitre 2, de nombreux programmes utilisent une combinaison d'au moins deux de ces méthodes.

Tableau 5. Résumé des quatre principales méthodes d'échantillonnage des abeilles indigènes décrites dans le présent rapport

Méthode d'échantillonnage	Avantages	Inconvénients
Pièges bols/pièges à eau	<ul style="list-style-type: none"> • Faciles à déployer avec une formation limitée • Faible coût par rapport à d'autres méthodes pour la collecte de l'échantillon, mais pas nécessairement pour son identification • Normalisation facile (matériel, protocole) • Inclusion possible de la collecte de données sur l'habitat, la phénologie ou la géographie (Hatfield et coll., 2020, p. 12) 	<ul style="list-style-type: none"> • Attraction inégale des divers types d'abeilles, pouvant favoriser certaines espèces ou entraîner un biais en fonction du genre (les halictes étaient le plus souvent capturées; Portman et coll., 2020, p. 338) • Incidence possible de la couleur sur l'efficacité du piège et les types d'abeilles capturées • Association de l'abeille à la fleur hôte impossible • Dégradation possible des échantillons • Méthode létale avec risque de captures accessoires • Identification pouvant nécessiter l'intervention d'un taxonomiste
Pièges à ailettes	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation et maintien au fil du temps faciles (mais nécessitant plus de compétences que les pièges bols) • Normalisation facile (matériel, protocole) • Inclusion possible de la collecte de données sur l'habitat, la phénologie ou la géographie (Hatfield et coll., 2020, p. 12) 	<ul style="list-style-type: none"> • Incidence possible de la couleur sur l'efficacité et les types d'abeilles capturées • Association de l'abeille à la fleur hôte impossible • Dégradation possible des échantillons • Méthode létale avec risque de captures accessoires • Coûts légèrement supérieurs à ceux de l'installation et de la mise en place de pièges bols • Identification pouvant nécessiter l'intervention d'un taxonomiste

Filets (capture par balayage ou ciblée)	<ul style="list-style-type: none"> • Ciblage possible de certains types d'abeilles si le collecteur est formé pour les reconnaître • Association de l'abeille à la fleur hôte possible, si désiré • Spécimens capturés en bon état et pouvant être relâchés • Méthode pouvant être non létale, ce qui convient pour les espèces menacées 	<ul style="list-style-type: none"> • Biais en faveur des abeilles plus faciles à voir ou à attraper, comme les bourdons • Habiletés supérieures requises par rapport aux pièges passifs (pièges bols, pièges à ailettes) • Normalisation difficile, en particulier sur un terrain accidenté ou boisé (Krahner et coll., 2021, p. 2) • Méthode relativement exigeante en main-d'œuvre et difficile à maintenir au fil du temps
Photos ou observations	<ul style="list-style-type: none"> • Méthode non létale sans captures accessoires, ce qui convient pour les espèces menacées (MacPhail et coll., 2019, p. 2) • Méthode pouvant servir d'outil d'évaluation pour déterminer les zones propices aux observations officielles (Cairns et coll., 2005, p. 687) • Inclusion possible de la collecte de données sur l'habitat, l'association avec les plantes, la phénologie ou la géographie (Hatfield et coll., 2020, p. 12) • Possibilité d'intégration de l'apprentissage de l'ordinateur à des fins d'identification (voir les méthodes émergentes) 	<ul style="list-style-type: none"> • Aucun échantillon prélevé en vue d'un examen approfondi • Difficulté de prendre des photos de haute qualité permettant l'identification des espèces

Source : Les considérations générales concernant les pièges bols (pièges à eau), les pièges à ailettes et les filets à main sont tirées de Prendergast et coll. (2020), sauf mention contraire.

Considérations sur les pièges bols (pièges à eau) et les pièges à ailettes

Les avantages des différentes méthodes d'échantillonnage, très brièvement résumés dans le tableau ci-dessus, font l'objet d'un débat plus approfondi dans la documentation publiée. Tronstad et coll. (2022) ont comparé les pièges bols (pièges à eau), les pièges à ailettes et la capture ciblée au filet pour comprendre les changements dans l'abondance et la richesse (c.-à-d. l'abondance d'espèces) des abeilles dans des habitats variés et à diverses altitudes dans le Wyoming (États-Unis). Ils ont conclu que les pièges à ailettes capturent un plus grand nombre et une plus grande diversité d'abeilles que les pièges bols (pièges à eau), et nécessitent moins d'échantillons que la capture ciblée au filet (qui ne ciblait que les bourdons dans leur étude). Ils ont recommandé d'espacer les pièges à ailettes de 15 à 20 m pour surveiller les abeilles et les bourdons, et de compléter les efforts de capture de bourdons par une capture ciblée au filet lorsque possible (Tronstad et coll., 2022, p. 3). L'article décrit également l'analyse de puissance

utilisée pour estimer l'abondance et la richesse avec le moins de pièges possible, mais note que l'échantillonnage doit être augmenté pour le suivi sur de plus vastes zones. L'utilisation de pièges bols (pièges à eau) est également encouragée dans les zones où l'utilisation de filets à main n'est pas sûre ou est particulièrement difficile à mettre en œuvre de manière cohérente, en raison d'un terrain qui est escarpé ou qui pose d'autres difficultés. (Krahner et coll. [2021] insistent sur ce point dans une étude des options de surveillance dans des vignobles escarpés où les pièges bols [pièges à eau] se sont révélés plus efficaces que les pièges Malaise ou les nids trappes, moins couramment utilisés).

Toutefois, Portman et coll. (2020) remettent en question les pièges bols (pièges à eau), soulignant que l'accent mis sur ces pièges dans l'article s'explique par leur utilisation très répandue⁵. Selon l'article, le principal problème de ces pièges est qu'ils ont tendance à capturer principalement des Halictidae (halictes). Cela a été déterminé après l'analyse d'études réalisées dans divers habitats, dans le cadre desquelles les Halictidae représentaient entre 40 % et 96 % des abeilles capturées. Les seules exceptions concernaient la période de floraison dans les vergers de pommiers et dans le désert de l'Utah, des environnements où une grande variété d'abeilles étaient présentes. Si la plupart des abeilles de cette famille sont faciles à identifier, certaines ne le sont pas et peuvent donc nécessiter une expertise taxonomique approfondie. La famille des Halictidae est aussi généralement décrite comme présentant une importance moindre que d'autres sur le plan de la conservation, car elle est connue pour se trouver dans des habitats perturbés (p. ex., les parkings, les décharges et les aires de stationnement des stations-services ont été mentionnés comme exemples).

Si Portman et coll. (2020) se concentrent sur les pièges bols (pièges à eau), ils indiquent également que les mêmes problèmes se posent pour les pièges à ailettes, notamment le biais taxonomique et la relation incertaine avec la couverture florale (p. ex., les abeilles sont-elles plus attirées par les pièges lorsqu'il n'y a pas de fleurs, ou encore sont-elles plus susceptibles d'être présentes pendant la floraison et donc d'être piégées?). L'une des études citées dans cette analyse a également soulevé la crainte que les pièges à ailettes ne fassent disparaître les populations locales de certaines espèces (Gibbs et coll., 2017, p. 579). D'autres questions sur la valeur des pièges bols (pièges à eau) concernent l'existence ou non d'un biais relatif aux mâles et aux femelles (imputable à la couleur des bols qui les attirent), l'incertitude quant à la relation entre la couleur des bols et les fleurs environnantes, et la possibilité que certaines abeilles évitent les bols par préférence pour les fleurs en général (Cane et coll., 2000, p. 229).

Considérations sur les méthodes d'échantillonnage létales

Les méthodes létales ne sont pas recommandées si une espèce en péril risque d'être capturée, ni au début du printemps, lorsque les reines volent et butinent avant l'éclosion de leur première couvée (MacPhail et coll., 2019, p. 599). (Ce ne sont pas toutes les espèces d'abeilles qui ont une reine, mais c'est le cas des bourdons qui font l'objet d'une surveillance régulière, tel le bourdon américain.) D'un autre côté, les méthodes létales présentent l'avantage de permettre la collecte et le stockage en vue d'une identification ultérieure par des taxonomistes (Freire-Ramírez et coll., 2014, p. 510). Elles offrent aussi la possibilité de soutenir la taxonomie dans son ensemble, ainsi que d'étudier la génétique et la santé par l'examen approfondi de spécimens (Droege et coll., 2017, p. 3).

⁵ Cette constatation, fondée sur la recherche d'articles scientifiques, est étayée par les résultats du questionnaire en ligne, où les pièges bols se sont révélés être la deuxième méthode d'échantillonnage la plus courante après les filets.

Une proposition de protocole-cadre national pour la surveillance des abeilles aux États-Unis aborde les considérations relatives à l'utilisation de méthodes d'échantillonnage létales et cite la facilité d'utilisation et la reproductibilité des pièges létaux comme étant des avantages importants pour la détermination normalisée de données de base et de tendances au fil du temps (Droege et coll., 2017, p. 3).

Droege et coll. (2017) expliquent également que, dans la plupart des cas, l'échantillonnage légal ne provoque pas de décès inutiles dans une population. C'est ce que confirment Gezon et coll. (2015), qui ont constaté qu'un échantillonnage toutes les deux semaines à l'aide de pièges bols (pièges à eau) n'a pas de répercussions sur la structure de la communauté d'abeilles. L'étude de Gibbs et coll. (2017) compare les pièges à ailettes aux filets dans les vergers en fleurs et conclut que les pièges à ailettes ont permis d'approfondir les connaissances sur la diversité dans les zones étudiées, car ils ont capturé des espèces⁶ qui n'étaient pas présentes dans les captures au filet. Toutefois, le déclin de certaines espèces⁷ au cours des trois années d'étude inquiète, et les auteurs recommandent vivement d'utiliser les pièges à ailettes avec une grande prudence.

Combinaison de plusieurs méthodes d'échantillonnage

Deux méthodes d'échantillonnage (ou parfois plus) sont souvent utilisées ensemble dans un même programme; fréquemment, des méthodes qui prennent peu de temps, comme les pièges bols (pièges à eau) et les pièges à ailettes, sont combinées avec des méthodes qui en prennent plus, comme les filets ou les photos (Tronstad et coll., 2020, p. 1).

Bien qu'elle nécessite beaucoup de ressources, la capture active au filet permet à elle seule de recueillir une grande diversité d'abeilles, car ce ne sont pas toutes les espèces qui sont attirées par les pièges fixes (Domínguez-Álvarez et coll., 2009, p. 430; Fulkerson et coll., 2022, p. 15). Les programmes cités dans le questionnaire qui utilisaient une seule méthode de surveillance étaient plus susceptibles de choisir la capture au filet.

Participation de citoyens scientifiques

Comme indiqué au chapitre 2, il est courant que les programmes de surveillance des abeilles indigènes comptent sur la participation du public (citoyens scientifiques) ou d'autres personnes non expertes (comme les employés d'un parc). Les citoyens scientifiques, en particulier, peuvent participer à des programmes en utilisant iNaturalist pour localiser et transmettre leurs observations ou en appliquant des méthodes d'échantillonnage simples comme les pièges bols (pièges à eau). L'avantage de leur participation est l'élargissement de l'ampleur de l'échantillonnage dans le temps et dans l'espace. Cependant, les citoyens scientifiques auront souvent besoin d'une formation et il faudra peut-être faire appel à des taxonomistes pour procéder aux premières identifications ou vérifier les identifications, en particulier si l'objectif est de documenter avec précision les spécimens au niveau de l'espèce.

⁶ *Eucera atriventris*, *Eucera hamata*, *Bombus fervidus* et *Agapostemon virescens*.

⁷ *Lasioglossum pilosum* et *Eucera* spp.

Tirer parti du pouvoir des citoyens scientifiques : le programme *Bumble Bee Watch* (Surveillance des bourdons)

La science citoyenne peut exercer une action bénéfique sur les activités de surveillance en améliorant la couverture, en réduisant les coûts et en procurant des avantages aux participants; néanmoins, les imprécisions et les erreurs potentielles peuvent influencer sur l'interprétation des résultats (MacPhail et coll., 2020b, p. 2). Il importe que des experts vérifient les activités et les résultats des citoyens scientifiques pour veiller à ce que les efforts investis fournissent des informations précises et fiables. Les diverses espèces de *Bombus* peuvent être de particulièrement bonnes candidates pour les programmes de surveillance qui font appel à des citoyens scientifiques, car elles exercent un attrait certain et elles sont relativement faciles à identifier à partir de photos de bonne qualité (MacPhail et coll., 2020b, p. 4; Lye et coll., 2012, p. 698; Suzuki-Ohno et coll., 2017, p. 1; Falk et coll., 2019, p. 13). De surcroît, 28 % des espèces de bourdons d'Amérique du Nord sont exposées à un certain degré de menace d'extinction ([Xerces Society](#), s.d., Liste rouge de l'[Union internationale pour la conservation de la nature \[UICN\]](#)), ce qui justifie leur surveillance et leur conservation.

« *Bumble Bee Watch* est un programme de science citoyenne sur Internet dans le cadre duquel les participants photographient des espèces de *Bombus* n'importe où en Amérique du Nord, téléversent des photos et des informations pertinentes sur l'emplacement de l'observation et utilisent une clé d'identification interactive » [traduction] pour identifier l'espèce, ce qui est ensuite vérifié par les experts (MacPhail et coll., 2019, p. 599). Le programme est le fruit d'une coopération entre Conservation de la faune au Canada, la *Xerces Society for Invertebrate Conservation* (Société Xerces pour la conservation des invertébrés) et la faculté des études environnementales de l'Université York, avec des partenaires fondateurs et des conseillers scientifiques de l'Université d'Ottawa, de l'Insectarium de Montréal, du Musée d'histoire naturelle de Londres et de *BeeSpotter* (Observation d'abeilles) de l'Université de l'Illinois. Le programme a lancé un site Web en 2014 et a conçu des applications pour les appareils mobiles (MacPhail et coll., 2019, p. 599). Les utilisateurs ne sont pas tenus d'avoir de compétences en identification des espèces, et l'échantillonnage photographique n'est pas légal, ce qui élimine l'exigence de protocoles relatifs à la conservation, à l'équipement et à la surveillance (MacPhail et coll., 2020b, p. 4). En janvier 2018, pour 86 % de toutes les observations de bourdons soumises et vérifiées, les spécimens avaient été identifiés au niveau de l'espèce (MacPhail et coll., 2019, p. 598). La *Xerces Society* traduit actuellement le site Web en espagnol afin de faciliter les observations et la participation des hispanophones (réponse au questionnaire).

Les données de *Bumble Bee Watch* ont été combinées à celles d'autres sources pour évaluer l'état du bourdon américain (*Bombus pensylvanicus*), ce qui a conduit MacPhail et coll. à recommander le statut « en voie de disparition » au Canada, en appliquant les critères de la Liste rouge des espèces menacées de l'UICN. Il s'agit de la première étude combinant des données issues de la science citoyenne à des données historiques recueillies par des experts afin d'examiner l'état d'une espèce de bourdon dans le pays. Les observations récentes ont ensuite été comparées à Google Maps et Street View pour déduire les habitats préférés, la majorité (73 %) des observations en question ayant eu lieu à proximité de prairies et d'anciens champs (MacPhail et coll., 2019, p. 607). Malgré la création récente de *Bumble Bee Watch*, ses données ont été jugées « particulièrement précieuses par les chercheurs, car elles représentent 20 % des enregistrements récents et 36 % des données de localisation récentes » [traduction] pour cette espèce (MacPhail et coll., 2019, p. 605).

Les données transmises sur *Bumble Bee Watch* ont ensuite été examinées pour évaluer l'exactitude de l'identification des espèces (MacPhail et coll., 2020b, p. 1). En moyenne, les

utilisateurs ont été en mesure d'identifier correctement l'espèce dans environ 53 % des cas, ce qui est semblable aux mesures d'autres programmes (MacPhail et coll., 2020b, p. 19). Les utilisateurs ont indiqué l'espèce de manière incorrecte dans 38 % des cas et 9 % des observations soumises ne concernaient pas des bourdons (MacPhail et coll., 2020b, p. 10-12). Cependant, la justesse de l'identification varie selon l'espèce. Seules 10 espèces ont atteint le seuil de 80 % de concordance qui réduirait la nécessité d'un examen par des experts, tandis que les 32 autres espèces sont restées en deçà de ce seuil (MacPhail et coll., 2020b, p. 19-20). Les espèces menacées étaient plus susceptibles d'être mal identifiées (MacPhail et coll., 2020b, p. 20). Cela souligne la nécessité de soumettre les programmes de science citoyenne à des protocoles d'assurance de la qualité. Les experts ont également indiqué que de nouveaux matériels éducatifs et des messages-guides ou des points de contrôle supplémentaires dans le processus de présentation des observations pourraient contribuer à améliorer l'identification des espèces (MacPhail et coll., 2020b, p. 25).

Pour en savoir plus sur *Bumble Bee Watch*, écrire à bumblebeewatch@xerces.org.

3.3 Organisation spatiale

L'organisation spatiale (ou conception de l'espace d'échantillonnage) est influencée par le but et les objectifs d'un programme de surveillance. La plupart des programmes décrits dans les réponses au questionnaire utilisent un échantillonnage stratifié ou opportuniste (voir le tableau 6), mais ces modèles peuvent être combinés à un échantillonnage aléatoire pour compléter les travaux et permettre une meilleure inférence statistique.

À l'exception de trois programmes portant sur les bourdons qui utilisent le modèle stratifié, les programmes qui adoptent cette approche, d'après les réponses au questionnaire, ne sont pas axés sur un groupe d'espèces en particulier. En revanche, les réponses au questionnaire indiquent que les programmes utilisant un modèle opportuniste surveillent précisément une ou plusieurs familles d'abeilles (ou genres de *Bombus*). Par exemple, un programme de surveillance dans le parc national des Pinnacles, en Californie, a tiré parti d'un réseau de sentiers déjà établi dans le parc pour recueillir et inventorier les communautés d'abeilles indigènes. Réalisée de 1996 à 1999, cette collecte a été la première à faire l'objet d'un inventaire dans la région, et la surveillance est toujours en cours. Les sentiers ont accru la capacité de surveillance initiale en facilitant le déploiement des dispositifs de collecte par les participants (Meiners et coll., 2019, p. 7). On trouve un autre exemple de modèle opportuniste dans une étude sur les plantes à pollinisateurs à l'emplacement d'installations solaires à grande échelle, où les chercheurs ont eu recours à la surveillance opportuniste pour évaluer la composition taxonomique dans des habitats à orientations multiples. Le suivi de l'abondance et de la diversité des abeilles indigènes, entre autres pollinisateurs, a permis de constater que la présence de plantes à pollinisateurs essentielles améliorerait les niveaux de population sur ces sites (Dolezal et Caldwell, 2021).

Tableau 6. Organisations spatiales d'échantillonnage de type stratifié et opportuniste utilisées dans les programmes de surveillance des abeilles indigènes

Organisation spatiale	Description	Considérations
Type stratifié	Le paysage est divisé en petites zones de taille égale, selon des classes représentatives de la couverture terrestre, et chaque zone est échantillonnée individuellement.	Cette conception de l'espace permet de se concentrer sur les zones prioritaires lorsque la zone surveillée est grande ou lorsque les habitats sont hétérogènes sur un site d'échantillonnage ou dans un paysage (Hatfield et coll., 2020, p. 9). Elle peut permettre aux chercheurs d'obtenir des données représentatives de l'ensemble de la population de plusieurs espèces.
Type opportuniste	Les lieux d'échantillonnage dépendent en grande partie de la facilité d'accès ou des choix de la personne qui recueille les données (p. ex., une personne qui prend une photo avec iNaturalist ou qui effectue un suivi le long d'un réseau de sentiers).	Ce modèle peut être utilisé dans des habitats hétérogènes et des habitats où plusieurs espèces sont présentes, ou lorsqu'un habitat offre la possibilité de surveiller une zone particulière. Si un nombre suffisant de personnes procède à un échantillonnage opportuniste et qu'il existe une certaine mesure de l'effort (p. ex., le temps consacré à l'échantillonnage), il est alors possible d'obtenir des résultats robustes en matière de répartition géographique et de tendances des populations (p. ex., eBird).

3.4 Archives et collections

Il existe en Amérique du Nord des archives et des collections d'espèces d'abeilles indigènes, où les programmes peuvent envoyer leurs spécimens en vue de leur identification, de leur traitement et de leur stockage. Environ la moitié des programmes cités dans les réponses au questionnaire stockent des échantillons dans des collections situées en Amérique du Nord. Quelques-uns de ces programmes clés ont été mis en évidence dans les réponses au questionnaire, notamment : la *United States National Pollinating Insect Collection* (Collection d'insectes pollinisateurs des États-Unis), au laboratoire des abeilles indigènes de l'USDA à Logan (Utah); le *Beneficial Insects Surveillance Network* (Réseau de surveillance des insectes bénéfiques) en Alberta, au Canada; la *Colección Abejas* (Collection d'abeilles) d'*El Colegio de la Frontera Sur* (Ecosur, Collège de la frontière Sud); l'Université de Californie à Santa Cruz et à Santa Barbara.

Un autre type de collection notable est celui des archives photographiques, qui servent d'outil aux programmes utilisant la photographie comme méthode d'identification des spécimens. [Bumble Bee Watch](#), [Bee Inventory and Monitoring](#) (Surveillance et inventaire d'abeilles) de l'*US Geological Survey* (USGS, Commission géologique des États-Unis) et iNaturalist sont des exemples de plateformes où les participants peuvent soumettre des photographies qui seront vérifiées par des experts.

3.5 Surveillance de l'habitat, des fonctions écosystémiques et d'autres paramètres

La santé des espèces d'abeilles indigènes en Amérique du Nord dépend fortement de la santé de l'écosystème environnant, des interactions entre les plantes à fleurs et les espèces, des facteurs abiotiques et de la présence de prédateurs, de concurrence et de maladies (Gezon et coll., 2015). La pollinisation a été citée par 22 des répondants au questionnaire comme une fonction écosystémique surveillée dans le cadre de leur programme, et la concurrence était également surveillée par trois de ces programmes. Le fait de donner la priorité non seulement à la surveillance des populations indigènes, mais aussi aux espèces végétales associées et aux facteurs environnementaux influents, peut améliorer considérablement la qualité des données recueillies et permettre de mieux comprendre les facteurs à l'origine des tendances démographiques (CINAT UNA, 2021, p. 64).

De plus, les programmes de surveillance des abeilles indigènes ciblent d'autres paramètres dans leurs recherches : les habitats de butinage et de nidification, les répercussions de l'utilisation des pesticides, les agents pathogènes et les parasites, ainsi que la génétique. Lors de l'établissement des tendances pour une espèce d'abeilles indigènes dans une zone donnée, il est également essentiel de suivre les tendances des conditions météorologiques, de la croissance des plantes et de la qualité du sol au fil du temps (McKnight et coll., 2018, p. 84). Ces facteurs sont des déterminants majeurs de la santé d'une population et, avec les effets des changements climatiques qui se font de plus en plus sentir, le paysage lui-même changera de manière importante. Dans certaines zones géographiques, les changements climatiques pourraient même avoir des répercussions majeures sur la présence et l'abondance des espèces indigènes. L'étude des écosystèmes les plus sensibles aux changements climatiques est très importante pour recueillir des données sur les populations avant que des changements considérables ne se produisent. On en trouve un exemple dans l'étude de Whipple et coll. (2022), qui vise à déterminer les effets des changements climatiques qui affectent le plus les pollinisateurs des écosystèmes de haute altitude dans les parcs nationaux de Yellowstone et de Grand Teton. Deux équipes ont été créées pour mener l'étude, l'une pour évaluer les données historiques sur le climat, l'autre pour étudier les collections d'histoire naturelle et les données sur les plantes et les pollinisateurs obtenues dans les zones protégées (Whipple et coll., 2022, p. 1). Le fait d'aborder une étude en gardant en tête qu'il faut recueillir des données sur de multiples facteurs autres que la présence de spécimens permet d'obtenir des résultats de qualité supérieure et peut aider les chercheurs à déterminer les ressources nécessaires à la mise en œuvre réussie du programme.

Les programmes conçus pour protéger ou conserver une population d'abeilles indigènes dans un environnement agricole appliquent souvent les principes de la régénération de la flore mellifère, notamment le fait de permettre la floraison avant que le bétail ne broute une zone et de prendre soin de la biodiversité souterraine qui contribue à la santé du sol et des écosystèmes (champignons, vers et bactéries). Une excellente qualité du sol et une densité accrue de nutriments augmentent la diversité des microbes dans le pollen, ce qui est bénéfique pour la santé des abeilles indigènes et la biodiversité globale de l'environnement (Red-Laird, 2020). Kremen et coll. (2002) et Landaverde-González et coll. (2017) ont évalué les effets de différents paysages sur les abeilles indigènes, en prêtant attention aux interactions entre les fleurs et les insectes et à la manière dont les populations se comportent dans différents écosystèmes. Pour les populations menacées, l'ajout de sources d'eau et d'habitats floraux indigènes peut constituer une solution naturelle pour accroître la diversité et la richesse des espèces d'abeilles indigènes (Dibble et coll., 2018, p. 17).

Les botanistes ou les écologistes qui travaillent avec les entomologistes apportent leur connaissance des plantes indigènes et des relations plantes-pollinisateurs. L'inclusion de spécialistes des plantes indigènes peut aider des scientifiques ou des programmes entiers à déterminer les lacunes dans les connaissances et les tendances de référence. Ces données peuvent également fournir aux chercheurs des informations sur les abeilles susceptibles de butiner certains types de flore, s'il n'y a pas de taxonomistes pour identifier immédiatement les abeilles. En outre, la collecte de données complémentaires concernant l'espèce étudiée peut permettre de déterminer avec précision les raisons du déclin d'une espèce (Hopwood et coll., 2015, p. 11; Dibble et coll., 2018, p. 17).

La surveillance d'un maximum de fonctions écosystémiques aidera également les chercheurs à dresser un tableau complet de l'essor ou du déclin d'une espèce. Des mesures de conservation ciblées peuvent être prises si un programme génère des données et des tendances qui indiquent les causes de l'évolution d'une population.

Surveillance des populations d'abeilles indigènes en tant qu'indicateurs de changements environnementaux de grande ampleur

Les effets anthropiques comme la déforestation et le développement industriel ont entraîné d'importantes pertes d'habitat pour les abeilles et exacerbé les effets des changements climatiques. Puisque de nombreuses caractéristiques du cycle vital des abeilles et de leur relation avec les plantes sont inconnues, il est de plus en plus fondamental que ces interactions avec l'habitat soient prioritaires dans la surveillance (Dibble et coll., 2018, p. 21). L'agriculture est le principal facteur de déforestation dans le monde et l'une des principales causes de perte de biodiversité des espèces; elle constitue une motivation essentielle pour la surveillance des abeilles indigènes en Amérique du Nord, ainsi que pour la mise en œuvre de programmes de conservation ou de restauration visant à soutenir ces espèces (Briggs et Brosi, 2013, p. 1210). De nombreuses espèces d'abeilles indigènes sont des spécialistes qui n'utilisent les ressources que d'un type précis de plantes ou de cultures vivrières, ce qui accroît leur sensibilité aux changements dans le milieu environnant (Schindler et coll., 2013, p. 54-55; Dibble et coll., 2018, p. 4). Les données établissant des tendances à long terme sur l'évolution de la structure des communautés d'abeilles dans les systèmes agricoles sont largement insuffisantes, mais la réalisation d'études des effets environnementaux sur le paysage avant la mise en branle d'activités peut faciliter l'utilisation des populations d'abeilles indigènes comme indicateurs de changements (Schindler et coll., 2013, p. 63).

Études sur les différents types de perturbations agricoles

Dans le sud de l'État mexicain de Chiapas, des chercheurs ont étudié la relation entre les plantations de café et les communautés locales d'abeilles à orchidées. Ils ont utilisé des pièges McPhail appâtés et de techniques de capture au filet à main et ils ont conclu que les systèmes de gestion agricole, comme les plantations de café, ont un effet délétère marqué sur l'abondance et la diversité de ces communautés d'abeilles, et que l'adoption d'une approche de polyculture dans les futurs systèmes peut combattre la perte d'espèces (Briggs et Brosi, 2013, p. 1211-1215).

L'abondance et la diversité des abeilles sauvages et la production de miel dans les grandes plaines septentrionales du Dakota du Nord, aux États-Unis, étaient positivement corrélées dans les paysages présentant différents niveaux de ressources florales et de perturbations agricoles, ce qui signifie que les endroits où les colonies d'abeilles domestiques prospèrent soutiennent également les abeilles indigènes. Il a été démontré que les cultures qui ne

fournissent pas de ressources de butinage adéquates aux abeilles ont un effet négatif sur la diversité globale. Les données indiquent que les mesures de conservation axées sur l'identification des paysages les plus favorables aux pollinisateurs et le maintien des paysages utilisés comme sources de pollen et de nectar soutiendront les habitats des abeilles et leurs populations qui sont par ailleurs affectées par l'intensification agricole (Evans et coll., 2018, p. 162; Kremen et coll., 2002, p. 16816).

Dans la péninsule du Yucatán, au Mexique, l'effet d'une pratique agricole traditionnelle, appelée système *milpa*, sur les services de pollinisation des halictes a été étudié dans 37 champs de piments présentant différents niveaux de perte forestière. Le système *milpa* intercale les plants de maïs et d'autres espèces, en utilisant la technique de la culture sur brûlis pour préparer la terre. Les pièges à eau et les échantillons prélevés directement sur les plants de piment en fleur ont révélé que la richesse et la diversité globales des espèces augmentaient avec l'importance des zones de couverture forestière environnantes. Toutefois, l'abondance des halictes s'est avérée augmenter avec une proportion accrue d'agriculture *milpa* de faible intensité autour des champs de piments. Si l'agriculture *milpa* peut être bénéfique pour les populations des halictes nichant au sol, ce n'est pas forcément le cas pour toutes les autres cultures florifères. En outre, l'habitat naturel peut être le seul environnement qui contient et soutient des ressources suffisantes pour les pollinisateurs (Landaverde-González et coll., 2017, p. 1814–1816 et p. 1822).

Recommandations pour déterminer les tendances relatives aux taxons indigènes touchés par un environnement changeant

- Concentrer les ressources sur les études qui recueillent des données sur les relations entre les plantes et les pollinisateurs, en mettant l'accent sur les interactions entre les espèces et les plantes ou cultures d'importance économique (Allen-Wardell et coll., 1998, p. 11).
- Consacrer davantage de ressources à l'étude des caractéristiques du cycle biologique des abeilles indigènes, notamment leurs sources d'énergie (pollen et nectar) et leur rôle écologique dans la pollinisation (Allen-Wardell et coll., 1998, p. 11).
- Inventorier et identifier les plantes indigènes et non indigènes présentes dans une zone, en cartographiant les zones existantes de diversité et de ressources florales disponibles pour les pollinisateurs indigènes (Hopwood et coll., 2015, p. 13).
- Entretenir les forêts entourant les champs cultivés pour préserver la diversité et les besoins en habitat des pollinisateurs (Landaverde-González et coll., 2017, p. 1822).

3.6 Normes de données

Rendre les données des programmes de surveillance des abeilles indigènes accessibles à l'ensemble de la communauté scientifique constitue un moyen d'accroître l'incidence d'un programme, laquelle peut être encore améliorée si des normes largement reconnues sont utilisées pour la collecte et la gestion des données. À l'heure actuelle, bien que la plupart des répondants au questionnaire considèrent que les données recueillies dans le cadre de leurs programmes sont en libre accès ou qu'ils les rendent disponibles après la publication des résultats, il n'existe pas de norme unique régissant la manière dont ces données sont recueillies, organisées et conservées. Comme indiqué à la section 2.5, presque tous les programmes de surveillance des abeilles indigènes en Amérique du Nord utilisent aujourd'hui leurs propres

normes institutionnelles⁸. Le potentiel d'une intégration élargie de ces données en vue d'informer les gestionnaires ou les décideurs politiques sur les changements des populations d'abeilles indigènes, ou sur les effets de l'utilisation des terres, des changements climatiques et des mesures de conservation, est donc compromis parce que les données recueillies ne peuvent pas être facilement combinées (Wieczorek et coll., 2011, p. 6). En revanche, la normalisation des activités d'inventaire et de surveillance des abeilles permet de comparer les données sur plusieurs années et de déterminer les pratiques de gestion propices à la conservation de la santé des pollinisateurs dans des écosystèmes similaires (Bureau of Land Management, Bee Monitoring Project, 2021). La *Xerces Society* est un exemple d'organisation qui facilite l'utilisation des données en publiant des guides détaillés concernant l'évaluation, l'observation, l'identification, la surveillance et la restauration des pollinisateurs et de leur habitat dans une multitude de milieux (Arapahoe County Extension, 2023; Mader et coll., 2010; Minnerath et coll., 2014; McKnight et coll., 2018; Ullmann et coll., 2008; Vaughan et coll., 2015; Ward et coll., 2014). Pour sa part, le RCN travaille à la création d'une plateforme nationale en vue de faciliter l'échange de données entre les régions des États-Unis (Woodward et coll., 2020).

Bien que l'échange de données puisse être souhaitable, les experts ont fait état des considérations ci-dessous dans leurs réponses au questionnaire.

1. Protection des espèces ou des sites sensibles : de nombreux programmes cachent l'emplacement exact de la collecte de données lorsque des espèces sensibles ou des habitats fragiles sont concernés, afin d'éviter tout préjudice potentiel.
2. État des données : la publication de données brutes ou non révisées, d'ensembles de données incomplets ou de données non accompagnées de métadonnées adéquates peut créer un risque d'interprétation erronée.
3. Propriétés privées : les données recueillies sur une propriété privée peuvent faire l'objet de dispositions, dans l'accord avec le propriétaire, imposant des restrictions applicables aux données. Il est possible de dissimuler les lieux exacts où les données ont été recueillies, mais cela doit être explicitement indiqué dans les métadonnées.
4. Accords avec les gouvernements ou les organisations autochtones : il est important de respecter ces accords sur l'échange et l'utilisation des données si celles-ci sont recueillies sur des terres autochtones ou à l'aide de connaissances autochtones.

Les programmes de surveillance qui n'utilisent pas leurs propres normes appliquent très probablement la norme Darwin Core pour la collecte des données. Cette norme (ainsi que la norme Plinian Core, voir plus loin) a été créée par un organisme à but non lucratif, appelé *Biodiversity Information Standards* (TDWG, Normes d'information sur la biodiversité)⁹, qui cherche à harmoniser un large éventail de données sur la biodiversité en ayant recours à une terminologie et à des formats de fichiers communs. Le fait de disposer d'une structure et d'une terminologie unifiées peut faciliter l'analyse des données entre les programmes.

Les catégories terminologiques de la norme Darwin Core, résumées dans le tableau 7, se concentrent sur les taxons, la présence et l'abondance.

⁸ Au cours de l'atelier de 2022 de la CCE, les participants ont également indiqué que l'élaboration de pratiques exemplaires pour les normes de données devrait constituer une priorité future. Il importe également de noter que, si les normes de données peuvent varier d'un organisme à l'autre, certains organismes couvrent quant à eux des lieux de surveillance multiples et diversifiés.

⁹ L'organisme était auparavant appelé *Taxonomic Databases Working Group* (TDWG, Groupe de travail sur les bases de données taxonomiques). De plus amples informations sont disponibles à l'adresse suivante : <www.tdwg.org>.

Tableau 7. Résumé de termes des normes Generic Darwin Core et Simple Darwin Core, classés par catégorie

<i>Record-level terms</i> (termes de niveau enregistrement)	Termes de la norme Dublin Core, organismes, collections, nature de l'enregistrement des données	Norme Simple Darwin Core (critères non relationnels)
<i>Occurrence</i> (présence)	Preuves de l'existence des espèces dans la nature, observateurs, comportements, médias associés, références	
<i>Event</i> (événement)	Protocoles et méthodes d'échantillonnage, date, heure, notes de terrain	
<i>Location</i> (lieu)	Géographie, descriptions des localités, données spatiales	
<i>Identification</i> (identification)	Lien entre le taxon et la présence	
<i>Taxon</i> (taxon)	Noms scientifiques, noms communs, usages relatifs aux noms, concepts taxonomiques et relations entre eux	
<i>GeologicalContext</i> (contexte géologique)	Temps géologique, chronostratigraphie, biostratigraphie, lithostratigraphie	
<i>ResourceRelationship</i> (relation avec les ressources)	Liens explicites entre les ressources identifiées (p. ex., un organisme par rapport à un autre, un taxon par rapport à un lieu, etc.)	Norme Generic Darwin Core (critères relationnels)
<i>MeasurementorFact</i> (mesure ou fait)	Mesures, faits, caractéristiques, assertions, références	

Source : Wiczorek et coll., 2011, p. 3.

La norme Darwin Core peut être élargie pour inclure les interactions entre les plantes et les pollinisateurs selon une série de 48 termes, ainsi qu'un modèle de données conçu pour favoriser de manière générale l'interopérabilité des données relatives aux pollinisateurs sur des échelles temporelles et géographiques. Ces nouveaux ajouts, publiés en 2022, ont été sélectionnés par

des experts parmi des centaines d'exemples déjà utilisés et comprennent des termes et des définitions qui, s'ils sont adoptés par les programmes de surveillance, peuvent faciliter la diffusion des données et contribuer à combler les lacunes dans les connaissances sur les interactions plantes-pollinisateurs (Salim et coll., 2022, p. 2).

Il importe également de signaler que l'application de la norme Darwin Core ne nécessite pas nécessairement en soi une expertise supplémentaire de la part des collecteurs de données. La norme définit simplement la structure et la terminologie utilisées. L'*Oregon Bee Atlas* (Atlas des abeilles de l'Oregon) et le *Pennsylvania Bee Monitoring Program* (Programme de surveillance des abeilles de la Pennsylvanie) sont deux exemples de réponses au questionnaire indiquant que des bénévoles formés recueillent des données en ayant recours aux termes et à la structure de la norme Darwin Core.

Le *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF, Système mondial d'informations sur la biodiversité), qui voit la norme Darwin Core comme « un cadre stable, simple et flexible permettant la compilation de données de biodiversité venant de sources diverses et variables » [traduction], fournit des informations sur les premières étapes de son application, à l'adresse suivante : <www.gbif.org/fr/darwin-core>.

La norme Plinian Core fournit elle aussi une terminologie et un cadre communs pour la collecte et la gestion des données, mais en plus des informations biologiques, pour lesquelles elle s'aligne

La norme Plinian Core fournit elle aussi une terminologie et un cadre communs pour la collecte et la gestion des données, mais en plus des informations biologiques, pour lesquelles elle s'aligne

sur la norme Darwin Core, elle inclut des concepts liés aux lois, à la conservation et à la gestion (Pando, 2018, p. 1). Le programme *Shutterbee* de l'Université de St. Louis est le seul programme, parmi les répondants au questionnaire, qui utilise actuellement la norme Plinian Core en tant que norme de données.

Lancement et coordination d'un effort national

Des biologistes, des spécialistes de la conservation et des éducateurs se sont unis pour mettre en place le [US National Native Bee Monitoring Research Coordination Network](#) (RCN, Réseau national de coordination de la recherche sur la surveillance des abeilles indigènes aux États-Unis), un effort de collaboration qui vise à élaborer et à mettre en œuvre un plan national de surveillance des abeilles indigènes aux États-Unis « pour rationaliser et normaliser les activités de surveillance existantes, afin de promouvoir une meilleure utilisation des données que nous recueillons sur les abeilles indigènes » [traduction] (site Web du RCN, 2022). Coordonné par une petite équipe d'experts, le RCN s'emploie à mobiliser les gouvernements fédéral et locaux des États-Unis, les citoyens scientifiques, les producteurs agricoles, les universités, les coopératives, les entreprises privées et les organismes de conservation (Woodard et coll., 2020, p. 4), et sert de « lieu central d'information et de connexion, en mettant à disposition des protocoles, des fournisseurs, des taxonomistes, des possibilités de formation et de financement, et plus encore » [traduction] (site Web du RCN, 2022).

Le RCN a établi qu'un futur programme national de surveillance des abeilles indigènes doit :

- être rentable et bien conçu;
- permettre d'acquérir les données nécessaires pour éclairer les décisions en matière de conservation;
- tenir compte des différents points de vue;
- tirer parti de l'infrastructure et des activités existantes;
- être mis en place par étapes et intégrer les idées et les informations de l'ensemble de la collectivité (Woodard, 2021, présentation).

Voici quatre des secteurs d'intervention qui ont été déterminés pour la coordination de cet effort (Woodard et coll., 2020, p. 3-4) :

1. Définir la portée, les objectifs et le coût d'un effort national de surveillance;
2. Améliorer et mieux soutenir les capacités nationales en matière de taxonomie et de systématique des abeilles;
3. Recueillir et cataloguer les données pour en assurer l'accessibilité et la durabilité;
4. Prioriser les zones géographiques en fonction d'un ensemble de critères de décision, notamment l'adhésion des parties prenantes.

En 2021 et 2022, le RCN a réuni des centaines d'experts et de spécialistes dans le cadre d'une [série d'ateliers](#) destinés à engager des discussions et à mobiliser les chercheurs et les spécialistes. La feuille de route de ces ateliers prévoyait de recueillir des informations et d'évaluer les capacités et les efforts existants, ce qui pourrait mener à la mise en œuvre future d'un plan national. Le RCN démontre que des experts dévoués et une capacité de coordination permettent d'exploiter les conseils d'experts, de renforcer les capacités et d'élaborer un programme national qui puisse incorporer des centaines d'activités diverses réalisées à différentes échelles. Sans un tel effort national, la capacité de recueillir des données, de compiler des informations sur l'état et les tendances, de déterminer les éléments moteurs et d'informer ou d'évaluer les actions de conservation est entravée (Woodard et coll., 2020, p. 2).

3.7 Technologies émergentes

Des approches innovantes sont mises en place pour surmonter certains des défis inhérents à la surveillance des abeilles indigènes¹⁰. Certaines de ces approches technologiques émergentes sont décrites ci-dessous.

- **Méthodes moléculaires (codage à barres de l'ADN).** L'utilisation du séquençage nouvelle génération pour le codage à barres de l'ADN peut permettre de traiter un grand nombre d'échantillons et d'espèces en même temps et peut s'avérer plus rapide et moins coûteux que la surveillance traditionnelle (van Klink et coll., 2022, p. 877). Il est également possible d'utiliser des fragments d'ADN trouvés dans des échantillons environnementaux (ADNe), comme l'eau, le sol et l'air, et d'utiliser l'ARNe pour mieux distinguer les sujets vivants des sujets morts (van Klink et coll., 2022, p. 879). Le séquençage de l'ARN peut aussi fournir des informations sur les capacités métaboliques et l'expression des gènes au moment de l'échantillonnage (van Klink et coll., 2022, p. 879). Les résultats de l'utilisation du séquençage nouvelle génération doivent être mis en correspondance avec des bases de données de référence comme le *Barcode of Life Data System* (BOLD, Système de données de code à barres du vivant) ou GenBank afin d'établir un lien avec les connaissances existantes sur les espèces (van Klink et coll., 2022, p. 880).
- **Vision par ordinateur : développement d'algorithmes pour identifier les abeilles à partir de photos.** La vision par ordinateur permet de reconnaître les insectes sur des photos et de fournir des informations sur l'identification taxonomique, la présence, l'abondance, la taille des sujets, la biomasse, le mouvement et l'interaction entre les espèces (van Klink et coll., 2022, p. 873; Høye et coll., 2020, p. 2). Le taux de précision peut être supérieur à 90 % pour l'identification de l'espèce de certains taxons d'insectes, mais il dépend fortement de la taille du groupe de taxons et de la similarité morphologique, et seule l'identification de la famille ou du genre est possible dans certains contextes (van Klink et coll., 2022, p. 874). Les

Beenome100

En 2022, l'*Agricultural Research Service* (ARS, Service de recherche agricole) de l'USDA a lancé Beenome100, un projet visant à cartographier les génomes d'au moins 100 espèces d'abeilles afin d'approfondir les connaissances sur la diversité de ces dernières aux États-Unis, en représentant chacun des principaux groupes taxonomiques d'abeilles. Une fois qu'un génome est cartographié, les données sont mises à la disposition du public pour que les scientifiques puissent travailler à l'établissement de liens entre des fonctions et des gènes précis.

Les données sont hébergées sur « [i5k Workspace@NAL](#) », une plateforme en ligne de la *National Agricultural Library* (Bibliothèque nationale agricole) de l'ARS, qui permet aux scientifiques de nombreux organismes de coopérer dans le domaine de la bio-informatique.

Source : [Agricultural Research Service, USDA](#)

¹⁰ Les défis sont abordés dans le résumé de l'atelier de la CCE (annexe A) et reconnus dans les ouvrages scientifiques. Comme il en est fait état dans le présent chapitre, l'échantillonnage des spécimens peut nécessiter beaucoup de temps et de ressources, et est souvent légal pour les abeilles (van Klink et coll., 2021, p. 872). Les emplacements des nids peuvent facilement passer inaperçus (Licznier et coll., 2021, p. 2; Lye et coll., 2012, p. 697). Après la collecte, les spécimens doivent être nettoyés, épinglés, étiquetés et envoyés à des taxonomistes pour qu'une identification précise puisse être effectuée. Les taxonomistes sont toutefois peu nombreux et surchargés (atelier de la CCE, 2022). Les spécimens sont ensuite enregistrés dans des bases de données, un processus coûteux qui demande du temps et qui ralentit la progression des recherches (Spiesman et coll., 2021, p. 1; van Klink et coll., 2021, p. 872). À plus grande échelle, « la surveillance traditionnelle n'est même pas en mesure de fournir des connaissances de base sur l'état de la plupart des espèces d'insectes dans la plupart des endroits » [traduction] (van Klink et coll., 2021, p. 872).

portails de science citoyenne comme iNaturalist et Google Lens permettent une identification automatisée; cependant, ces applications ne sont pas encore assez précises pour la recherche qui nécessite une identification de l'espèce (Spiesman et coll., 2021, p. 2). Spiesman et coll. (2021) ont comparé la précision et la rapidité de quatre modèles de classification par réseau neuronal convolutif pour identifier 36 espèces de bourdons d'Amérique du Nord et ont constaté que le modèle Inception V3 offrait un bon équilibre entre rapidité et précision.

- **Surveillance acoustique : algorithmes pour identifier les abeilles à partir d'enregistrements acoustiques.** La surveillance acoustique utilise des capteurs pour recueillir des informations sonores qui sont ensuite combinées à des algorithmes d'apprentissage automatique pour identifier les espèces (van Klink et coll., 2022, p. 874). Elle permet une surveillance en temps réel sur de grandes distances et dans des zones éloignées (Miller-Struttman et coll., 2017, p. 8), en plus de fournir des informations sur le comportement, la phénologie, les fonctions écologiques et la parade nuptiale (van Klink et coll., 2022, p. 875). Miller-Struttman et coll. (2017) ont testé l'efficacité de cette technique pour surveiller le comportement et les services de pollinisation des bourdons, et ils ont constaté que la densité du bourdonnement permettait de prédire le succès de la reproduction des fleurs sauvages. Ils ont conclu que le son des bourdons en vol peut être utilisé pour surveiller l'activité des abeilles et les services de pollinisation des plantes pollinisées par les bourdons, ce qui pourrait fournir des informations en temps réel aux agriculteurs (Miller-Struttman et coll., 2017, p. 10).
- **Radar.** La surveillance par radar utilise des ondes radio pour détecter les insectes dans l'espace aérien. Elle peut fournir des informations détaillées sur la forme, la taille, la vitesse, la trajectoire et même la fréquence des battements d'ailes des insectes en vol (van Klink et coll., 2022, p. 876). Cette méthode utilise notamment la détection et télémétrie par la lumière (le lidar), qui permet de détecter les insectes très près du sol, mais qui n'a été appliquée que récemment à l'entomologie (van Klink et coll., 2022, p. 877). Les radars à balayage vertical (RBV) peuvent fournir des données à l'échelle locale et donner des estimations de la biomasse et de la forme du corps, de la direction du vol, de la vitesse et de l'orientation du corps. « Cependant, les données du RBV fournissent peu d'informations sur la structure des communautés, et l'identification concluante des espèces nécessite un piégeage aérien » [traduction] (Høye et coll., 2020, p. 2).

BeeMachine : utiliser la vision par ordinateur pour identifier les abeilles

[BeeMachine](#) est un site Web sur lequel les utilisateurs peuvent téléverser des images de bourdons et recevoir les trois meilleures prédictions d'identification d'espèces, avec l'indication de l'espèce la plus probable et un pourcentage de confiance pour chaque prédiction.

BeeMachine :

- reconnaît actuellement plus de 100 espèces de *Bombus*;
- se base sur plus de 313 000 images;
- a une exactitude de 93,7 % (mais celle-ci varie en fonction de l'espèce, du niveau de variabilité morphologique et du nombre d'images d'apprentissage);
- fonctionne sur une application mobile conviviale capable de prendre en charge de courtes vidéos et plusieurs images à la fois;
- met à jour son modèle de classification afin d'améliorer l'exactitude et d'inclure davantage d'espèces dans plus de régions du monde.

BeeMachine s'inspire des travaux menés par Spiesman et coll. (2021) et accepte des images qui seront utilisées pour améliorer le système.

- **Chiens détecteurs.** Les chiens ont été utilisés dans une variété de programmes de conservation, y compris dans des études récentes évaluant leur capacité à localiser les nids de bourdons souterrains, qui peuvent être difficiles à trouver. En 2019, des chercheurs de l'Université York ont fait équipe avec *Working Dogs for Conservation* (Chiens de travail pour la conservation) afin de dresser des chiens à détecter les nids de bourdons, puis tester ces capacités sur le terrain dans le sud de l'Ontario. Alors que les chiens pouvaient repérer des nids jusqu'à une distance de 15 m lors de l'entraînement, ils devaient être beaucoup plus près (moins d'un mètre) lors des essais sur le terrain, ce qui a amené les chercheurs à conclure que les chiens bénéficieraient d'une exposition *in situ* aux nids sauvages; toutefois, ces nids restent difficiles à déceler pour les humains (Liczner et coll., 2021, p. 10). Si cette méthode est quelque peu prometteuse pour localiser les nids sauvages, il existe pour le moment de nombreuses contraintes pratiques qui en limitent l'utilisation en tant que méthode viable de surveillance (Liczner et coll., 2021, p. 10-13). D'autres travaux doivent être menés pour atténuer ces contraintes (Liczner et coll., 2021, p. 13).

Bien que chaque nouvelle avancée s'accompagne de ses propres forces et limites (voir le tableau 8), dont certaines nécessitent des travaux supplémentaires pour être pleinement comprises, l'adoption de nouvelles approches peut contribuer à étendre la couverture spatiale, temporelle et taxonomique de la surveillance des abeilles indigènes. À l'instar des principales méthodes actuelles décrites à la section 3.1, certaines méthodes émergentes peuvent également mieux servir certains groupes d'espèces que d'autres. Par exemple, la nécessité de disposer d'un grand nombre de données d'entrée pour former des machines à l'apprentissage de la vision par ordinateur signifie que les identifications d'espèces seront mieux servies par des données concrètes, notamment pour ce qui est d'espèces fréquemment photographiées et enregistrées, comme *Bombus*.

Tableau 8. Limites actuelles des méthodes technologiques émergentes liées à la surveillance des abeilles indigènes

Type de technologie	Défis relatifs à l'utilisation
Méthodes moléculaires	<ul style="list-style-type: none"> • Dépendance à l'égard du travail humain pour la collecte des échantillons (van Klink et coll., 2022, p. 877). • Limites liées à l'estimation précise de l'abondance ou de la biomasse, parce que les quantités d'ADN et la possibilité de les extraire varient selon les taxons (Høye et coll., 2020, p. 7). • Variation des quantités d'ADN et de la capacité d'extraction selon les taxons, ce qui peut avoir pour effet d'empêcher la détection de certaines espèces présentes (van Klink et coll., 2022, p. 879–880). • Échec, par moments, de marqueurs génétiques couramment utilisés comme ceux qui servent à détecter les hyménoptères (van Klink et coll., 2021, p. 880). • Erreurs de séquençage, erreurs d'identification et espèces manquantes pouvant entraîner des erreurs de classification lors de la consultation des bases de données de référence (van Klink et coll., 2022, p. 880).
Vision par ordinateur	<ul style="list-style-type: none"> • Grande quantité de données d'apprentissage nécessaire pour établir les algorithmes, ce qu'il serait possible d'améliorer en augmentant la qualité des données d'apprentissage soumises aux systèmes (Spiesman et coll., 2021, p. 8; van Klink et coll., 2022, p. 874). • Consommation d'énergie relativement importante due à l'utilisation de l'appareil photo et au transfert de données associé (ce qu'il serait possible d'atténuer en ayant recours aux énergies renouvelables et à l'informatique de périphérie, ou en traitant les données sur l'appareil utilisé pour la collecte [van Klink et coll., 2022, p. 874]). • Espèces non décrites difficiles à identifier (van Klink et coll., 2022, p. 874). Cela pourrait être résolu par une classification en accès libre, où l'ordinateur refuserait l'identification d'un spécimen en raison d'un manque d'informations plutôt que de l'identifier de manière incorrecte (Roody et coll., 2020, p. 15–16).
Surveillance acoustique	<ul style="list-style-type: none"> • Identification des espèces limitée à la taille des bibliothèques de référence, lesquelles pourraient être développées grâce à la science citoyenne (van Klink et coll., 2022, p. 875). • Nécessité d'améliorer la compréhension des facteurs qui aident à détecter les sons d'insectes (équipement, conditions environnementales, etc.) [van Klink et coll., 2022, p. 875].
Radar	<ul style="list-style-type: none"> • Besoin d'algorithmes améliorés pour filtrer les cibles des autres particules (et pour mieux prendre en compte les surfaces réfléchissantes sur les insectes) [van Klink et coll., 2022, p. 877]. • Le spécimen doit se trouver dans la ligne de vue dans le cas du radar local (Høye et coll., 2020, p. 2–3).
Chiens détecteurs	<ul style="list-style-type: none"> • Avantages engendrés par un entraînement avec des nids de bourdons naturels, mais il demeure difficile de les trouver (Liczner et coll., 2021, p. 10–11). • Difficulté à confirmer la découverte d'un nid (par la présence de bourdons résidents) à temps pour récompenser le chien (Liczner et coll., 2021, p. 11–12). • Modèles et objectifs d'étude limités aux réalités du travail avec les chiens, comme la fatigue et les capacités variables d'un chien à l'autre (Liczner et coll., 2021, p. 12–13).

Asseoir les bases de la conservation pour un groupe d'espèces : les mélipones au Mexique

La conservation des abeilles indigènes est souvent axée sur des questions de gestion externe, comme le mode d'utilisation des terres ou les pesticides. Toutefois, la revitalisation de la méliponiculture (l'élevage de mélipones) offre la possibilité de conserver et de mieux comprendre ce groupe d'espèces d'abeilles indigènes, qui revêt une importance culturelle au Mexique. La méliponiculture produit du miel, du pollen, de la cire et de la résine pour diverses utilisations alimentaires, artistiques et médicales, notamment le traitement de diverses maladies (González-Acereto et coll., 2018, p. 261; Reyes-González et coll., 2020, p. 3). Alors que cette culture gagne en popularité, certains craignent que des spécialistes inexpérimentés aient recours à des pratiques qui augmentent la probabilité d'échec des colonies, comme le déplacement de ces dernières ou la propagation de maladies (Quezada-Euán, 2018, p. 259 et 262).

Recension de pratiques apicoles visant à préserver les mélipones

La résurgence de la méliponiculture a commencé dans les années 1980 (González-Acereto et coll., 2006, p. 238; Quezada-Euán et coll., 2018, p. 259), mais c'est en 2000 que les efforts de recherche ont commencé à se concentrer sur cette activité. S'appuyant fortement sur les connaissances locales recueillies lors d'entrevues, les études réalisées ont permis : de concevoir des boîtes d'apiculture propres à chaque espèce; de recommander des formations sur les méthodes permettant de réduire les prélèvements dans la nature (González-Acereto et coll., 2006, p. 234–238); de comprendre les pratiques et coutumes courantes, ainsi que la terminologie liée aux processus apicoles; d'identifier 110 espèces végétales qui sont des ressources alimentaires importantes pour les mélipones; enfin, de reconnaître les répercussions potentielles, sur les mélipones et l'apiculture, de l'expansion de l'agriculture monoculturale dans les mêmes régions (Simms et coll., 2022, p. 717–727). Les recherches ont également permis d'établir des stratégies de sauvetage pour les ruches menacées par la destruction de leur habitat. Les spécialistes qui s'investissaient dans un projet ont créé les *Meliponicultores Michoacanos del Balsas* (Méliponiculteurs de la rivière Balsas, au Michoacán), un groupe qui se consacre à l'échange des connaissances et des pratiques exemplaires concernant les stratégies de conservation liées à la méliponiculture dans la région du bassin de la rivière Balsas (Reyes-González et coll., 2016, p. 208–218).

Pratiques exemplaires pour soutenir la méliponiculture

- Suivre et évaluer systématiquement le nombre et l'emplacement des projets de méliponiculture et des colonies, la taxonomie des espèces, la génétique et les résultats (Quezada-Euán et coll., 2022, p. 22).
- Valider les renseignements scientifiques et les rendre disponibles sur des plateformes soumises à un examen par des pairs sous forme de manuels pratiques et accessibles pour les spécialistes (Quezada-Euán et coll., 2022, p. 22–23).
- Créer des réseaux coopératifs d'apiculteurs avec le soutien du milieu universitaire et des pouvoirs publics, offrir des cours utilisant du matériel culturellement pertinent et dispensés par des instructeurs certifiés qui abordent et respectent les connaissances écologiques locales, et fournir un soutien à titre de suivi (Quezada-Euán, 2018, p. 261–264).
- Prendre en compte les répartitions biogéographiques naturelles des Meliponini, renforcer le soutien local en vue de mettre fin au déplacement des colonies d'une

région à l'autre, et mener des inspections sanitaires de routine (Quezada-Euán, 2018, p. 261–265; Quezada-Euán et coll., 2022, p. 26–27).

- Proposer des boîtes de ruche comme solutions de rechange aux troncs creux, et concevoir des boîtes de ruche adaptées aux besoins spécifiques des espèces, tout en élaborant des méthodes de contrôle des organismes nuisibles et des parasites (Quezada-Euán, 2018, p. 260).
- Continuer à étudier l'utilisation de mélipones à des fins de pollinisation des cultures, et mettre en place des certifications pour garantir l'intégrité des produits issus de la méliponiculture (Quezada-Euán, 2018, p. 262).
- Étudier les conséquences de l'exploitation des mélipones en milieu urbain, et réaliser des campagnes d'information pour sensibiliser le public aux répercussions du commerce illicite (Quezada-Euán et coll., 2022, p. 23).
- Établir et gérer la domestication de mélipones (*Meliponini*) comme moyen de contribuer à la conservation de ce groupe d'espèces important sur le plan écologique, économique et culturel, dont 46 espèces sont présentes au Mexique (Ayala et coll., 2013, p. 135).

Figure 13. Gestion traditionnelle des mélipones dans l'État de Michoacán, au Mexique



Source : Reproduction de la figure 4 de Reyes-González et coll. (2020), avec l'autorisation des auteurs. La figure illustre la gestion traditionnelle des mélipones dans l'État de Michoacán, au Mexique. Dans le sens horaire, en partant du haut à gauche : Extraction d'un nid sauvage de *Melipona fasciata*; extraction d'un nid sauvage de *Melipona lupitae* [Ayala] dans un arbre de l'espèce *Cyrtocarpa* sp.; extraction de *Nannotrigona perilampoides* [Cresson], nid situé dans une cavité entre un rocher et le sol; extraction de *Scaptotrigona hellwegeri* [Friese] à la base d'un arbre mort.

4 Discussion

Cette phase du projet *Promotion de la conservation des pollinisateurs en Amérique du Nord* de la CCE était axée sur l'amélioration de la compréhension des actuels programmes, méthodes et pratiques de surveillance des abeilles indigènes en Amérique du Nord, et sur la familiarisation avec le travail de divers spécialistes et chercheurs actifs dans le domaine. Les renseignements recueillis dans le cadre de cette activité saisissent un moment précis dans une sphère d'activité en constante évolution : les réponses des experts au questionnaire mettent en évidence des programmes de surveillance essentiellement nouveaux (et certains programmes à long terme); les technologies émergentes s'avèrent prometteuses pour améliorer la surveillance; en outre, un important effort est en cours aux États-Unis pour élaborer un plan national de surveillance des abeilles indigènes, afin d'orienter la surveillance future dans ce pays — effort piloté par le RCN. Les éléments qui ont été mis en lumière par le compte rendu de l'atelier virtuel, les réponses au questionnaire et l'analyse documentaire sont énumérés ci-dessous.

- **La nécessité de mieux comprendre la diversité et le bien-être des abeilles indigènes est reconnue, compte tenu des préoccupations éprouvées à l'égard de l'ensemble des pollinisateurs.** Toutefois, les données à grande échelle concernant les abeilles indigènes (comme la plupart des insectes) sont actuellement très limitées; la couverture géographique et taxonomique de la surveillance est ponctuelle et manque d'uniformité. Nous disposons d'une énorme occasion de faire progresser le domaine de la surveillance des abeilles indigènes, de renforcer notre capacité à en suivre l'état et les tendances, et de créer un héritage pour la prise de décisions futures en matière de politiques et de gestion des ressources naturelles.
- **Les gestionnaires de programme et les spécialistes qui s'emploient à surveiller les abeilles indigènes sont dispersés et de nature hétérogène, mais ils veulent tous communiquer les renseignements relatifs à leurs programmes et coordonner leurs efforts.** En témoigne la volonté des participants à se joindre à l'atelier virtuel de la CCE, à remplir le questionnaire et à s'engager dans les processus continus de la CCE et du RCN.
- **Les programmes de surveillance doivent être conçus pour aider la prise de décision en matière de conservation et de gestion.** Étant donné qu'un ensemble diversifié d'acteurs participe à la surveillance des pollinisateurs en général, et à celle des abeilles indigènes en particulier, il importe que les responsables des programmes de surveillance identifient les enjeux de gestion pertinents afin de cibler la surveillance d'une manière qui aura un maximum d'effets favorables sur la conservation des pollinisateurs.
- **Des ressources sont nécessaires pour assurer la surveillance à long terme des abeilles indigènes.** Compte tenu des nombreux programmes de surveillance des abeilles indigènes lancés ces dernières années en Amérique du Nord, il sera de plus en plus nécessaire d'appuyer des programmes axés sur le long terme, afin de maximiser les connaissances sur ces populations indigènes. L'élaboration et l'expansion d'une approche coordonnée, efficace et stratégique pour le suivi à grande échelle de l'état et des tendances de ces populations nécessiteront des capacités de leadership et de coordination, un nombre beaucoup plus important de personnes sur le terrain, des mesures d'incitation à l'échange des informations, ainsi que des plateformes améliorées de gestion des données. Une approche réussie devra également

harmoniser l'action respective des gouvernements, du milieu universitaire et des partenaires non gouvernementaux.

- **Les efforts de coordination des activités de recherche et de surveillance peuvent améliorer les résultats de la surveillance, et les spécialistes sont encouragés à continuer de participer aux démarches de coordination nationales et internationales.** Aux États-Unis, cela signifie de prendre part aux activités du RCN déjà mises en œuvre. Les experts du Canada et du Mexique pourraient également bénéficier d'une participation au processus, ou au moins d'un examen de l'application possible du cadre d'action connexe dans leur pays respectif. Les travaux de la CCE sur la conservation des pollinisateurs et un nouveau réseau de coordination de la surveillance des pollinisateurs dans l'Arctique offrent également des mécanismes internationaux de coordination en Amérique du Nord.
- **La participation de citoyens scientifiques et d'autres non-experts à la collecte de données peut accroître l'étendue de la surveillance, mais il subsistera toujours un besoin d'expertise en taxonomie.** Les programmes de surveillance des abeilles indigènes sont largement accessibles, et il en existe des exemples qui suscitent l'enthousiasme et reposent sur la participation de citoyens scientifiques, de jardiniers, de gardiens de parcs et d'autres non-spécialistes. Le recours aux technologies émergentes permettra à l'avenir de faciliter la collecte et l'analyse des données et d'éliminer certains des goulets d'étranglement associés à l'identification. Les responsables des programmes sont encouragés à envisager d'effectuer des analyses des bénévoles, pour les recruter et les fidéliser, améliorer les résultats et inciter les experts à utiliser ces résultats.
- **Les normes et la gestion de données devraient être harmonisées de manière à faciliter les analyses entre les programmes et à évaluer à plus grande échelle l'état, les tendances et la répartition des populations.** Dans l'attente des futures recommandations du RCN et des discussions et processus à venir dans le contexte du projet actuel de la CCE sur les pollinisateurs, les réponses au questionnaire laissent penser que la norme Darwin Core est en train de devenir le point de convergence d'une coordination de cet ordre.
- **Les données relatives à l'habitat, aux facteurs abiotiques et au climat sont des éléments essentiels de la surveillance des abeilles indigènes.** Si l'on ne tient pas compte des relations plantes-pollinisateurs, des caractéristiques du paysage ou des changements écosystémiques et climatiques, il sera extrêmement difficile d'identifier les changements dans les populations d'espèces d'abeilles et d'en trouver les causes. La prise de mesures appropriées de conservation pourrait s'avérer impossible et ces mesures pourraient être peu fiables en l'absence de données sur les causes du déclin.
- **Les personnes occupant des postes décisionnels doivent s'efforcer d'interagir avec les spécialistes de la surveillance, de les comprendre et de les soutenir.** L'établissement de liens entre les spécialistes et les décideurs pourrait amener les programmes à bénéficier d'une plateforme leur permettant de plaider en faveur des espèces et des écosystèmes à l'égard desquels des mesures de conservation s'imposent.
- **Une coordination trilatérale continue est nécessaire entre le Canada, le Mexique et les États-Unis.** Lors de l'atelier virtuel, les participants s'accordaient à dire qu'une coordination trilatérale est importante dans le domaine de la surveillance des abeilles indigènes. Cette coordination pourrait comprendre la création d'une communauté de

pratique trinationale, la poursuite de la mise en commun d'informations, de méthodologies, de pratiques exemplaires et de données, et des actions destinées à résoudre des problèmes logistiques comme le transport de spécimens d'abeilles au-delà des frontières afin d'en faciliter l'identification taxonomique. Outre les recommandations issues de l'atelier, l'échange de renseignements sur les technologies et méthodes émergentes peut constituer un autre domaine potentiel de collaboration en Amérique du Nord.

5 Conclusion

Le présent rapport donne un aperçu instantané de la surveillance des abeilles indigènes et des études connexes en Amérique du Nord, ainsi que de certaines considérations relatives à plusieurs éléments communs des programmes de surveillance. Bien qu'il n'offre pas d'approche prescriptive, il peut servir de référence pour les nouveaux programmes ou faciliter les partenariats entre les programmes existants et, à ce titre, il devrait être envisagé à la lumière des avancées prévues des futures activités de la CCE sur les abeilles indigènes et les pollinisateurs, ainsi que des efforts décrits pour créer un plan national de surveillance des abeilles indigènes aux États-Unis et des travaux similaires en cours au Canada et au Mexique.

Annexe A – Résumé de l’atelier virtuel tenu par la CCE en mai 2022 sur l’inventaire et la surveillance des abeilles indigènes

Atelier virtuel sur l’inventaire et la surveillance des abeilles indigènes

Compte rendu sommaire de l’atelier (tenu les 3 et 11 mai 2022)

Résumé

La Commission de coopération environnementale (CCE) a organisé en mai 2022 un atelier virtuel qui réunissait des experts des travaux d’inventaire et de surveillance des abeilles indigènes au Canada, au Mexique et aux États-Unis. Cet atelier avait pour but d’identifier les activités liées à la surveillance, au relevé et à l’inventaire des espèces d’abeilles à travers le continent, de rassembler les enseignements tirés, de relever les lacunes et de jeter les bases d’une éventuelle collaboration trilatérale. Les participants ont échangé sur leurs idées et leurs expériences concernant les méthodologies communes de surveillance des genres et des groupes fonctionnels ciblés, ainsi que les défis et les occasions liés aux différentes approches de surveillance, la collecte et la gestion des données, le rôle des citoyens scientifiques et des bénévoles, et l’expertise nécessaire à l’identification taxonomique. Le présent compte rendu de l’atelier donne une vue d’ensemble des activités de surveillance des abeilles indigènes, telles qu’elles ont été décrites par les participants de chaque pays, ainsi que des principaux thèmes abordés lors des discussions.

Introduction

La [Commission de coopération environnementale](#) (CCE) a organisé un atelier virtuel sur l'inventaire et la surveillance des abeilles indigènes en Amérique du Nord, qui a eu lieu les 3 et 11 mai 2022. L'atelier, qui fait partie du projet [Promotion de la conservation des pollinisateurs en Amérique du Nord](#) de la CCE, a réuni plus de 40 experts de gouvernements, d'universités et d'organisations non gouvernementales (ONG) du Canada, du Mexique et des États-Unis au cours de deux séances en ligne. Cet atelier constituait la première étape des travaux de la CCE relatifs aux abeilles indigènes.

Les objectifs de l'atelier étaient les suivants :

- Mettre en commun les connaissances sur les activités actuelles d'inventaire et de surveillance des abeilles indigènes;
- Relever les lacunes dans les connaissances, de même que les priorités communes relatives aux protocoles d'inventaire et de surveillance des abeilles indigènes en Amérique du Nord;
- Jeter les bases de la mobilisation d'un réseau nord-américain d'experts afin d'éclairer le processus décisionnel des gouvernements fédéraux.

Un comité directeur¹¹ composé de représentants d'organismes fédéraux conseille la CCE sur ce projet. Les représentants de la CCE et du comité directeur ont accueilli les participants au début de la réunion en leur donnant des renseignements sur le fonctionnement de la CCE et sur leurs objectifs concernant ce projet.

Le présent compte rendu :

- fournit des renseignements sur l'état de la surveillance des abeilles indigènes dans chaque pays, éclairés par des informations en provenance de groupes de discussion et de rapports;
- identifie des thèmes communs aux trois pays abordés lors des séances plénières de l'atelier;
- suggère des options concernant les mesures futures de coopération trinationale sur cet enjeu;
- décrit les prochaines étapes du projet.

Participants à l'atelier

Les participants à l'atelier ont été sélectionnés par le comité directeur. Leur liste figure à l'annexe 1 du présent compte rendu.

Trente-cinq participants ont répondu à un questionnaire initial destiné à obtenir des précisions sur eux et sur leur implication dans la surveillance et l'inventaire des abeilles indigènes. Ces

¹¹ Gregory Mitchell, ECCC; Steve Javorek, AAC; Ryan Drum et James Weaver, USFWS; Esther Quintero, Conabio; Ignacio March, Conanp.

participants ont communiqué leurs coordonnées et renseignements biographiques. Près de la moitié des participants (46 %) ont dit appartenir au milieu universitaire; les autres provenaient d'administrations locales, provinciales/étatiques ou fédérales, ou d'ONG. Sur l'ensemble des participants, 40 % provenaient des États-Unis, 34 %, du Canada et 26 %, du Mexique. La figure 1 indique les lieux de provenance des participants et la figure 2 illustre les écozones dans lesquelles ils conduisent leurs activités de surveillance des abeilles.

Figure 1. Carte indiquant l'emplacement des bureaux des participants à l'atelier

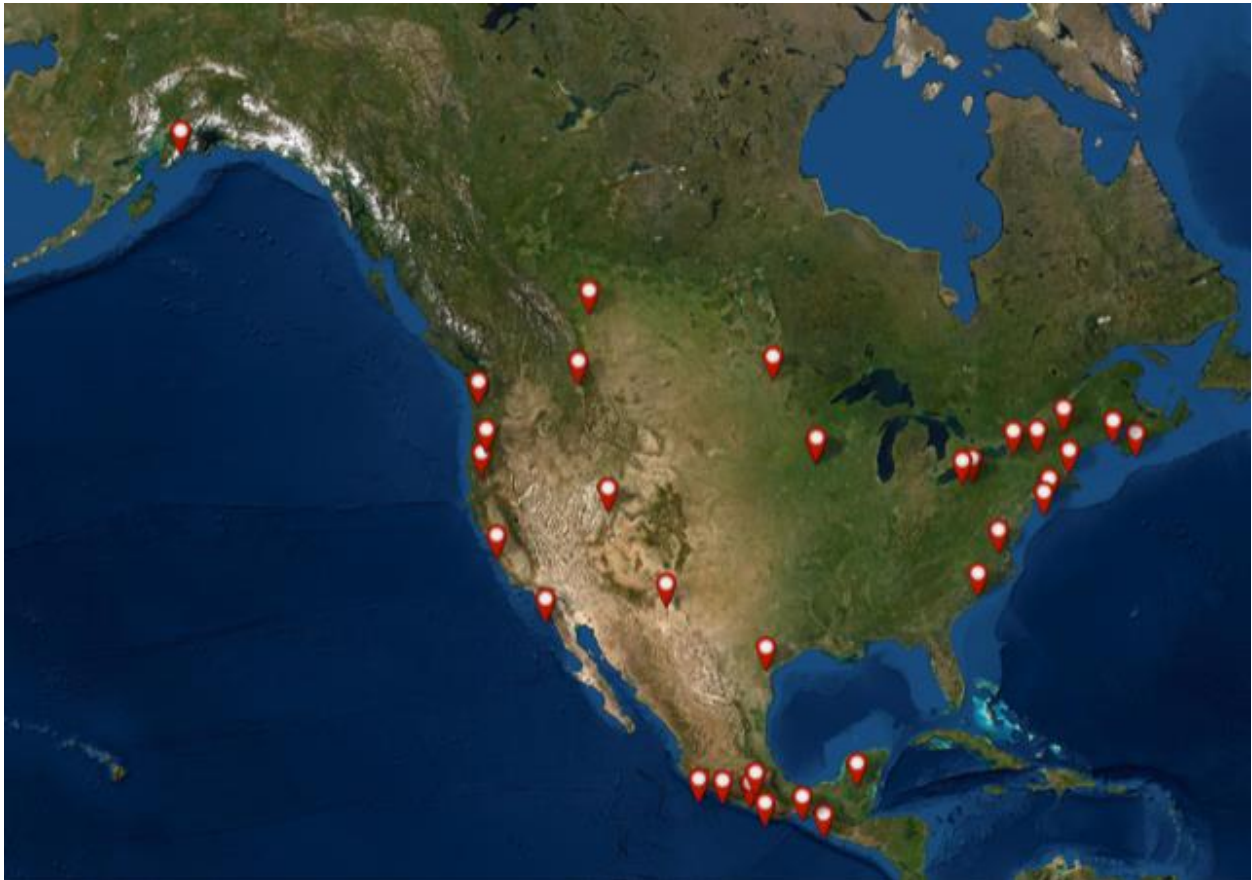
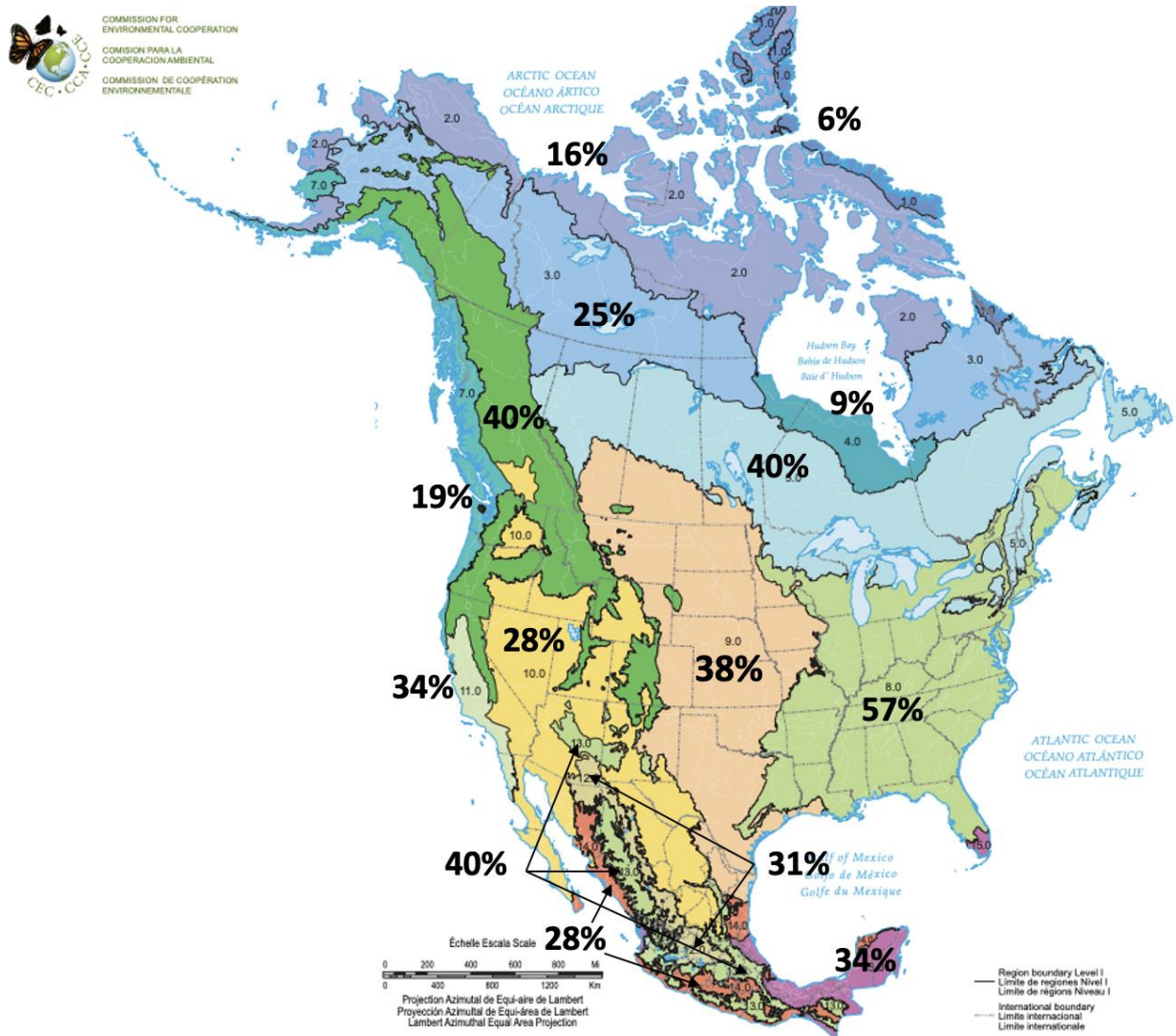


Figure 2. Pourcentage de participants (N = 35) menant des programmes de surveillance des abeilles indigènes dans chaque écozone d'Amérique du Nord, d'après le questionnaire initial



Note : Les participants pouvaient sélectionner toutes les écozones dans lesquelles ils réalisent des activités de surveillance des abeilles indigènes.

État de la surveillance des abeilles indigènes dans chaque pays

À la suite de discussions en petits groupes subdivisés par pays, un participant de chaque pays a décrit l'état de la surveillance des abeilles indigènes dans son contexte national. Les programmes mentionnés sont énumérés à l'annexe 2. Les thèmes communs sont décrits plus en détail à la section « Thèmes clés ».

Canada

- Il n'existe pas de plan ou d'effort national coordonné pour la surveillance des abeilles indigènes au Canada. Cependant, il existe des réseaux variés et étendus à travers le pays qui se concentrent sur les abeilles indigènes ou les processus qu'elles soutiennent.
- Des activités liées à la surveillance, au relevé et à l'inventaire sont menées par des universités, des musées, des ONG et des gouvernements (fédéraux et provinciaux ou territoriaux), et nombre d'entre elles font appel à la science citoyenne.
- Il est nécessaire d'établir des données de base sur les abeilles indigènes dans de nombreuses régions du Canada (p. ex., dresser des inventaires et déterminer l'abondance et la diversité des espèces). En raison du manque de données de base, il est actuellement impossible d'identifier l'état et les tendances de la majorité des espèces dans la plupart des régions du Canada.
- La surveillance au Canada fait appel à diverses méthodes de piégeage, car l'efficacité de ces méthodes diffère selon les taxons. Les approches comprennent les pièges à ailettes, les pièges à eau, les pièges Malaise, les nids trappes et les filets à main. Une combinaison d'approches peut constituer une solution globale efficace pour permettre aux chercheurs d'assurer une large couverture à l'échelle communautaire. Beaucoup de ces efforts comprennent des activités de science citoyenne.
- Il est important de prêter attention à la couverture spatiale et temporelle lors de la conception des programmes de surveillance, notamment lorsque les résultats doivent être comparés.
- Très peu de taxonomistes possèdent l'expertise requise, ce qui crée des goulets d'étranglement associés à la taxonomie qui nuisent à l'efficacité et à la rapidité de l'analyse des échantillons.

Mexique

- Le Mexique a récemment publié une stratégie nationale de conservation et d'utilisation durable des pollinisateurs.
- Au Mexique, la surveillance est assurée par des organismes fédéraux — la *Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas* (Conanp, Commission nationale des aires naturelles protégées); la *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad* (Conabio, Commission nationale sur la connaissance et l'utilisation de la biodiversité); le *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales* (Semarnat, ministère de l'Environnement et des Ressources naturelles); le *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural* (Sader, ministère de l'Agriculture et du Développement rural) — de même que des universités et des collectivités locales.
- De nombreux genres ont été identifiés, mais les recherches à l'échelle des paysages et des régions sont insuffisantes.

- Les espèces et les lignées cryptiques sont importantes pour la conservation. La caractérisation des lignées est de la plus haute importance pour la mobilisation des ruches de mélipones (Meliponini).
- Bien que certaines études soient en cours depuis des décennies, il existe des lacunes importantes dans les connaissances sur les abeilles indigènes dans certaines régions, notamment :
 - le centre et le nord du Mexique (plus précisément, Mapimí et certaines parties du désert de Sonora – l'une des zones qui présentent la plus grande diversité d'abeilles indigènes en Amérique du Nord);
 - la péninsule de Basse-Californie;
 - le bassin de la rivière Balsas.
- Les biomes les moins étudiés sont :
 - les forêts tempérées;
 - les forêts humides;
 - les forêts tropicales sèches;
 - les déserts;
 - la végétation aquatique et émergente;
 - la forêt mésophile;
 - les prairies.
- Les informations et les connaissances systématisées sont peu nombreuses.
- L'Université nationale autonome du Mexique (UNAM) élabore un important programme de recherche sur la répartition et la diversité des abeilles indigènes à l'échelle nationale.

États-Unis

- Le *US National Native Bee Monitoring Research Coordination Network* (RCN, Réseau national de coordination de la recherche sur la surveillance des abeilles indigènes aux États-Unis), coordonné par l'Université de Californie à Riverside, est actuellement actif. Il a réalisé des progrès significatifs en identifiant et mobilisant environ 600 participants à des programmes de surveillance des abeilles à travers les États-Unis.
 - Le RCN assurera principalement l'élaboration d'un document de stratégie nationale de surveillance pour 2023–2024.
 - Quatre ateliers se sont déroulés à ce jour : 1) introduction à la surveillance des abeilles indigènes; 2) objectifs de conservation pour la surveillance nationale des abeilles indigènes; 3) besoins et priorités des organismes fédéraux des États-Unis; 4) vulgarisation et science citoyenne dans la surveillance des abeilles indigènes.
- Les programmes de surveillance des abeilles indigènes sont menés par des organismes fédéraux, des États, des universités (y compris les programmes de vulgarisation basés dans les universités à vocation agricole) et des ONG. Avant la création du RCN, il n'existait pas de point central de coordination entre ces divers groupes, de sorte qu'une grande partie du travail consiste désormais à comprendre et à répertorier les programmes existants.
- Les discussions dans le cadre du RCN ont révélé un grand intérêt pour l'implication de la science citoyenne, mais aussi une reconnaissance des défis liés à l'incitation à une participation durable, à la garantie de l'exactitude des données collectées et à la prise en compte des biais qui peuvent être associés à la science citoyenne.
- Il est important de noter les associations avec les plantes lors de la surveillance, ainsi que de compiler des renseignements supplémentaires sur les facteurs de stress et l'écologie.

- L'accessibilité des données devrait être une priorité. Nous avons besoin d'experts en science des données capables de comprendre l'étendue et la flexibilité des plateformes de données possibles. (Cette question a fait l'objet d'une discussion plus approfondie dans les trois sous-groupes nationaux.)
- Les organismes fédéraux démontrent un intérêt pour la centralisation d'un référentiel de données. Dix organismes participent actuellement à ces efforts, et la coordination ne fait que commencer. Le *US Department of the Interior* (ministère de l'Intérieur des États-Unis) vient de créer un groupe de coordination pour la conservation des pollinisateurs, réunissant ses entités constitutives actives dans le domaine.
- Un inventaire national est nécessaire pour établir l'état initial des populations du plus grand nombre possible d'espèces d'abeilles indigènes.
- Il existe un goulet d'étranglement au niveau de la taxonomie, et des stratégies sont nécessaires pour y remédier. Cette question est également liée au financement.
- Il est nécessaire de disposer d'un modèle sémantique de données approfondies pour comprendre les connexions et les points communs. Ce sera un projet de grande envergure, mais il est nécessaire pour commencer à établir des comparaisons entre les ensembles de données.

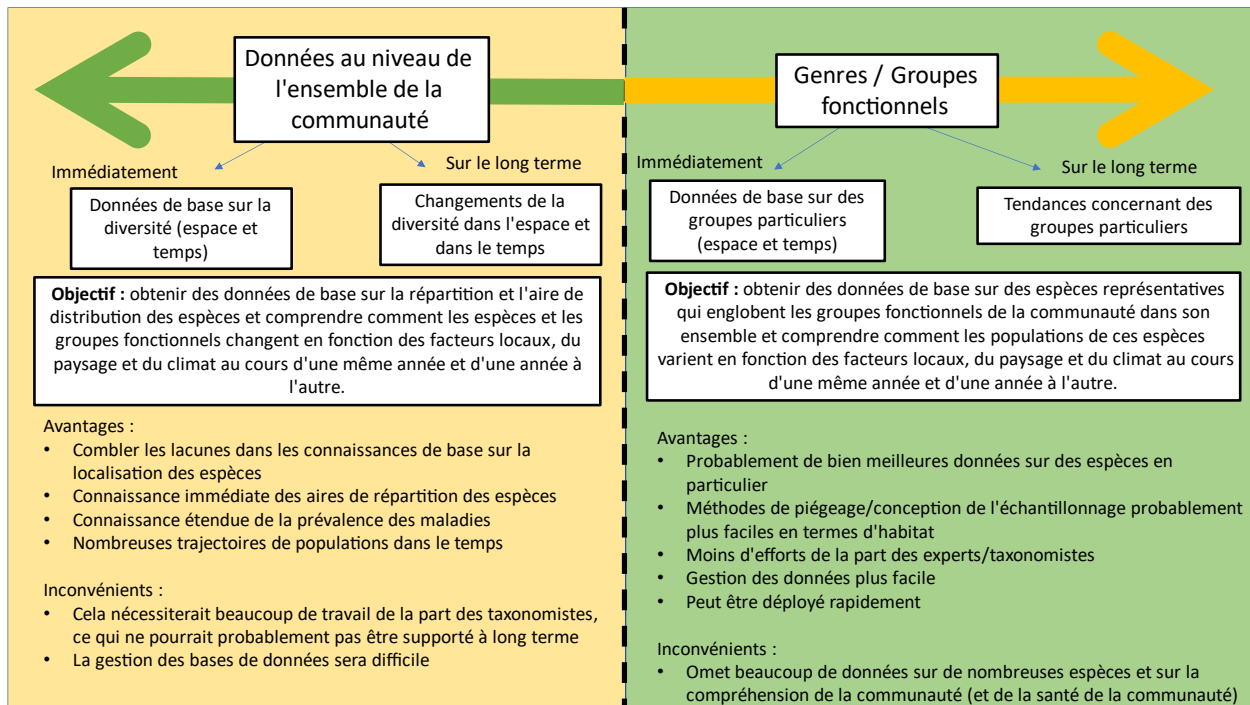
Approches générales de la surveillance des abeilles indigènes

Il existe de nombreuses approches de la surveillance des abeilles indigènes. Le 11 mai, Greg Mitchell (représentant d'Environnement et Changement climatique Canada [ECCC] et du comité directeur) a présenté un aperçu général de ces approches, basé sur les discussions du 3 mai et illustré à la figure 3.

Les flèches représentent l'ensemble du spectre entre deux approches générales : les « données à l'échelle de la communauté entière » (à gauche) et les « données sur les genres et groupes fonctionnels » (à droite). La figure reproduite ci-dessous a été proposée afin d'assurer l'emploi d'un langage commun lors des discussions de la première journée de l'atelier, et de faciliter les discussions ultérieures entre les participants. Il a été admis que, si le groupe devait élaborer un programme de surveillance commun, il faudrait accomplir beaucoup de travail pour veiller à une compréhension commune des définitions, des variables et des échelles à utiliser. D'autres éléments à considérer comprennent des perspectives sur : 1) la définition d'échelles (spatiales et temporelles); 2) les niveaux d'organisation (p. ex., communauté entière, populations, espèces); 3) les variables d'attributs ou de réponses selon le niveau d'organisation (abondance, richesse, détection, occupation, etc.).

Lorsqu'on leur a demandé d'indiquer comment leurs efforts de surveillance actuels pouvaient s'inscrire dans ce cadre conceptuel, dix participants ont indiqué qu'ils utilisaient une combinaison des approches susmentionnées. Parmi eux, neuf se concentraient sur l'ensemble de la communauté, et sept ont déclaré se concentrer sur les genres et les groupes fonctionnels.

Figure 3. Description générale des deux principales approches de surveillance



Source: élaborée par Greg Mitchell après la première journée et modifiée en fonction des commentaires reçus lors de la deuxième journée

Thèmes clés

Cette section résume les principaux thèmes et commentaires relevés lors des discussions plénières des deux jours d'atelier, ainsi que les questions abordées dans les trois rapports nationaux du 3 mai.

1. La collaboration entre les pays est précieuse, même si les défis sont nombreux

Les participants des trois pays ont exprimé leur intérêt à collaborer plus étroitement sur ces questions, et jugeaient utile de poursuivre la coopération entre les pays, notamment par l'entremise de la CCE.

Les discussions sur les aspects importants de la coopération ont permis de dégager les points ci-dessous :

- La coopération permet d'apprendre des autres afin d'améliorer l'élaboration et la mise en œuvre des programmes.
- Les trois pays disposent d'une expertise complémentaire, ce qui pourrait être mis à profit dans le cadre d'un effort trinational.
- Les données historiques d'une zone ou d'une région peuvent informer d'autres personnes qui visent à gérer les abeilles dans des habitats similaires.

- Les abeilles indigènes ne franchissent pas toujours les frontières internationales, mais les virus, les agents pathogènes et les parasites peuvent le faire. Il est important de les surveiller et de diffuser les renseignements recueillis.
- Les trois pays pourraient envisager d'élaborer un programme similaire à celui mis en œuvre au Costa Rica pour former le personnel et la population locale (parataxonomistes) à la collecte de données dans les zones protégées de la péninsule de Guanacaste. L'*Oregon Bee Atlas* (Atlas des abeilles de l'Oregon), aux États-Unis, est un autre exemple de programme permettant de former des membres du public à la parataxonomie.
- Une nouvelle initiative a été entreprise pour coordonner la surveillance des pollinisateurs de l'Arctique sous l'égide du groupe de travail de Conservation de la flore et de la faune arctiques (de l'*Arctic Council*).
- Les programmes et les pays devraient s'accorder sur des méthodes de stockage, de mobilisation et d'analyse multiscalaire des données, tout en permettant une certaine souplesse contextuelle.
- Il pourrait y avoir des possibilités d'échanges trilatéraux d'étudiants aux fins de formation et de supervision, pour favoriser la mise en commun des méthodes et des résultats entre les trois pays.

2. La diversité et la dispersion des acteurs qui forment le réseau rendent difficile l'obtention d'une vue d'ensemble des efforts trinationaux de surveillance et d'inventaire des abeilles indigènes

Dans les trois pays, la surveillance, les inventaires et d'autres travaux de recherche sur les abeilles indigènes sont entrepris par des organismes des pouvoirs publics de divers ordres de gouvernement, des établissements universitaires et des ONG.

- Les activités d'inventaire et de surveillance sont conduites conformément à des mandats ou missions organisationnelles disparates et sont financées par des sources hétérogènes.
- Le RCN fait des progrès notables dans le domaine de l'inventaire et de la surveillance aux États-Unis, mais aucun des trois pays n'a encore établi de plan concerté de surveillance des abeilles indigènes à l'échelle nationale.

3. Les données de base sur l'abondance des abeilles et la diversité des espèces font défaut dans de nombreuses régions

Même si de nombreuses activités de surveillance sont en cours, les participants des trois pays ont relevé des lacunes dans les connaissances relatives aux données de base, notamment en ce qui concerne l'abondance et la diversité des espèces d'abeilles dans une zone donnée.

- Exemples des lacunes mentionnées :
 - La présence d'espèces d'abeilles indigènes est inconnue dans plus de la moitié des zones protégées du Mexique;
 - Il existe des lacunes connues dans le nord du Mexique et dans la péninsule de Basse-Californie;
 - Des lacunes existent également dans les zones arctiques.
- De nombreux échantillons d'abeilles indigènes ont été récoltés dans certaines régions du Canada, mais de nombreuses zones n'ont pas été assez échantillonnées.

- Des lacunes existent pour de multiples raisons, notamment le faible degré d'intérêt ou de priorité au sein des organismes, les coûts, la sécurité, les autorisations, etc.
- Au Mexique, les listes d'espèces sont incomplètes pour plus de la moitié des aires naturelles protégées. Entre 140 et 150 études ont été réalisées sur les populations d'abeilles indigènes, et la plupart portent sur le même petit nombre d'espèces (environ 2 à 5 % des quelque 2000 espèces).
- Les études menées au Canada portent sur des périodes relativement courtes, notamment lorsqu'elles sont axées sur les zones agricoles. Il est donc difficile d'identifier des tendances sur les populations naturelles et les cycles saisonniers. Il y a trop peu de données sur les tendances à long terme nécessaires pour comprendre les répercussions des changements d'affectation des terres et des changements climatiques sur les communautés d'abeilles, mais la première étape essentielle consiste à acquérir des connaissances de base sur la nature et l'emplacement des diverses espèces d'abeilles.

4. Les programmes de surveillance actuels portent principalement sur l'état et les tendances des abeilles indigènes, mais tentent également de répondre à une variété de besoins

Sur les 26 répondants interrogés le 11 mai, 14 ont répondu que l'objectif principal de leur programme de surveillance était « l'état et les tendances des populations d'abeilles indigènes », tandis que la deuxième réponse la plus populaire, choisie par 6 répondants, était « la gestion des habitats pour promouvoir la santé des populations d'abeilles indigènes ».

- Les participants ont expliqué que leur programme respectif peut chercher à décrire l'état et les tendances des populations, par exemple, mais qu'il ne dispose pas actuellement de données suffisantes pour le faire en ce qui concerne la plupart des espèces. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la taxonomie est largement sous-financée, ce qui cause des retards ou des problèmes de fiabilité des identifications taxonomiques.
- Les programmes peuvent être destinés à atteindre des objectifs multiples, notamment pour ce qui est d'utiliser les états et les tendances afin d'éclairer la gestion et la prise de décision à différents niveaux.
 - En Alaska, par exemple, le programme de surveillance des abeilles indigènes *Alaska Bee Atlas* (Atlas des abeilles de l'Alaska) vise à obtenir des renseignements sur l'état et les tendances, mais son objectif final est d'orienter les décisions de gestion relatives aux espèces et aux habitats.
 - Aux États-Unis, la *Endangered Species Act* (Loi sur les espèces en voie de disparition) favorise la surveillance de certaines espèces. Bien que l'un des objectifs soit de déterminer l'état et les tendances, les données recueillies peuvent également être nécessaires pour orienter les stratégies de rétablissement, déterminer la prévalence des maladies, évaluer la génétique d'une population (lors de l'examen de cibles futures de réintroduction), ou donner des orientations sur des activités telles que l'application de pesticides et la gestion des populations en général.
- Il a été suggéré que des travaux de la CCE pourraient porter sur la détermination des besoins d'information communs des gestionnaires des habitats et des autres utilisateurs des données de surveillance des abeilles indigènes dans les trois pays.

5. Il existe de nombreuses méthodes d'échantillonnage éprouvées, dont l'utilisation dépend de l'objectif du programme

L'efficacité des méthodes diffère selon les types de collecte de données. La méthode choisie pour un programme donné dépendra de l'objectif de la surveillance, ainsi que d'autres facteurs, comme le niveau d'expertise des personnes qui collectent les données, le coût et la faisabilité. Une suggestion indiquait qu'une combinaison d'approches pourrait être une solution globale appropriée pour permettre aux chercheurs d'assurer une large couverture à l'échelle communautaire.

- De nombreux programmes d'échantillonnage reposent sur des méthodes létales, mais il existe également de nombreux modèles efficaces qui sont basés sur des méthodes non létales.
- Il pourrait être nécessaire que des activités de surveillance effectuées à des fins réglementaires soient conçues différemment pour différentes espèces.
- Lors du choix de la méthode comparative d'échantillonnage, il faut prendre en considération le coût, la faisabilité, la répétabilité (notamment, tenir compte des niveaux d'expertise différents des collecteurs de données et des outils qu'ils peuvent utiliser, par exemple les filets à main requérant une plus grande habileté que les pièges à eau, plus simples à mettre en place), la couverture et les biais taxonomiques, et la capacité globale à trouver des réponses aux questions liées à la surveillance. La fréquence des activités de surveillance pendant et entre les saisons doit également être prise en compte.
- Il serait possible d'établir un quelconque type d'échantillonnage phénologique cohérent à partir de la date de début dans toutes les écozones (p. ex., correspondant à la floraison des saules ou des pissenlits). Un échantillonnage longitudinal répété est nécessaire tout au long de la saison.

6. Les capacités limitées d'identification taxonomique ont un effet négatif sur l'exécution, le coût et la mise en œuvre des programmes

Lorsqu'on leur a demandé quels étaient les grands défis liés aux programmes de surveillance des abeilles indigènes, 22 participants sur 27 ont répondu que le « manque de capacités pour l'identification taxonomique » était l'un de leurs trois principaux défis. La deuxième réponse la plus fréquente était le « financement », et la relation entre les deux réponses était reconnue (c.-à-d. qu'une pénurie d'expertise taxonomique peut rendre celle-ci plus coûteuse).

- La plupart des programmes manquent de temps ou de ressources pour traiter tous les spécimens et échantillons.
- Le transfert de spécimens entre pays entraîne des complications, car les processus de délivrance de permis transfrontaliers pour les spécimens biologiques peuvent être difficiles à obtenir ou nécessiter beaucoup de démarches.
- Certaines approches visant à réduire les goulets d'étranglement en matière de taxonomie consistent à :
 - former davantage de taxonomistes;
 - utiliser des approches moléculaires (bien que le codage à barres puisse être coûteux et même destructeur pour les échantillons);
 - établir des bibliothèques d'ADN de meilleure qualité et plus cohérentes pour le codage à barres dans les trois pays;

- réduire la quantité de matériel à identifier ou la résolution taxonomique recherchée (c.-à-d. se concentrer sur des groupes fonctionnels ou des services écosystémiques, comme les abeilles sociales terricoles par rapport aux abeilles solitaires terricoles ou aux abeilles cleptoparasites);
- utiliser des taxons indicateurs ou ciblés, mais ceux-ci doivent être sélectionnés avec soin et peuvent différer sur de vastes étendues géographiques.
- Les goulets d'étranglement affectant la taxonomie sont moins importants pour les bourdons que pour l'ensemble des abeilles, car davantage d'experts se concentrent sur ce groupe et il comporte moins d'espèces (c'est également le cas pour les abeilles charpentières et certains autres groupes ciblés).

7. Il existe certaines possibilités d'établir des genres ou groupes fonctionnels prioritaires communs aux trois pays

Le groupe n'a pas tenté de se mettre d'accord sur des genres ou des groupes fonctionnels à privilégier dans les trois pays, mais le tableau 1 présente les suggestions proposées pour une éventuelle étude plus approfondie.

Tableau 1. Genres ou groupes fonctionnels pouvant faire l'objet d'une priorité commune dans les trois pays

Genres	Groupes fonctionnels
<i>Agapostemon</i>	Abeilles cleptoparasites
<i>Nomia</i>	
<i>Osmia</i>	
<i>Anthidium</i>	
<i>Megachile</i>	
<i>Bombus</i>	
<i>Bombus vosnesenskii</i>	

8. L'harmonisation des normes et de la gestion des données est nécessaire pour faciliter l'analyse entre les programmes et pour évaluer l'état et les tendances à plus grande échelle

Les participants ont exprimé un grand intérêt pour la possibilité de comparer les données entre les programmes, les régions et les pays. Des protocoles normalisés de gestion des données peuvent être élaborés pour promouvoir la comparabilité et les normes de base de la qualité des données, mais ils doivent inclure des options tenant compte des différences entre les programmes en fait d'approches et de contexte.

Le tableau 2 présente les obstacles liés à l'analyse intégrée des données provenant de programmes disparates ainsi que quelques suggestions pour les surmonter. Il a été mentionné que ces défis ne sont pas nécessairement spécifiques aux abeilles indigènes et qu'ils s'appliquent également aux données sur la biodiversité en général.

Tableau 2. Obstacles et suggestions liés à l'interopérabilité des données entre les programmes et au-delà des frontières

Obstacles courants	Suggestions
<p>L'accessibilité des données est limitée.</p> <p>Les pays sont réticents à transmettre les données avant leur publication ou refusent tout simplement de le faire.</p> <p>Les données sont conservées dans des lieux distincts (p. ex., les divers organismes fédéraux des États-Unis conservent leurs données à différents endroits).</p> <p>Les structures conçues pour rassembler les données peuvent ne pas être conviviales.</p>	<p>Convenir d'une base de données centralisée permettant aux fournisseurs de données d'en contrôler la diffusion (ou, si des bases de données nationales sont utilisées, assurer des références croisées entre elles).</p>
<p>Il manque de normes cohérentes.</p> <p>Les tableaux de données sont parfois incomplets (peut-être en partie à cause de la réticence à transmettre les données).</p> <p>Les normes de données varient d'un organisme à l'autre.</p>	<p>Adopter et utiliser des normes internationales dans tous les programmes.</p> <p>Norme Darwin Core (informatique de la biodiversité pour les spécimens)</p> <p>Norme Plinian Core (niveau des espèces et interactions espèces-plantes)</p> <p>Publier les données taxonomiques sous forme de documents de données du <i>Global Biodiversity Information Facility</i> (GBIF, Système mondial d'informations sur la biodiversité) ou au moyen d'un outil similaire.</p>

- Sur les 20 participants qui ont répondu à une question relative à l'accessibilité de leurs données de surveillance, un seul a mentionné que ses données n'étaient pas accessibles à d'autres. Parmi les autres réponses, 13 participants ont indiqué que les données deviennent publiques lorsqu'elles sont publiées, et 9 participants offrent un accès libre aux données. Dans trois cas, les données sont du domaine public, sauf lorsqu'elles concernent des espèces sensibles. (Il était possible de choisir plus d'une réponse.)
 - Au Canada, de nouveaux efforts sont déployés pour mettre les données issues des projets scientifiques gouvernementaux à la disposition du public.
 - Il existe une Collection nationale canadienne d'insectes, d'arachnides et de nématodes (CNC) qui compte environ deux à trois millions de spécimens d'hyménoptères. Elle a été créée et est gérée par Agriculture et Agroalimentaire Canada.
 - Le *US Department of Agriculture* (USDA, ministère de l'Agriculture des États-Unis) s'efforce de mettre ses données en ligne en temps réel.
 - Aux États-Unis, les discussions du RCN ont mis en évidence la nécessité de constituer une base de données nationale.
- Sur les 19 participants qui ont répondu à une question concernant les normes de données qu'ils appliquent à leurs travaux liés aux abeilles indigènes, 13 ont déclaré utiliser les normes de leur propre organisme, et 8 ont dit utiliser la norme Darwin Core. La norme Darwin Core est devenue un sujet important dans les discussions du RCN. La norme Plinian Core est également utilisée au Mexique, mais aucune application de l'une ou l'autre de ces normes n'a été mentionnée dans le cas du Canada.

- Au Mexique, la Conabio a développé davantage l'élément d'interaction du Plinian Core qui inclut la pollinisation, ce qui comprend des vocabulaires contrôlés. Ces travaux sont en cours de publication.
- *El Colegio de la Frontera Sur* (Ecosur, Collège de la frontière Sud) travaille au regroupement d'une base de données sur les abeilles mésoaméricaines qui contient actuellement 480 000 entrées.
- Aux États-Unis, le RCN travaille sur des pratiques exemplaires relatives aux normes de données pour une série d'approches de programme.

9. Les citoyens scientifiques et les non-experts peuvent jouer un rôle essentiel dans l'élargissement des échelles spatiale et temporelle de la collecte de données

Les participants ont souligné qu'il fallait tirer parti du pouvoir que représentent les citoyens pour améliorer la couverture spatiale et temporelle des programmes de surveillance. Toutefois, la conception des programmes doit prendre en compte les possibilités et les défis uniques liés à l'utilisation de la science citoyenne.

- Divers groupes de personnes participent à la collecte de données sur les abeilles indigènes dans les trois pays, y compris des experts et des non-experts. Il est important d'établir un ou plusieurs protocoles appropriés et efficaces pour les non-experts.
- Les citoyens scientifiques peuvent être réticents à utiliser une méthode létale pour prélever des échantillons d'abeilles.
- Les non-experts peuvent collecter des observations photographiques d'espèces sur de grandes échelles géographiques et chronologiques. La documentation photographique des spécimens peut avoir moins de valeur que les spécimens eux-mêmes.

Possibilités de coopération trinationale

Les participants ont délimité les mesures initiales suivantes destinées à améliorer l'harmonisation des efforts de surveillance des abeilles indigènes en Amérique du Nord, réitérant le besoin de financement pour qu'elles puissent être mises en œuvre.

Poursuivre la mise en place d'une communauté de pratique trinationale

- Créer et renforcer les structures de soutien d'une communication continue et cohérente entre les experts des trois pays. Utiliser ces structures pour continuer à déterminer les priorités et les objectifs communs, tout en créant une connaissance commune des diverses activités de surveillance et d'inventaire des abeilles indigènes en Amérique du Nord.
- Créer des occasions de rencontres en personne et d'échange de connaissances. La CCE prévoit d'organiser un atelier en personne à l'automne 2022. Cependant, les experts pourraient également trouver des avantages à organiser des réunions parallèles lors de conférences telles que la *Mesoamerican Conference on Native Bees* (Conférence mésoaméricaine sur les abeilles indigènes) ou la *North American Pollinator Protection Campaign* (Campagne pour la protection des pollinisateurs en Amérique du Nord).

- Créer une ressource accessible permettant d'échanger des renseignements sur ce qui se passe dans les trois pays et sur les personnes à contacter pour obtenir plus d'informations (p. ex., une page Web dans le cadre d'un projet existant ou un site Web dédié).
- Rechercher des possibilités de partager la supervision d'étudiants entre les universités de différents pays. Le travail des étudiants peut encourager l'échange de renseignements et la collaboration, tout en concourant à la formation de la prochaine génération de scientifiques.

Continuer à explorer les moyens d'échanger les données entre les pays et d'utiliser les données des autres pays

- Permettre aux experts des autres pays d'avoir accès aux bases de données actuelles, même s'il existe encore des obstacles à la synthèse des analyses.
- Tout en cherchant des possibilités d'échange des données, il est important de comprendre et d'aborder les réticences à cet égard. L'élaboration de conditions communes pour l'échange des données est un moyen de répondre aux préoccupations. Par exemple, dans le Réseau trinational de connaissances sur le monarque de la CCE, les chercheurs se sont vu offrir la possibilité de restreindre l'utilisation de leurs données, ce qui a favorisé la participation.

Continuer à trouver des moyens d'accroître les capacités d'identification taxonomique

- Cette question nécessite un examen plus approfondi, mais elle a été fréquemment soulevée. Une suggestion à l'échelle trinationale consistait à trouver des mécanismes pour faciliter le passage de spécimens d'abeilles aux frontières à des fins d'identification taxonomique, particulièrement en ce qui concerne les envois du Mexique vers les États-Unis. Le besoin de financement a également été mentionné.

Annexe 1 – Liste des participants

Antoine Asselin-Nguyen – CCE
André-Philippe Drapeau Picard –
Insectarium de Montréal
Brienne Du Clos – RCN/Université de
Californie à Riverside
Carlos Cultid Medina – INECOL
Casey Burns – *Bureau of Land Management*
(Bureau de la gestion des terres) de l'Alaska
Courtney Price – *Modératrice*
Esther Quintero – Conabio
Greg Mitchell – ECCC
Haley Griffin – *Modératrice*
Hollis Woodard – RCN/Université de
Californie à Riverside
Ignacio March Mifsut – Conanp
Ismael Hinojosa – UNAM, *Instituto de*
Biología (Institut de biologie)
Izzy Hill – USDA
James Weaver – USFWS
Jason Gibbs – Université du Manitoba
Javier Quezada Euan – *Universidad*
Autónoma de Yucatán (UADY, Université
autonome du Yucatán)
Jess Vickruck – AAC
Jessica Forrest – Université d'Ottawa
Jonathon Koch – USDA*
Liliana Paz Miller – CCE
Lisa Neame – *Alberta Native Bee Council*
(Conseil de conservation des abeilles
indigènes de l'Alberta)
Lora Morandin – *Pollinator Partnership*
(Partenariat sur les pollinisateurs)*
Lucie Robidoux – CCE
Mauricio Quesada – UNAM
Neal M. Williams – Université de Californie à
Davis
Nicole Goñi – CCE
Nigel Raine – Université de Guelph
Noemi Arnold GEA – INANA
Oscar Martinez – Ecosur*
Paola Gonzalez – INECOL A.C.
Paty Deleze – *Interprète*
Paul Galpern – Université de Calgary
Rebecca Irwin – Université d'État de la
Caroline du Nord / *Rocky Mountain Biological*
Laboratory (NCSU / Laboratoire de biologie
Rocky Mountain)*
Remy Vandame – Ecosur*
Ricardo Ayala – UNAM
Rosa Maria Boadella – *Interprète*
Ryan Drum – USFWS
Sarina Jepsen – *Xerces Society*
Sierra Fletcher – *Modératrice**
Shalene Jha – Université du Texas à Austin
Sheila R. Colla – Université York
Steve Javorek – AAC
Tam Smith – USFWS
Terry Griswold – ARS, USDA#
Tracy Zarillo – *Connecticut Agricultural*
Experiment Station (Station expérimentale
agricole du Connecticut)#
Valérie Fournier – Université Laval
Vicki Wojcik – *Pollinator Partnership Canada*
(Partenariat canadien sur les pollinisateurs)

Présence le 3 mai seulement

* Présence le 11 mai seulement

Annexe 2 – Programmes identifiés

L'analyse et le compte rendu des travaux du sous-groupe des États-Unis étaient principalement axés sur le [RCN](#), qui décrit de nombreux efforts de surveillance et d'inventaire des abeilles indigènes par le biais de ses membres et des enregistrements d'ateliers. Les programmes mentionnés pour le Canada et le Mexique lors de l'atelier sont énumérés ci-dessous.

Canada

- [Collection nationale canadienne d'insectes, d'arachnides et de nématodes \(CNC\)](#)
- [Bumble Bee Watch \(Surveillance des bourdons\)](#)
- [Initiative et réseau des laboratoires vivants](#)
 - [Atlantique](#)
 - [Est des Prairies](#)
 - [Québec](#)
 - [Ontario](#)
- [Alberta Native Bee Council \(Conseil de conservation des abeilles indigènes de l'Alberta\)](#)
- Université de Calgary
 - [Bee Habitat Pilot Project](#) (Projet pilote sur l'habitat des abeilles) [Université de Calgary]
 - [Calgary Pollinator Count](#) (Dénombrement des pollinisateurs à Calgary) [Université de Calgary]
 - *Beneficial Insects Surveillance Network* (Réseau de surveillance des insectes bénéfiques) [2015-2019]
 - [Beneficial Insects Surveillance Network II](#) (Réseau de surveillance des insectes bénéfiques II) [2019-?]
 - Mindi Summers (abeilles en milieu urbain)
- Université York : [Sheila Colla's Native Pollinator Research Lab](#) (Laboratoire de recherche de Sheila Colla sur les pollinisateurs indigènes)
- [Insectarium de Montréal](#)
- [Pollinator Partnership Canada \(Partenariat canadien sur les pollinisateurs\)](#)
- Université Cape Breton : Alana Pinder
- Université du Manitoba
 - [Jason Gibbs](#)
 - Kyle Bobiwash
 - [Musée d'entomologie J. B. Wallis / R. E. Roughley](#)
- Agriculture et Agroalimentaire Canada
- Environnement et Changement climatique Canada
- *Royal Saskatchewan Museum* (Musée royal de la Saskatchewan)
 - [Bees of Canada](#) (Abeilles du Canada), Cory Sheffield
- Université de Guelph
 - [1 in 3 mouthfuls](#) (Une bouchée sur trois), Nigel Raine Lab
- Université Brock : Miriam Richards

Mexique

- IBUNAM (Institut de biologie de l'UNAM)
 - Chamela (1984–aujourd'hui) : études faunistiques dans l'ouest du Mexique et au Yucatán, dans des forêts sèches et tempérées; il ne s'agit pas d'un suivi périodique, mais ce programme peut être utilisé comme base de référence.
 - Régions du centre et du sud du Mexique : composition faunistique (taxonomie et systématique) des abeilles originaires des régions tropicales humides (Tuxtla), notamment les abeilles à orchidées. Rééchantillonnage temporel pour l'établissement de tendances.
- IES UNAM (Établissements d'enseignement supérieur de l'UNAM) [30 ans d'études] : effets du morcellement forestier sur les pollinisateurs et les services écosystémiques, principalement dans la cordillère néovolcanique, à Chamela et dans les hautes terres.
 - Interface terre agricole-friche pour démontrer l'importance des zones naturelles protégées, des facteurs de risque et des facteurs d'utilisation des pollinisateurs.
 - Projet de quatre chercheurs pour travailler sur l'utilisation des abeilles indigènes et mellifères.
 - *Abejas de calabazas* (Abeilles des citrouilles) : conservation, écologie et aspects génétiques.
 - Analyse des abeilles mellifères dans l'ensemble du pays : déterminer leur origine.
- INECOL Patzcuaro (INECOL, A.C. – Centre régional de Bajío) : Milpas, Cofre de Perote, Veracruz, systèmes agricoles du lac de Chapala.
 - Collaboration avec la Conanp pour la surveillance participative au *Barranca del Cupatitzio*, notamment avec les espèces faciles à identifier dans les zones de culture d'avocats, et collaboration avec l'*Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo* (UMSNH, Université du Michoacán à San Nicolás de Hidalgo) avec les espèces faciles à identifier, notamment les *Bombus* et les abeilles charpentières.
 - Évènements annuels de sensibilisation du public à l'importance des abeilles indigènes.
 - Publication de guides.
- *Universidad Autónoma de Yucatán* (UADY, Université autonome du Yucatán) : étude de 20 ans sur la diversité des Meliponini (morphométrie, hydrocarbures cuticulaires, microsattellites et codage à barres), qui sont très importantes dans la péninsule du Yucatán et ailleurs au Mexique, notamment les espèces *Melipona beecheii* et *M. yucatanica*, mais aussi les *Scaptotrigona hellwegeri*, *S. mexicana*, *S. pectoralis* et *Nannotrigona perilampoides*. D'importantes lignées génétiques méritant d'être conservées dans différentes régions géographiques du Mexique ont été découvertes. Les nouvelles menaces liées à la forte hausse du nombre de mélipones sont une préoccupation actuelle.
- Ecosur :
 - Richesse bioculturelle des Meliponini d'Oaxaca entre 2012 et 2018 dans environ 70 communautés locales pour documenter leurs connaissances.
 - Répertoires faunistiques.
 - Population locale ayant l'impression qu'il y a moins d'abeilles.
 - Inventaire des espèces de ces groupes et documentation de leur gestion.
 - Accent mis sur l'élaboration d'un livre de sensibilisation.
 - Les membres des populations locales sont les principaux acteurs des activités de conservation.

Annexe B – Programmes portant sur les abeilles indigènes en Amérique du Nord

Les tableaux ci-dessous ont été créés à partir des réponses au questionnaire en ligne envoyé aux participants à l'atelier et à leurs réseaux; il ne s'agit pas d'une liste exhaustive. Les renseignements sont fournis ici pour faciliter la collaboration et les échanges entre les programmes.

Légende

Objectif	Habitat général	Méthode d'échantillonnage utilisée	Collecteurs de données	Norme de données
S = surveillance R = relevé I = inventaire T = collection de références taxonomiques	U = urbain AG = agricole N = naturel A = autre	PB = pièges bols PA = piège à ailettes F = filet P = photo A = autre	E = experts CS = citoyens scientifiques ou public NE = autres non-experts	I = norme institutionnelle D = Darwin Core P = Plinian Core A = autre

Canada

Projet ou programme	Objectif	Région infranationale où les données sont collectées	Habitat général	Attributs des abeilles indigènes surveillés	Attributs liés aux fonctions écosystémiques (le cas échéant)	Groupe d'abeilles visé (le cas échéant)	Méthode d'échantillonnage utilisée	Collecteurs de données	Norme de données	Stockage des échantillons	Durée
Abeilles citoyennes	S, R	Québec	U, AG, N	Diversité, abondance	N/D	N/D	PB	E, CS	N/D	Tous	2019-2021
Biogéographie des abeilles dans les Maritimes	R, I	Provinces maritimes du Canada	AG, N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie	N/D	N/D	PB, PA	E, NE	I	Tous	2020-en cours
<i>Beneficial Insects Surveillance Network</i> (Réseau de surveillance des insectes bénéfiques)	R, I, T	Alberta (330 sites répartis dans les régions naturelles des prairies et des parcs), et sites montagnards et alpins en Alberta et en Colombie-Britannique (40 sites)	AG, N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie, données destinées à la modélisation de l'occupation	N/D	Bourdons (travaux en montagne) Toutes les espèces (travaux en régions agricoles)	PB, PA	E	I	Tous	2015-2019
Relevés de l'émergence des reines bourdons, examen des répercussions des facteurs de stress environnementaux sur le mouvement des bourdons	S, R	Guelph et Cambridge, Ontario	N, A	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie, trajectoires de vol, angles de virage, sélection de l'habitat	N/D	Bourdons	F, A	E	I	Aucun	2021-en cours
<i>Bee Group</i> (Groupe sur les abeilles) de l'Université Cape Breton	S, I, T	Nouvelle-Écosse	U, AG, N	Diversité, présence/absence, abondance	Pollinisation	N/D	PB, F	E, NE	I	Tous	2021-en cours

Projet ou programme	Objectif	Région infranationale où les données sont collectées	Habitat général	Attributs des abeilles indigènes surveillés	Attributs liés aux fonctions écosystémiques (le cas échéant)	Groupe d'abeilles visé (le cas échéant)	Méthode d'échantillonnage utilisée	Collecteurs de données	Norme de données	Stockage des échantillons	Durée
Laboratoire de Sheila Colla (travaux sur le terrain en Ontario, surveillance des bourdons, protocoles et cadres gouvernementaux)	S, R	N/D	U, AG, N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie, données destinées à la modélisation de l'occupation	Pollinisation, compétition	Principalement des bourdons, mais aussi d'autres abeilles sauvages, selon le projet	PB, F, P	E, CS	I	Certains	2015-en cours
Great Sunflower Project (Grand projet tournesol)	S	N/D	U, AG, N	Taux de visite	Pollinisation	N/D	P, A	CS	I	Aucun	2008-en cours
Surveillance à long terme des abeilles dans la région de Niagara, dans le sud de l'Ontario	S, R	Péninsule du Niagara, sud de l'Ontario	N, A	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie, taille du corps	N/D	Abeilles capturées par les pièges à eau	PB, PA, F	E, CS	I	Tous	2003-en cours
Native Pollinator Initiative - Bumble Bees (Initiative sur les pollinisateurs indigènes - Bourdons)	S, R	Sud de l'Ontario	U, N	Diversité, présence/absence, abondance	N/D	Bourdons	F	E, CS, NE	I	Aucun	2012-en cours

Mexique

Projet ou programme	Objectif	Région infranationale où les données sont collectées	Habitat général	Attributs des abeilles indigènes surveillés	Attributs liés aux fonctions écosystémiques (le cas échéant)	Groupe d'abeilles visé (le cas échéant)	Méthode d'échantillonnage utilisée	Collecteurs de données	Norme de données	Stockage des échantillons	Durée
Abeilles du nord-est du Mexique	S, I	Nuevo León et Coahuila	U, AG, N	Diversité, abondance, relation entre les plantes et les insectes	Visiteurs floraux	N/D	PB, F, P	E	I	Tous	2019-en cours
Conacyt 103341 : conservation des mélipones au Mexique, et Conacyt 291333 : gestion durable des pollinisateurs	S, R	Régions tropicales du Mexique : péninsule du Yucatán, côte du Pacifique et côte du golfe du Mexique	U, AG, N	Diversité	Pollinisation	Mélipones et abeilles à orchidées	F, P	E	N/D	Certains	2010-en cours
Diversité des abeilles à orchidées (Hymenoptera : Apidae) dans les régions tropicales du Mexique : suivi comparatif des populations locales et analyse de la structure génétique d'espèces représentatives	S, I	Proposition d'inclure des données provenant de plusieurs États du Mexique : Veracruz, Chiapas, Oaxaca, Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Puebla, Tlaxcala, Morelos, Guerrero, Michoacán, Hidalgo, Querétaro, Mexico	AG, N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie	Pollinisation	Abeilles à orchidées	PB, F, A	E	I	Tous	2021-en cours
Modèles de diversité des pollinisateurs sauvages dans le paysage néotropical de la région du centre-ouest du Mexique	S, I	Région du centre-ouest du Mexique composée des États suivants : Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Querétaro, San Luis Potosí et Zacatecas	U, AG, N	Diversité, abondance, traits écomorphologiques	Pollinisation	Apidae, Megachilidae et Halictidae	PB, PA, F, P	E, CS, NE	D	Certains	2017-en cours

Projet ou programme	Objectif	Région infranationale où les données sont collectées	Habitat général	Attributs des abeilles indigènes surveillés	Attributs liés aux fonctions écosystémiques (le cas échéant)	Groupe d'abeilles visé (le cas échéant)	Méthode d'échantillonnage utilisée	Collecteurs de données	Norme de données	Stockage des échantillons	Durée
Équipe de surveillance des abeilles d'El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur)	S, R, I, T	Tout le Mexique, notamment les États d'Oaxaca, de Chiapas et de Tabasco, et la péninsule du Yucatán	U, AG, N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie, données destinées à la modélisation de l'occupation	Pollinisation	Intérêt envers toutes les abeilles, mais plus particulièrement les bourdons, les mélipones et les abeilles charpentières	F	E, CS, NE	I	Tous	1986-en cours
Great Sunflower Project	S	N/D	U, AG, N	Taux de visite	Pollinisation	N/D	P, A	CS	I	Aucun	2008-en cours
Pollinisateurs des caféiers dans la région du sud du Mexique	S, R, T	Sud du Mexique	U, AG, N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie	Pollinisation	Axé sur les bourdons, mais aussi toutes les abeilles de la communauté	PB, PA, F	E	I	Certains	2005-en cours
Les mélipones et leur élevage dans l'État d'Oaxaca, au Mexique	R, T	État d'Oaxaca	U, AG, N	Présence/absence, données destinées à la modélisation de l'occupation	N/D	Mélipones	F	E	I	Tous	2012-2018

États-Unis

Projet ou programme	Objectif	Région infranationale où les données sont collectées	Habitat général	Attributs des abeilles indigènes surveillés	Attributs liés aux fonctions écosystémiques (le cas échéant)	Groupe d'abeilles visé (le cas échéant)	Méthode d'échantillonnage utilisée	Collecteurs de données	Norme de données	Stockage des échantillons	Durée
<i>Great Sunflower Project</i>	S	N/D	U, AG, N	Taux de visite	Pollinisation	N/D	P, A	CS	I	Aucun	2008-en cours
Laboratoire de Sheila Colla (surveillance des bourdons, protocoles et cadres gouvernementaux)	S, R	N/D	U, AG, N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie, données destinées à la modélisation de l'occupation	Pollinisation, compétition	Bourdons, mais aussi d'autres abeilles sauvages, selon le projet	PB, F, P	E, CS	I	Certains	2015-en cours
Relevé des abeilles de Cross Timbers et du plateau d'Edwards, au Texas; relevé des pollinisateurs urbains du centre du Texas; relevé des pollinisateurs urbains de la côte californienne; pollinisateurs des cotonniers au Texas	S, R	Centre du Texas, littoral de la Californie	U, AG, N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie	Pollinisation	Axé sur les bourdons, mais aussi toutes les abeilles de la communauté	PB, PA, F	E	I	Certains	2012 en cours
<i>Alaska Bee Atlas</i> (Atlas des abeilles de l'Alaska)	R, I, T	N/D	U, N	Diversité, présence/absence	N/D	N/D	PB, PA, F, P	E, CS, NE	I, D	Tous	2020-en cours
<i>Arkansas Native Bee Inventory</i> (Inventaire des abeilles indigènes de l'Arkansas)	S, R, I, T	Arkansas	U, AG, N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie	N/D	N/D	PB, F, P	E, CS, NE	I	Tous	2021-en cours

Projet ou programme	Objectif	Région infranationale où les données sont collectées	Habitat général	Attributs des abeilles indigènes surveillés	Attributs liés aux fonctions écosystémiques (le cas échéant)	Groupe d'abeilles visé (le cas échéant)	Méthode d'échantillonnage utilisée	Collecteurs de données	Norme de données	Stockage des échantillons	Durée
<i>Bee Friendly Vineyards</i> (Vignobles respectueux des abeilles) / <i>Regenerative Bee Pasture</i> (Régénération de la flore mellifère)	S, I, T	Oregon, Dakota du Nord, Dakota du Sud, Nebraska, Montana	AG, N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie	Pollinisation	N/D	PB, PA, F	E	I	Certains	2020-en cours
Projet de surveillance des abeilles du <i>Bureau of Land Management</i> (Bureau de la gestion des terres)	S, I	États de l'ouest des États-Unis	N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie, données destinées à la modélisation de l'occupation	N/D	N/D	PB, PA, F	E, CS, NE	I, D	Tous	2021-en cours
Étude sur l'occupation de <i>Bombus affinis</i>	S	Minnesota, Wisconsin, Illinois	U, N	Diversité, présence/absence, phénologie, données destinées à la modélisation de l'occupation	N/D	Bourçons	P	E	I	Certains	2021-en cours
Projet <i>Bring Conservation Home</i> (Ramener la conservation à la maison)	R	Région métropolitaine de St. Louis (région du Missouri uniquement)	U	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie	N/D	N/D	F	E	I	Tous	2020-2022

Projet ou programme	Objectif	Région internationale où les données sont collectées	Habitat général	Attributs des abeilles indigènes surveillés	Attributs liés aux fonctions écosystémiques (le cas échéant)	Groupe d'abeilles visé (le cas échéant)	Méthode d'échantillonnage utilisée	Collecteurs de données	Norme de données	Stockage des échantillons	Durée
Inventaires des points chauds de pollinisateurs, Université d'État du Colorado et <i>National Park Service</i> (Service des parcs nationaux)	R, I	Inventaires de tous les parcs de ressources naturelles (à l'échelle nationale, à l'exception de l'Alaska) : 272 sur plus de 400 unités de parc	U, AG, N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie	Pollinisation	Bourdons pour 2021	F, P	E, CS, NE	D	Certains	2021-en cours (expiration du financement prévue en 2025)
Surveillance des pollinisateurs des cultures	S	Vermont, New Hampshire	AG	Diversité, présence/absence, abondance	Pollinisation	N/D	P, A	E, CS, NE	I	Aucun	2022-en cours
Elizabeth Sellers – <i>Banshee Reeks Bee Inventory</i> (Inventaire des abeilles de Banshee Reeks)	S, R, I, T	<i>Banshee Reeks Nature Preserve</i> (BRNP, Réserve naturelle de Banshee Reeks), comté de Loudoun, en Virginie	N	Présence/absence	N/D	N/D	PB, PA	E, CS, NE	I	Tous	2010-2020
<i>USDA ARS North Central Ag Research Lab</i> (Laboratoire de recherche de la région du centre-nord du Service de recherche agricole de l'USDA)	R, I, T	Comté de Brookings, est du Dakota du Sud	N, AG	Diversité, phénologie, distance intertégulaire	Pollinisation, compétition	N/D	PB, PA, F, P	E	I, D	Certains	2019-2021

Projet ou programme	Objectif	Région infranationale où les données sont collectées	Habitat général	Attributs des abeilles indigènes surveillés	Attributs liés aux fonctions écosystémiques (le cas échéant)	Groupe d'abeilles visé (le cas échéant)	Méthode d'échantillonnage utilisée	Collecteurs de données	Norme de données	Stockage des échantillons	Durée
<i>Evaluation of Economic, Ecological, and Performance Impacts of Co-Located Pollinator Plantings at Large-Scale Solar Installations</i> (Évaluation des répercussions économiques, écologiques et de rendement des plantations pour les pollinisateurs adjacents aux installations solaires à grande échelle)	S, R, I	Centre de l'Illinois, centre de l'Indiana, sud du Wisconsin, sud-ouest du Michigan	AG, N, A	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie, densité d'activité des abeilles domestiques (abeilles non indigènes)	N/D	N/D	PB, F, P, A	E	I	Certains	2021-en cours (jusqu'en 2024)
Répercussions de la perte et de la fragmentation d'habitats sur le risque d'extinction et la structure de la population d'abeilles	S, R, I, T	Comté de San Diego (Californie)	U, N	Diversité, présence/absence, phénologie, données destinées à la modélisation de l'occupation	N/D	Abeilles autres qu' <i>Apis</i>	PB, F, P	E	A	Tous	2011-en cours
Nouveau relevé des abeilles dans l' <i>Indiana Dunes National Park</i> (Parc national des Dunes de l'Indiana)	S, R, I	Indiana	N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie	N/D	N/D	PB, F, A	E, CS, NE	A	Tous	2003-2022
James Weaver	R, I, T	Nouveau-Mexique	N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie	N/D	N/D	PB, F	E, NE	I	Tous	2022-2022
Janene Lichtenberg	I, T	Nord-ouest du Montana	N	Diversité, présence/absence, phénologie	Pollinisation	Bourdons	F, P, A	E, NE	I	Tous	2016-en cours

Projet ou programme	Objectif	Région infranationale où les données sont collectées	Habitat général	Attributs des abeilles indigènes surveillés	Attributs liés aux fonctions écosystémiques (le cas échéant)	Groupe d'abeilles visé (le cas échéant)	Méthode d'échantillonnage utilisée	Collecteurs de données	Norme de données	Stockage des échantillons	Durée
Katie Moriarty	S, R, I, T	Oregon, Californie	N, A	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie, données destinées à la modélisation de l'occupation	Pollinisation, maladies	Bourdons	PB, PA, F	E	I	Tous	2019-2023
Kristin Gnojewski	R, I	Boise (Idaho)	U, N	Diversité, présence/absence	N/D	N/D	P	CS	I	Aucun	2022-en cours
Maine Bumble Bee Atlas (MBBA, Atlas des bourdons du Maine)	R, I	Maine	U, AG, N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie, utilisation de plantes fourragères, habitat	N/D	Bourdons, abeilles charpentières de l'Est, abeilles résinières géantes, abeilles cotonnières	F, P, A	E, CS, NE	I	Tous	2015-2020
Meredith L. Holm, USFWS	S, R, I, T	Bassin des Grands Lacs des États-Unis	U, N	Diversité, présence/absence, phénologie, données destinées à la modélisation de l'occupation	Pollinisation	Toutes les abeilles indigènes, mais nous envisageons de réaliser un sous-ensemble de relevés des bourdons uniquement	PB, F, P	E	I	Certains	2020-en cours

Projet ou programme	Objectif	Région infranationale où les données sont collectées	Habitat général	Attributs des abeilles indigènes surveillés	Attributs liés aux fonctions écosystémiques (le cas échéant)	Groupe d'abeilles visé (le cas échéant)	Méthode d'échantillonnage utilisée	Collecteurs de données	Norme de données	Stockage des échantillons	Durée
Metamorphic Ecological Research and Consulting, LLC (Recherche et consultation en écologie métamorphique)	S, R, I, T	Virginie-Occidentale, Virginie	U, N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie, données destinées à la modélisation de l'occupation	N/D	Bourdons	F	E	I	Tous	2017-en cours
Minnesota Wild Bee Survey (Relevé des abeilles sauvages du Minnesota)	R, T	Minnesota	N	Diversité	N/D	N/D	PB, PA, F	E, NE	I	Tous	2015-2023
Surveillance des effets des brûlages contrôlés sur l'abondance des bourdons	R	Sud du Wisconsin	N	Diversité, présence/absence, phénologie, données destinées à la modélisation de l'occupation	N/D	Bourdons	F, P	E	I	Aucun	2022-en cours
Projet de surveillance à long terme des abeilles du MPG Ranch	S, I	Comté de Missoula (Montana)	N, A	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie	N/D	N/D	PB, F	NE	I, A	Tous	2013-2019
Abeilles indigènes des communautés naturelles	S, I	Michigan	N	Diversité, abondance	N/D	N/D	PB, F	E	I, D	Tous	2021-en cours
Abeilles indigènes d'Amérique du Nord, taxonomie et biodiversité	R, I, T	Ouest des États-Unis	N	Présence/absence, abondance, phénologie	N/D	Tous, mais en mettant l'accent sur les Megachilidae, les Rophitinae et les Perditiini	PB, F	E	D	Tous	1998-en cours

Projet ou programme	Objectif	Région infranationale où les données sont collectées	Habitat général	Attributs des abeilles indigènes surveillés	Attributs liés aux fonctions écosystémiques (le cas échéant)	Groupe d'abeilles visé (le cas échéant)	Méthode d'échantillonnage utilisée	Collecteurs de données	Norme de données	Stockage des échantillons	Durée
Inventaire des abeilles dans les North Carolina Game Lands (terrains de chasse de la Caroline du Nord)	S	Caroline du Nord	A	Diversité, présence/absence, phénologie, abondance (dans la mesure où les captures par piège et filet représentent l'abondance)	N/D	N/D	PB, F, P	E, NE	I	Certains	2018-en cours
Inventaire des refuges du nord du Nouveau-Mexique	R, I, T	Nouveau-Mexique	N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie	N/D	N/D	PB, F	E, NE	I, D	Tous	2022-2022
Appel de la NSF sur les abeilles - 2021-2022	S, R, I, T	Californie	U, N, A	Diversité, présence/absence, phénologie, association de plantes	N/D	N/D	F, P	E	I	Certains	2021-2022
Oregon Bee Atlas (Atlas des abeilles de l'Oregon)	I, T	Oregon	U, AG, N	Diversité, présence/absence, phénologie	N/D	N/D	PB, PA, F	E, CS	D	Certains	2018-en cours
Pennsylvania Bee Monitoring Program (Programme de surveillance des abeilles de la Pennsylvanie)	S, R, I, T	Pennsylvanie	U, N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie	N/D	N/D	PB, PA, F	NE	D	Tous	2021-en cours

Projet ou programme	Objectif	Région infranationale où les données sont collectées	Habitat général	Attributs des abeilles indigènes surveillés	Attributs liés aux fonctions écosystémiques (le cas échéant)	Groupe d'abeilles visé (le cas échéant)	Méthode d'échantillonnage utilisée	Collecteurs de données	Norme de données	Stockage des échantillons	Durée
Relevés photographiques des pollinisateurs	S, R, I	Centre-ouest et centre de l'Illinois	N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie	Pollinisation, compétition	N/D	P, A	E	N/D	Certains	2018-en cours (relevés par roulement tous les 5 ans)
Réponse après incendie des communautés d'abeilles dans les îles Sky du sud-ouest des États-Unis	S, I	Parcs nationaux Guadalupe Mountains et Big Bend, au Texas	N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie	N/D	N/D	PB, PA, F	E, CS	I, D	Tous	2018-en cours
RI Bumblebee Survey (Relevé des bourdons du Rhode Island)	R, I	Rhode Island	U, AG, N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie	N/D	Bourdons et grosses abeilles charpentières	F, P	E, CS, NE	I	Certains	2022-en cours (2024)
Sevilleta Long Term Ecological Research Bee Monitoring Project (Projet de recherche écologique à long terme pour la surveillance des abeilles du refuge de Sevilleta)	S, R, I, T	Centre du Nouveau-Mexique, Sevilleta National Wildlife Refuge (Refuge national de faune sauvage de Sevilleta)	N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie	N/D	N/D	PB	E, NE	I, D, A	Certains	2001-en cours
Shutterbee	S, R	Région métropolitaine de St. Louis (Illinois et Missouri)	U	Diversité, présence/absence, phénologie, données destinées à la modélisation de l'occupation	Pollinisation	N/D	P	CS	P, A	Aucun	2020-en cours

Projet ou programme	Objectif	Région infranationale où les données sont collectées	Habitat général	Attributs des abeilles indigènes surveillés	Attributs liés aux fonctions écosystémiques (le cas échéant)	Groupe d'abeilles visé (le cas échéant)	Méthode d'échantillonnage utilisée	Collecteurs de données	Norme de données	Stockage des échantillons	Durée
Shutterbee Citizen Science Program (Programme de science citoyenne Shutterbee)	R	Région métropolitaine de St. Louis (Missouri)	U	Diversité, présence/absence, phénologie, données destinées à la modélisation de l'occupation	Pollinisation	N/D	F, P	CS	I	Tous	2020-en cours
Tennessee Pollinators (Pollinisateurs du Tennessee)	S, R, T	Sud-est des États-Unis, Tennessee	U, AG, N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie	Pollinisation	N/D	N, A	E	I	Tous	2019-en cours
Connecticut Bee Monitoring Program (Programme de surveillance des abeilles du Connecticut)	S, R, I, T	Connecticut	AG, N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie, données destinées à la modélisation de l'occupation	N/D	N/D	PB, F	E, NE	I, D, A	Tous	2010-en cours
Ohio Bee Survey (Relevé des abeilles de l'Ohio)	S, R, I, T	Ohio	U, AG, N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie, données destinées à la modélisation de l'occupation	N/D	N/D	PB	E, CS, NE	N/D	Tous	2020
UCSBees	S, I, T	Santa Barbara (Californie)	U, N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie, données destinées à la modélisation de l'occupation	N/D	N/D	PB, F	E, NE	D	Tous	2016-en cours

Projet ou programme	Objectif	Région infranationale où les données sont collectées	Habitat général	Attributs des abeilles indigènes surveillés	Attributs liés aux fonctions écosystémiques (le cas échéant)	Groupe d'abeilles visé (le cas échéant)	Méthode d'échantillonnage utilisée	Collecteurs de données	Norme de données	Stockage des échantillons	Durée
Projet de surveillance des abeilles indigènes de l'USDA dans les champs de soya du nord-est de l'Arkansas	S, R	Nord-est de l'Arkansas	AG	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie, données destinées à la modélisation de l'occupation	Pollinisation	N/D	PB, PA, F	E	I	Tous	2019-en cours
Divers relevés des abeilles dans la région centrale de la Californie et dans la Sierra Nevada	S, R, I	Région centrale de la Californie	U, N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie, données destinées à la modélisation de l'occupation	N/D	Parfois des bourdons	PB, F	E	I	Tous	2001-2020 – divers – en cours dans le comté de Marin
Surveillance des abeilles dans l'ouest du Kansas	S, I, T	Ouest du Kansas	U, AG, N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie, données destinées à la modélisation de l'occupation	N/D	N/D	PB, F	E, NE	I	Tous	2019-en cours
Programmes du <i>Xerces Bumble Bee Atlas</i> (Atlas des bourdons de la société Xerces)	S, R, I	Pacifique Nord-Ouest, Californie, région du Midwest, région des grandes plaines	U, AG, N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie, données destinées à la modélisation de l'occupation	N/D	<i>Bombus</i>	F	E, CS, NE	D	Aucun	2018-en cours

Projet ou programme	Objectif	Région infranationale où les données sont collectées	Habitat général	Attributs des abeilles indigènes surveillés	Attributs liés aux fonctions écosystémiques (le cas échéant)	Groupe d'abeilles visé (le cas échéant)	Méthode d'échantillonnage utilisée	Collecteurs de données	Norme de données	Stockage des échantillons	Durée
Candidat au doctorat en biologie intégrative	R	Californie	N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie, données destinées à la modélisation de l'occupation	N/D	N/D	F	E	I	Tous	2020-en cours
<i>Oklahoma Native Bee Inventory</i> (Inventaire des abeilles indigènes de l'Oklahoma)	S, R, I, T	Oklahoma	U, AG, N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie, données destinées à la modélisation de l'occupation	Association avec la plante hôte	N/D	PB, F, P, A	E, CS, NE	I	Certains	2021-en cours
Structure des communautés d'abeilles dans la prairie de Palouse	I	Partie nord de l'Idaho et zone adjacente dans l'État de Washington	AG, N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie, données destinées à la modélisation de l'occupation	N/D	N/D	PB, PA, F	E	I	Certains	2012-2013
<i>One Tam Marin Bee Monitoring Project</i> (Projet de surveillance des abeilles de One Tam Marin)	R, I, T	Comté de Marin, en Californie	N, A	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie, données destinées à la modélisation de l'occupation	N/D	N/D	PB, F	E, CS, NE	N/D	Tous	2017 : 2021-en cours
Relevés des abeilles indigènes de la <i>Pollinating Insect Research Unit</i> (Unité de recherche sur les insectes pollinisateurs du Service de recherche agricole de l'USDA) à Logan (Utah)	S, R, I, T	Distribution dans le monde entier, en particulier dans le sud-ouest des États-Unis	AG, N	Diversité, présence/absence, abondance, phénologie, données destinées à la modélisation de l'occupation	Pollinisation, compétition	N/D	PB, F	E, NE	I, D	Certains	1946-en cours

Bibliographie

- Acharya, R. S., J. M. Burke, T. Leslie, K. Loftin et N. K. Joshi (2022), « Wild bees respond differently to sampling traps with vanes of different colors and light reflectivity in a livestock pasture ecosystem », *Scientific Reports*, vol. 12, n° 1. <<https://doi.org/10.1038/s41598-022-10286-w>>.
- Allen-Wardell, G., A. Burquez, P. Berhardt et S. Buchmann (1998), « The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields », *Conservation Biology*, vol. 12, n° 1, p. 8-17. <<http://www.jstor.org/stable/2387457>>.
- Arapahoe County Extension (2023), *Native bee watch, a Colorado citizen science field guide*, Arapahoe County, Colorado State University Extension, adapté du *Xerces Society's California Pollinator Project: Citizen Science Pollinator Monitoring Guide*, de Mason, L., B. . Kondratieff et H. S. Arathi (2023). <<https://arapahoe.extension.colostate.edu/nbw/>>.
- Ayala, R., V. H. Gonzalez et M. S. Engel (2013), *Mexican stingless bees (Hymenoptera : Apidae) : Diversity, distribution, and Indigenous Knowledge*, dans *Pot-Honey: A legacy of stingless bees*, New York: Springer Science, p. 135-152. Accessible en ligne : <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4960-7_9>.
- Bloom, E. H., et D. W. Crowder (2020), « Promoting Data Collection in Pollinator Citizen Science Projects », *Citizen Science: Theory and Practice*, vol. 5, n° 1, p. 3, 1-12. <<https://doi.org/10.5334/cstp.217>>.
- Bratman, E. Z. (2020), « Saving the other bees: The resurgence of stingless beekeeping in the Zona Maya », *Conservation and Society*, vol. 18, n° 4, p. 387-398. <https://doi.org/10.4103/cs.cs_20_66>.
- Briggs, H. M., et B. J. Brosi (2013), « The role of the agricultural matrix: coffee management and euglossine bee (*Hymenoptera: Apidae: Euglossini*) communities in southern Mexico », Entomological Society of America, *Environmental Entomology*, vol. 42, n° 6, p. 1210-1217. <<http://www.bioone.org/doi/full/10.1603/EN13087>>.
- Cairns, C. E., R. Villanueva-Gutiérrez, S. Koptur et D. B. Bray (2005), « Bee populations, forest disturbance, and Africanization africanization in Mexico », *Biotropica*, vol. 37, n° 4 [décembre], p. 686-692. <<https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2005.00087.x>>.
- Cane, J. H., R. L. Minckley et L. J. Kervin (2000), « Sampling bees (*Hymenoptera: Apiformes*) for pollinator community studies: pitfalls of pan-trapping », *Journal of the Kansas Entomological Society*, vol. 73, p. 225-231. <<http://www.jstor.org/stable/25085973>>.
- CINAT UNA (2021), *XII Congreso Mesoamericano de abejas nativas: desafíos y oportunidades para la conservación de las abejas nativas* [XII^e Congrès méso-américain des abeilles indigènes : défis et possibilités pour la conservation des abeilles indigènes], Costa Rica: El Instituto Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales (CINAT), de la Universidad Nacional Costa Rica (UNA).
- Conservation de la faune au Canada (2022), *Rétablissement du bourdon*, publié sur le site de la Conservation de la faune au Canada. <<https://wildlifepreservation.ca/fr/retablissement-du-bourdon/>> (consulté le 25 octobre 2022).

- Crowder, J. (2019), *Bee Trap: Oregon State University researchers use blue vane traps to attract bees* [photographie]. Flickr.
<https://www.flickr.com/photos/183258493@N06/50692320898/in/dateposted/>
- Dibble, A. C., F. A. Drummond, A. L. Averill, K. Bickerman-Martens, S. C. Bosworth, S. L. Bushmann, A. K. Hoshide, M. E. Leach, K. Skyrms, E. Venturini et A. White (2018), *Bees and their habitats in four New England states*, Orono, ME: University of Maine College of Natural Sciences, Forestry, and Agriculture, n° 448 [mai]. Accessible en ligne :
<<https://umaine.edu/mafes/wp-content/uploads/sites/98/2018/07/Bees-and-Their-Habitats-in-Four-New-England-States.pdf>>.
- Dolezal, A., et I. Caldwell (2021), *Evaluation of economic, ecological, and performance impacts of co-located pollinator plantings at large-scale solar installations*, University of Illinois, Urbana-Champaign et Argonne National Laboratory.
- Domínguez-Álvarez, A., Z. Cano-Santana et R. Ayala-Barajas (2009), « Estructura y fenología de la comunidad de abejas nativas (*Hymenoptera: Apoidea*) », dans Lot, A., et Z. Cano-Santana, *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*, Universidad Nacional Autónoma de México, p. 421-432.
- Domroese, M. C., et E. A. Johnson (2017), « Why watch bees? Motivations of citizen science volunteers in the Great Pollinator Project », *Biological Conservation*, vol. 208, p 40-47,
<<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.08.020>>.
- Droege, S., J. D. Engler, E. Sellers et L. E. O'Brien (2017), [É.-U], *National protocol framework for the inventory and monitoring of bees*, version 2.0, Fort Collins, Colorado: Inventory and Monitoring, National Wildlife Refuge System, US Fish and Wildlife Service.
<<http://ecos.fws.gov/ServCatFiles/reference/holding/47682>>.
- ECCC (2020), *Programme de rétablissement du bourdon à tache rousse (Bombus affinis) au Canada* [version finale], série de Programmes de rétablissement de la *Loi sur les espèces en péril*, Environnement et Changement climatique Canada, Ottawa, ix + 56 p.
<https://www.registrelep-sararegistry.gc.ca/virtual_sara/files/plans/rs_rusty_patched_bumble_bee_f_final.pdf>.
- Evans, E., M. Smart, D. Cariveau et M. Spivak (2018), « Wild, native bees and managed honey bees benefit from similar agricultural land uses », *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 268, p. 162-170. <<https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.09.014>>.
- Falk, S., G. Foster, R. Comont, J. Conroy, H. Bostock, A. Salisbury, D. Kilbey, J. Bennett et B. Smith (2019), « Evaluating the ability of citizen scientists to identify bumblebee (*Bombus*) species », *PLoS ONE*, vol. 14, n° 6, e0218614.
<<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218614>>.
- Freire-Ramírez, L., G. Flores-Alanís, R. Barajas-Ayala, C. Macías-Velazco et S. Favela-Lara (2014), « El uso de platos trampa y red entomológica en la captura de abejas nativas en el estado de Nuevo León, Mexico », *Acta Zoológica Mexicana (n.s.), nueva serie*, vol. 30, n° 3, p. 508-538.
- Fulkerson, J. R., M. L. Carlson et C. T. Burns (2021), *Alaska bee atlas inventory and monitoring plan and protocol*, Anchorage, AK : Alaska Center for Conservation Science (ACCS), University of Alaska Anchorage et Bureau of Land Management – Alaska. Accessible en ligne :
<https://accs.uaa.alaska.edu/wp-content/uploads/Alaska_Bee_Atlas_2021.pdf>.
- Fulkerson, J. R., M. L. Carlson et C. T. Burns (2022), *Alaska bee atlas inventory and monitoring plan and protocol*, Anchorage, AK : Alaska Center for Conservation Science (ACCS), University of

- Alaska Anchorage et Bureau of Land Management – Alaska. Accessible en ligne : <https://accs.uaa.alaska.edu/wp-content/uploads/Alaska-Bee-Atlas_Protocol-and-Plan-2022.pdf>.
- Galbraith, S. (2019). Piège à ailettes [photographie]. Flickr. <https://www.flickr.com/photos/33247428@N08/35249731080>
- Gezon, Z. J., E. S. Wyman, J. S. Ascher, D. W. Inouye et R. E. Irwin (2015), « The effect of repeated, lethal sampling on wild bee abundance and diversity », *Methods in Ecology and Evolution*, vol. 6, n° 9, p. 1044-1054. <doi.org/10.1111/2041-210X.12375>.
- Gibbs, J., N. K. Joshi, J. K. Wilson, N. L. Rothwell, K. Powers, M. Haas, L. Gut, D. J. Biddinger et R. Isaacs (2017), « Does passive sampling accurately reflect the bee (*Apoidea: Anthophila*) communities pollinating apple and sour cherry orchards? », *Environmental Entomology*, vol. 46, n° 3, p. 579-588. <<https://doi.org/10.1093/ee/nvx069>>.
- González-Acereto, J. A., J. J. Quezada-Euán et L. Medina-Medina (2006), « New perspectives for stingless beekeeping in the Yucatan: results of an integral program to rescue and promote the activity », *Journal of Apicultural Research*, vol. 45, n° 4, p. 234-239. <<https://doi.org/10.1080/00218839.2006.11101356>>.
- Hatfield, R., L. Svancara, L. Richardon, J. Sauder et A. Potter (2020), *The Pacific Northwest Bumble Bee Atlas*, Washington, Oregon et Idaho, É.-U. : US Fish and Wildlife Service. Accessible en ligne : <www.pnwbumblebeeatlas.org>.
- Hodnett, R. (2018). Observation photographique d'un bourdon fébrile [photographie]. Wikimedia Commons. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Common_Eastern_Bumble_Bee_\(Bombus_impatiens\)_-Kitchener,_Ontario_01.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Common_Eastern_Bumble_Bee_(Bombus_impatiens)_-Kitchener,_Ontario_01.jpg)
- Hopwood, J., S. Black et S. Fleury (2015), *Roadside best management practices that benefit pollinators: Handbook for supporting pollinators through roadside maintenance and landscape design*, ICF International et Xerces Society for Invertebrate Conservation, US Department of Transportation, Federal Highway Administration, rapport n° FHWA-HEP-16-059. <https://xerces.org/sites/default/files/2018-05/16-019_01_FHWA_Roadside-Best-Management-Practices-that-Benefit-Pollinators_web.pdf>.
- Høye, T. T., J. Ärje, K. Bjerge, O. L. Hansen, A. Iosifidis, F. Leese, H. M. Mann, K. Meissner, C. Melvad et J. Raitoharju (2020), « Deep learning and computer vision will transform entomology », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 118, n° 2, <<https://doi.org/10.1101/2020.07.03.187252>>.
- Inouye. (s.d.) « Bumblebees (*Bombus* spp.) », publié dans le *US Forest Service: Caring for the land and serving people*, US Forest Service, United States Department of Agriculture (USDA). <<https://www.fs.usda.gov/wildflowers/pollinators/pollinator-of-the-month/bumblebees.shtml>> (consulté le 1er novembre 2022).
- IPBES (2016), *Summary for policymakers of the assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production*, S. G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, H. T. Ngo, J. C. Biesmeijer, T. D. Breeze, L. V. Dicks, L. A. Garibaldi, R. Hill, J. Settele, A. J. Vanbergen, M. A. Aizen, S. A. et coll. (éd.), Bonn, (Allemagne) D. E. : Secrétariat de la Plateforme intergouvernementale scientifique et

- politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES). <<https://hal.science/hal-01946814>>.
- Jackson, H. M., S. A. Johnson, L. A. Morandin, L. L. Richardson, L. M. Guzman et L. K. M'Gonigle (2022), « Climate change winners and losers among North American bumblebees », *Biol Lett*, vol. 18, 20210551. <<https://doi.org/10.1098/rsbl.2021.0551>>.
- Jordan, S. F., E. Lee-Mäder et M. Vaughan (2016), *Upper Midwest Citizen Science Monitoring Guide: Native Bees*, Portland, OR : Xerces Society for Invertebrate Conservation.
- Kammerer, M., S. C. Goslee, M. R. Douglas, J. F. Tooker et C. M. Grozinger (2020), « Wild bees as winners and losers: relative impacts of landscape composition, quality, and climate », *Global Change Biology*, vol. 27, n° 6, p. 1250-1265. <<https://doi.org/10.1111/gcb.15485>>.
- Kerr, J. T., A. Pindar, P. Galpern, L. Packer, S. G. Potts, S. M. Roberts, P. Rasmont, O. Schweiger, S. R. Colla, L. L. Richardson, D. L. Wagner, L. F. Gall, D. S. Sikes et A. Pantoja (2015), « Climate change impacts on bumblebees converge across continents », *Science*, vol. 349, n° 6244, p. 177-180. <<https://doi.org/10.1126/science.aaa7031>>.
- Koffler, S., C. Barbiéri, N. P. Ghilardi-Lopes, J. N. Leocadio, B. Albertini, T. M. Franco et A. M. Saraiva (2021), « A buzz for sustainability and conservation: the growing potential of citizen science studies on Bees », *Sustainability*, vol. 13, n° 2, p. 959. <<https://doi.org/10.3390/su13020959>>.
- Krahner, A., J. Schmidt, M. Maixner, M. Porten et T. Schmitt (2021), « Evaluation of four different methods for assessing bee diversity as ecological indicators of agro-ecosystems », *Ecological Indicators*, vol. 125, 107573. <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107573>>.
- Kremen, C., N. M. Williams et R. W. Thorp (2002), « Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification », *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, vol. 99, n° 26, p. 16812-16816. <www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.262413599>.
- Landaverde-González, P., J. J. Quezada-Euán, P. Theodorou, T. E. Murray, M. Husemann, R. Ayala, H. Moo-Valle, R. Vandame et R. J. Paxton (2017), « Sweat bees on hot chillies: provision of pollination services by native bees in traditional slash-and-burn agriculture in the Yucatan Peninsula of tropical Mexico », *Journal of Applied Ecology*, vol. 54, p. 1814-1824. <[DOI : 10.1111/1365-2664.12860](https://doi.org/10.1111/1365-2664.12860)>.
- Le Féon, V., M. Henry, L. Guilbaud, C. Coiffait-Gombault, E. Dufrêne, E. Kolodziejczyk, M. Kuhlmann, F. Requier et B. E. Vaissière (2016), « An expert-assisted citizen science program involving agricultural high schools provides national patterns on bee species assemblages », *Journal of Insect Conservation*, vol. 20, n° 5, p. 905-918. <<https://doi.org/10.1007/s10841-016-9927-1>>.
- LeBuhn, G., S. Droege, E. Connor, B. Gemmill-Herren et N. Azzu (2016), *Protocol to detect and monitor pollinator communities: Guidance for practitioners*, Rome : Services de pollinisation pour une agriculture durable/Pollination Services for Sustainable Agriculture, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Accessible en ligne : <<https://www.fao.org/documents/card/fr?details=2b0c2b39-e96a-4bb7-be80-6f48d95c91d9%2fhttps://www.fao.org/documents/card/en?details=2b0c2b39-e96a-4bb7-be80-6f48d95c91d9%2f>>.
- Lehman, R. (2018). Capture d'abeilles avec des filets [photographie]. Intermountain Forest Service, USDA Region 4. Wikimedia Commons.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:20180514CTNFpeoplelookingforbees_\(44756294465\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:20180514CTNFpeoplelookingforbees_(44756294465).jpg)

- Liczner, A. R., V. J. MacPhail, D. A. Woollett, N. L. Richards et S. R. Colla (2021), « Training and usage of detection dogs to better understand bumble bee nesting habitat: challenges and opportunities », *PLoS ONE*, vol. 16, n° 5, e0249248. <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249248>>.
- Lye, G. C., J. L. Osborne, K. J. Park et D. Goulson (2011), « Using citizen science to monitor *Bombus* populations in the UK: nesting ecology and relative abundance in the urban environment », *Journal of Insect Conservation*, vol. 16, n° 5, p. 697-707. <<https://doi.org/10.1007/s10841-011-9450-3>>.
- MacPhail, V. J., L. L. Richardson et S. R. Colla (2019), « Incorporating citizen science, museum specimens, and field work into the assessment of extinction risk of the American Bumble bee (*Bombus pensylvanicus* De Geer 1773) in Canada », *Journal of Insect Conservation*, vol. 23, n° 3, p. 597-611. <<https://doi.org/10.1007/s10841-019-00152-y>>.
- MacPhail, V. J., S. D. Gibson et S. R. Colla (2020), « Community science participants gain environmental awareness and contribute high quality data but improvements are needed: insights from *Bumble Bee Watch* », *PeerJ Life & Environment*, vol. 8, e9141. <<https://doi.org/10.7717/peerj.9141>>.
- MacPhail, V. J., S. D. Gibson, R. Hatfield et S. R. Colla (2020), « Using *Bumble Bee Watch* to investigate the accuracy and perception of bumble bee (*bombus* spp.) identification by community scientists », *PeerJ Life & Environment*, vol. 8, e9412. <<https://doi.org/10.7717/peerj.9412>>.
- Mader, E., M. Vaughan, M. Shepherd et J. Hoffman Black (2010), *Alternative pollinators: native bees*, The Xerces Society, Une publication de ATTRA, National Sustainable Agriculture Information Service, version 031810. Accessible en ligne : <<https://attra.ncat.org/publication/alternative-pollinators-native-bees/>>.
- Martínez-López, O., J. B. Koch, M. A. Martínez-Morales, D. Navarrete-Gutiérrez, E. Enríquez et R. Vandame (2021), « Reduction in the potential distribution of bumble bees (Apidae: *Bombus*) in Mesoamerica under different climate change scenarios: Conservation implications », *Global Change Biology*, vol. 27, n° 9 [mars], p. 1772-1787. <<https://doi.org/10.1111/gcb.15559>>.
- McKnight, S., C. Fallon, E. Pelton, R. Hatfield, A. Code, J. Hopwood, S. Jepsen et S. H. Black (2018), *Best management practices for pollination on western rangelands*, Portland, OR : The Xerces Society for Invertebrate Conservation. Accessible en ligne : <https://xerces.org/sites/default/files/2019-09/18-015_BMPs%20for%20Polls%20on%20Western%20Rangelands_sml_9-12-2019%20%281%29.pdf>.
- Meiners, J. M., T. L. Griswold et O. M. Carril (2019), « Decades of native bee biodiversity surveys at Pinnacles National Park highlight the importance of monitoring natural areas over time. », *PLoS ONE*, vol. 14, n° 1, e0207566. <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207566>>.
- Miller-Struttman, N. E., D. Heise, J. Schul, J. C. Geib et C. Galen (2017), « Flight of the bumble bee: buzzes predict pollination services », *PLoS ONE*, vol. 12, n° 6. <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179273>>.
- Minnerath, A., M. Vaughan et E. Mader (2014), *Maritime northwest citizen science monitoring guide for native bees & butterflies*, 2^e édition, Portland, OR : The Xerces Society.

- Pando, F. (2018), « Comparison of species information TDWG standards from the point of view of the Plinian Core specification », *Biodiversity Information Science and Standards (BISS)*, vol. 2. <<https://doi.org/10.3897/biss.2.25869>>.
- Portman, Z. M., B. Bruninga-Socular et D. Cariveau (2020), « The state of bee monitoring in the United States: a call to refocus away from bowl traps and towards more effective methods », *Annals of the Entomological Society of America*, vol. 113, n° 5, p. 337-342. <doi.org/10.1093/aesa/saaa010>.
- Quezada-Euán, J. J. G. (2018), « The past, present, and future of meliponiculture in Mexico », In dans Quezada-Euán, J. J. G (éd.), *Stingless Bees of Mexico*, Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-77785-6_9>.
- Quezada-Euán, J. J. G., W. J. May-Itzá, P. de la Rúa et D. W. Roubik (2022), *From neglect to stardom: stingless bee population integrity in Mexico, and how the rising popularity of stingless bees threatens biodiversity and bee keeping*, Yucatán, MEX : Departamento de Apicultura Tropical, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México. <https://www.researchgate.net/publication/366225970_From_neglect_to_stardom_how_the_rising_popularity_of_stingless_bees_threatens_diversity_and_meliponiculture_in_Mexico>.
- RCN (2021), « Workshop 1: Insight and inspiration from large scale monitoring programs” — Presentation to Workshop 1 », *YouTube*, US National Native Bee Monitoring Research Coordination Network (RCN), Workshop 1. <https://www.youtube.com/watch?v=n_6KoU8Bj5k>.
- RCN (2021), « Workshop 2: Conservation goals for national native bee monitoring », *YouTube*, US National Native Bee Monitoring Research Coordination Network, Workshop 2. <<https://www.youtube.com/watch?v=8ISATFjI038&list=PLh3NEUAQ4ng6C3QBLBoF-E500c5vrUjt4>>.
- RCN (2021), « Workshop 3: Federal agency native bee monitoring needs and efforts », *YouTube*, US National Native Bee Monitoring Research Coordination Network, Workshop 3. <<https://www.youtube.com/watch?v=ym5CHLGpOM0&list=PLh3NEUAQ4ng7eJfCiVxK5MgEW6MPr31P3>>.
- RCN (2021), « Workshop 4: Extension and Community Science », *YouTube*, US National Native Bee Monitoring Research Coordination Network, Workshop 4. <<https://www.youtube.com/watch?v=rdALe5nCbBQ&list=PLh3NEUAQ4ng46B6Qop-ITr12FiLQQWPMp>>.
- RCN (2021), « Workshop 5: Prioritizing places to monitor native bees », *YouTube*, US National Native Bee Monitoring Research Coordination Network, Workshop 5. <<https://www.youtube.com/watch?v=JUI2fbhmiiQ&list=PLh3NEUAQ4ng61LEvW7g1vQvS6JftA3ln6&index=1>>.
- RCN (2022), *Workshop 3 and 4 Technical Summary Reports*, US National Native Bee Monitoring Research Coordination Network. Accessible en ligne : <<https://www.nativebeemonitoring.org/workshops>>.
- Red-Laird, S. (2020), *Bee friendly vineyards/Regenerative bee pasture*, The Bee Girl Organization (BGO), Accessible en ligne : <<https://www.beegirl.org/habitat>>.
- Reyes-González, A., A. Camou-Guerrero et S. Gómez-Arreola (2016), « From extraction to meliponiculture: a case study of the management of Stingless Bees in the west Central

- Region of Mexico », dans Chambo, E. D. (éd.), *Beekeeping and Bee Conservation: Advances in Research*, IntechOpen. Accessible en ligne : <<https://doi.org/10.5772/61424>>.
- Reyes-González, A., A. Camou-Guerrero, E. del-Val, M. I. Ramírez et L. Porter-Bolland (2020), « Biocultural diversity loss: the decline of native Stingless Bees (Apidae: Meliponini) and local ecological knowledge in Michoacán, Western México », *Human Ecology*, vol. 48, n° 4, p. 411-422. <<https://doi.org/10.1007/s10745-020-00167-z>>.
- Roady, R., T. L. Hayes, R. Kemker, A. Gonzales et C. Kanan (2020), « Are open set classification methods effective on large-scale datasets? », *PLoS ONE*, vol. 15, n° 9, e023802. <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238302>>.
- Rykken, J., A. Rodman, S. Droege et R. Grundel (2014), « Pollinators in peril? A multipark approach to evaluating bee communities in habitats vulnerable to effects from climate change », *National Park Service : US Department of the Interior*, vol. 31, n° 1. Accessible en ligne : <<https://www.nps.gov/articles/000/pollinators-in-peril-a-multipark-approach-to-evaluating-bee-communities-in-habitats-vulnerable-to-effects-from-climate-change.htm>>.
- Salim, J. A., A. M. Saraiva, P. F. Zermoglio, K. Agostini, M. Wolowski, D. P. Drucker, F. M. Soares, P. J. Bergamo, I. G. Varassin, L. Freitas, M. M. Maués, A. R. Rech, A. K. Veiga, A. L. Acosta, A. C. Araujo, A. Nogueira, B. Blochtein, B. M. Freitas, B. C. Albertini, C. Maia-Silva, C. E. P. Nunes, C. S. S. Pires, C. F. dos Santos, E. P. Queiroz, E. A. Cartolano, F. F. de Oliveira, F. W. Amorim, F. E. Fontúrbel, G. V. da Silva, H. Consolaro, I. Alves-dos-Santos, I. C. Machado, J. S. Silva, K. P. Aleixo, L. G. Carvalheiro, M. A. Rocca, M. Pinheiro, M. Hrcir, N. S. Streher, P. A. Ferreira, P. M. C. de Albuquerque, P. K. Maruyama, R. C. Borges, T. C. Giannini et V. L. G. Brito (2022), « Data standardization of plant-pollinator interactions », *GigaScience*, vol. 11, p. 1--15. <<https://doi.org/10.1093/gigascience/giac043>>.
- Schenk, M., J. Krauss et A. Holzschuh (2017), « Desynchronizations in bee-plant interactions cause severe fitness losses in solitary bees », *Journal of Animal Ecology*, vol. 87, n° 1, p. 139-149. <<https://doi.org/10.1111/1365-2656.12694>>.
- Schindler, M., O. Diestelhorst, S. Haertel, C. Saure, A. Scharnowski et H. R. Schwenninger (2013), « Monitoring agricultural ecosystems by using wild bees as environmental indicators », *BioRisk*, vol. 8, p. 53-71. <<https://doi.org/10.3897/biorisk.8.3600>>.
- Simms, S. R., et L. Porter-Bolland (2022), « Local ecological knowledge of beekeeping with stingless bees (Apidae: Meliponini) in Central Veracruz, Mexico », *Journal of Apicultural Research*, vol. 61, n° 5, p. 717-729. <<https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1965400>>.
- Soroye, P., T. Newbold et J. Kerr (2020), « Climate change contributes to widespread declines among bumble bees across continents », *Science*, vol. 367, n° 6478, p. 685-688. <<https://doi.org/10.1126/science.aax8591>>.
- Spiesman, B. J., C. Gratton, R. G. Hatfield, W. H. Hsu, S. Jepsen, B. McCornack, K. Patel et G. Wang (2021), « Assessing the potential for deep learning and computer vision to identify bumblebee species from images », *Scientific Reports*, vol. 11, n° 1. <<https://doi.org/10.1038/s41598-021-87210-1>>.
- Staley, J. T., J. W. Redhead, R. S. O'Connor, S. G. Jarvis, G. M. Siriwardena, I. G. Henderson, M. S. Botham, C. Carvell, S. M. Smart, S. Phillips, N. Jones, M. E. McCracken, J. Christelow, K. Howell et R. F. Pywell (2021), « Designing a survey to monitor multi-scale impacts of agri-environment schemes on mobile taxa », *Journal of Environmental Management*, vol. 290, 112589. <doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112589>.

- Suzuki-Ohno, Y., J. Yokoyama, T. Nakashizuka, et M. Kawata (2017), « Utilization of photographs taken by Citizens for estimating Bumblebee distributions », *Scientific Reports*, vol. 7, n° 1. <<https://doi.org/10.1038/s41598-017-10581-x>>.
- The Xerces Society, s.d., *Bumble Bee Conservation*, publié sur le site de « The Xerces Society for Invertebrate Conservation ». <<https://www.xerces.org/bumblebees?fbclid=IwAR12Z60p64u0k4sU2sSxcuBdL2NUeotplHnc8IOLDo70oACo6YwdHby6F4k>> (consulté le 2 novembre 2022).
- Tronstad, L., C. Bell et M. Crawford (2022), « Choosing collection methods and sample sizes for monitoring bees », *Agricultural and Forest Entomology*, vol. 24, n° 4, p. 531-539. <<https://doi.org/10.1111/afe.12518>>.
- UICN, « *Bombus* », *Liste rouge des espèces menacées de l'UICN*, Union internationale pour la conservation de la nature. <<https://www.iucnredlist.org/search?permalink=99787536-0ec4-45d3-99c4-76ae15deaec1>> (consulté le 16 octobre 2022).
- Ullmann, K., T. Shih, M. Vaughan et C. Kremen (2008), *Pennsylvania native bee survey, citizen scientist pollinator monitoring guide.*, révision pour la Pennsylvanie : L. Donovall et D. van Engelsdorp, (éd.), The Xerces Society for Invertebrate Conservation. Accessible en ligne : <https://xerces.org/sites/default/files/2018-05/11-014_01_XercesSoc_Citizen-Science-Monitoring-Guide_Pennsylvania_web.pdf>.
- US EPA (2019), *Handbook for citizen science quality assurance and documentation, version 1*, United States Environmental Protection Agency, EPA 206-B-18-001. Accessible en ligne : <<https://go.usa.gov/xEw43>>.
- van Klink, R., T. August, Y. Bas, P. Bodesheim, A. Bonn, F. Fossøy, T. T. Høye, E. Jongejans, M. H. Menz, A. Miraldo, T. Roslin, H. E. Roy, I. Ruczyński, D. Schigel, L. Schäffler, J. K. Sheard, C. Svenningsen, G. F. Tschan, J. Wäldchen, V. M. A. Zizka, J. Aström et D. E. Bowler (2022), « Emerging technologies revolutionize insect ecology and monitoring », *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 37, n° 10, p. 872-885. <<https://doi.org/10.1016/j.tree.2022.06.001>>.
- Vaughan, M., J. Hopwood, E. Lee-Mäder, M. Shepard, C. Kremen, A. Stine et S. H. Black (2015), *Farming for bees: guidelines for providing native bee habitat on farms*, The Xerces Society for Invertebrate Conservation. Accessible en ligne : <www.xerces.org>.
- Viana, B. F., C. Q. Souza et E. F. Moreira (2020), « Why the views of Latin American scientists on citizen science as a tool for pollinator monitoring and conservation matter? », *Neotropical Entomology*, vol. 49, n° 4, p. 604-613. <<https://doi.org/10.1007/s13744-020-00793-8>>.
- Ward, K., D. Cariveau, E. May, M. Roswell, M. Vaughan, N. Williams, R. Winfree, R. Isaacs et K. Gill (2014), *Streamlined bee monitoring protocol for assessing pollinator habitat*, Portland, OR : The Xerces Society for Invertebrate Conservation. Accessible en ligne : <<https://xerces.org/publications/id-monitoring/streamlined-bee-monitoring-protocol>>.
- Whipple, S., A. Rohlf, C. D. Vasquez, D. Dominguez, G. Bowser et P. Halliwell (2022), « Combining virtual and in-place field crews to model pollinator species shift in the Greater Yellowstone Ecosystem. », *Ecological Informatics*, vol. 68, 101566. <<https://doi.org.une.idm.oclc.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101566>>.
- Wieczorek, J., D. Bloom, R. Guralnick, S. Blum, M. Döring, R. Giovanni, T. Robertson et D. Vieglais (2012), « Darwin Core: an evolving community-developed biodiversity data standard », *PLoS ONE*, vol. 7, n° 1. <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029715>>.

Wilson Rankin, E. E., S. K. Barney et G. E. Lozano (2020), « Reduced water negatively impacts social bee survival and productivity via shifts in floral nutrition », *Journal of Insect Science*, vol. 20, n° 5. <<https://doi.org/10.1093/jisesa/ieaa114>>.

Woodard, H. S., S. Federman, R. R. James, B. N. Danforth, T. L. Griswold, D. Inouye, Q. S. McFrederick, L. Morandin, D. L. Paul, E. Sellers, J. P. Strange, M. Vaughan, N. M. Williams, M. G. Branstetter, C. T. Burns, J. Cane, A. B. Cariveau, D. P. Cariveau, A. Childers, C. Childers, D. L. Cox-Foster, E. C. Evans, K. K. Graham, K. Hackett, K. T. Huntzinger, R. E. Irwin, S. Jha, S. Lawson, C. Liang, M. M. López-Urbe, A. Melathopoulos, H. M. C. Moylett, C. R. V. Otto, L. C. Ponisio, L. L. Richardson, R. Rose, R. Singh et W. Wehling (2020), « Towards a US national program for monitoring native bees », *Biological Conservation*, vol. 252, 108821. <<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108821>>.