



CEC
CCA
CCE

État des connaissances sur la conservation des pollinisateurs en Amérique du Nord

Priorités communes à l'échelle du continent



Citer comme suit :

CCE. 2024. *État des connaissances sur la conservation des pollinisateurs en Amérique du Nord : Priorités communes à l'échelle continentale*. Montréal, Canada, Commission de coopération environnementale, 60 pages.

La présente publication a été préparée par plusieurs consultants indépendants pour le Secrétariat de la Commission de coopération environnementale (CCE). La responsabilité de l'information que contient ce document incombe aux auteurs, et cette information ne reflète pas nécessairement les vues des gouvernements du Canada, du Mexique ou des États-Unis. Le présent document vise à promouvoir la collaboration en matière de conservation des pollinisateurs en Amérique du Nord et n'est pas destiné à un examen par des pairs. Même s'il a fait l'objet d'une révision et de modifications détaillées, certaines citations peuvent avoir été omises involontairement.

Ce document 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 inspirés du présent document.

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



© Commission de coopération environnementale, 2024

ISBN : 978-2-89700-324-1

Available in English – ISBN : 978-2-89700-323-4

Disponible en español – ISBN : 978-2-89700-325-8

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2024

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives Canada, 2024

Photo de couverture : Halicte vert (*Agapostemon virescens*), Wirestock

Renseignements sur la publication

Type de publication : document de projet

Date de parution : mai 2024

Langue d'origine : anglais

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

Examen final par les Parties : octobre 2023

AQ3478

Projet : Plan opérationnel pour 2019 et 2020/Intensification de la conservation des pollinisateurs à l'échelle continentale afin de procurer des avantages sur le plan local

Renseignements supplémentaires :

Commission de coopération environnementale

1001, boulevard Robert-Bourassa, bureau 1620

Montréal (Québec) H3B 4L4

Canada

tél. 514 350-4300 téléc. 514 350-4314

info@cec.org/www.cec.org

Table des matières

Liste des abréviations et sigles	iv
Résumé.....	v
Sommaire.....	v
Remerciements	ix
1 Aperçu.....	1
1.1 Messages clés.....	2
2 Les pollinisateurs en Amérique du Nord : état et tendances	2
2.1 Diversité des pollinisateurs	3
2.2 Diversité des pollinisateurs par écorégion et par habitat.....	6
2.3 Espèces gérées ou introduites	8
2.4 Tendances relatives aux populations de pollinisateurs	10
2.5 Résumé et déficit de connaissances	14
2.6 Messages clés.....	15
3 Facteurs de changement	16
3.1 Perte et fragmentation des habitats/affectation des terres	17
3.2 Espèces introduites	19
3.3 Pollution, pesticides et maladies	20
3.4 Changements climatiques et incendies	21
3.5 Autres facteurs.....	22
3.6 Résumé et déficit de connaissances	24
3.7 Messages clés.....	24
4 Pollinisateurs : services écosystémiques et dimensions humaines	25
4.1 Services écosystémiques.....	25
4.2 Sciences sociales et dimensions humaines de la conservation — perspectives nord-américaines	29
4.3 Résumé et déficit de connaissances	32
4.4 Messages clés.....	33
5 Conclusion et recommandations	34
5.1 Priorités pour la collaboration nord-américaine	35
5.2 Recommandations sur l'application des dimensions humaines à la conservation des pollinisateurs.....	37

5.3 Messages clés.....	38
5.4 Conclusion.....	39
Annexe 1 : Méthodes d'évaluation quantitative	40
Annexe 2 : Relevés du GBIF précisant les ordres d'insectes pollinisateurs présumés en Amérique du Nord	43
Bibliographie.....	45

Liste des tableaux

Tableau 1. Pollinisateurs vertébrés désignés comme des espèces préoccupantes sur la Liste rouge de l'UICN.....	11
Tableau 2. Relevés du GBIF précisant les ordres d'insectes pollinisateurs présumés d'Amérique du Nord	43

Liste des figures

Figure 1. Causes des préoccupations relatives aux espèces de pollinisateurs invertébrés.....	17
---	-----------

Liste des abréviations et sigles

CCE	Commission de coopération environnementale
GBIF	<i>Global Biodiversity Information Facility</i> (Système mondial d'information sur la biodiversité)
IPBES	<i>Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services</i> (Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques)
UICN	Union internationale pour la conservation de la nature

Résumé

Conscient de l'importance des pollinisateurs pour la région de l'Amérique du Nord et de leur déclin, observé à l'échelle planétaire, le Conseil de la Commission de coopération environnementale (CCE) – composé des hauts responsables fédéraux de l'environnement du Canada, du Mexique et des États-Unis – a approuvé une série d'activités de conservation des pollinisateurs dans le cadre du projet pour 2019 et 2020 intitulé « Intensification de la conservation des pollinisateurs à l'échelle continentale afin de procurer des avantages sur le plan local ». En vertu de ce projet, le Secrétariat de la CCE a demandé que l'on dresse l'état des connaissances relatives à la conservation des pollinisateurs en Amérique du Nord afin de faciliter et de promouvoir la collaboration à ce chapitre dans la région. La CCE a aussi organisé deux ateliers participatifs avec des représentants gouvernementaux et des intervenants des trois pays pour déterminer les déficits de connaissances et les domaines de collaboration prioritaires, mais aussi pour attirer l'attention sur les avantages socioécologiques des pollinisateurs et sur la dimension humaine qui s'y rattache.

Le rapport présente les observations relatives à l'état des connaissances et les résultats des ateliers et échanges informels. Après un bref survol (chapitre 1), il résume ce que l'on sait actuellement à propos de la diversité des espèces, de l'évolution des populations et des facteurs de changement (chapitres 2 et 3), y compris les principaux résultats d'une évaluation quantitative des relevés d'observation issus du *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF, Système mondial d'information sur la biodiversité – voir l'encadré 1 et les annexes). Ce rapport décrit les services écosystémiques que soutiennent les pollinisateurs et examine en quoi les sciences sociales et les facteurs humains peuvent favoriser la conservation des pollinisateurs en Amérique du Nord (chapitre 4). Chaque chapitre cerne les possibles déficits de connaissances et propose des messages clés en langage simple. Enfin, le rapport détermine les mesures prioritaires en matière de conservation qui tireraient parti d'une collaboration régionale accrue et formule des recommandations sur l'intégration des dimensions humaines dans les travaux de conservation des pollinisateurs (chapitre 5).

Sommaire

Les pollinisateurs sont essentiels au fonctionnement des écosystèmes naturels, au bien-être des humains et à la sécurité alimentaire. Divers types d'animaux peuvent assurer la pollinisation, allant d'insectes comme les abeilles, les papillons, les scarabées, les fourmis et les mouches indigènes, à d'autres pollinisateurs comme les oiseaux et les chauves-souris. Ils sont tous indispensables à la pollinisation des cultures.

De nombreux facteurs contribuent au déclin mondial des populations de pollinisateurs, notamment la perte et la dégradation des habitats, l'agriculture intensive, les agents pathogènes, les espèces envahissantes, les changements climatiques et l'utilisation excessive de produits agrochimiques, dont les pesticides (IPBES, 2016; Wagner et coll., 2021). Pour remédier à ce déclin, d'urgentes mesures de conservation et la mobilisation d'intervenants de divers secteurs s'imposent.

Depuis plus de dix ans, la Commission de coopération environnementale (CCE) appuie la coopération trilatérale visant la conservation du papillon monarque dans toute l'Amérique du Nord. En s'appuyant sur ces travaux précédents, le Conseil de la CCE a approuvé des mesures stratégiques de conservation des pollinisateurs dans le cadre du projet pour 2019 et 2020 intitulé « Intensification de la conservation des pollinisateurs à l'échelle continentale afin de procurer des avantages sur le plan local ». Notamment, le Secrétariat de la CCE a demandé qu'on dresse l'état des

connaissances relatives à la conservation des pollinisateurs en Amérique du Nord, et l'organisation de deux ateliers participatifs réunissant des spécialistes du Canada, du Mexique et des États-Unis. Le présent document est le fruit de ces travaux.

Le chapitre 2 du rapport donne un aperçu de la situation des pollinisateurs en Amérique du Nord : diversité des espèces, répartition des habitats, espèces gérées et introduites par rapport aux espèces indigènes, et tendances globales en matière de populations.

Les auteurs constatent l'existence de nombreuses espèces de pollinisateurs à l'échelle du continent. On ne connaît pas encore l'ampleur de la diversité des pollinisateurs et l'évolution de leurs populations, même si certains ordres, certaines familles et certains genres sont mieux documentés que d'autres. La plupart des pollinisateurs d'Amérique du Nord sont des insectes : abeilles, guêpes, papillons de même que mouches et scarabées. Certains oiseaux (dont les colibris) et les chauves-souris remplissent également cette fonction, mais les chauves-souris pollinisatrices n'existent qu'au Mexique et aux États-Unis.

Dans l'ensemble, les renseignements de base sur les populations indigènes de pollinisateurs nord-américains sont très rares (National Research Council, 2007), et la diversité des pollinisateurs sauvages demeure méconnue. Dans le cadre des recherches menées pour produire le présent rapport, les auteurs ont créé une base de données sur les genres de pollinisateurs potentiels, à partir d'un examen de la littérature publiée, puis en récupérant les relevés d'observation de ces genres auprès du GBIF (voir les détails à l'encadré 1 et dans les annexes). Cette base de données a recensé plus de 24 000 espèces d'insectes pollinisateurs appartenant à 2 829 genres au Canada, au Mexique et aux États-Unis. Parmi ces genres, 2 592 espèces avaient été recensées aux États-Unis, 1 645, au Canada, et 1 082, au Mexique. Lors de leur évaluation, les auteurs ont également constaté que la situation de 1 159 de ces espèces était préoccupante, comme l'indiquent des sources internationales (pour 59 espèces), nationales (pour 35 espèces) ou étatiques/provinciales (pour 1 065 espèces). Parmi les vertébrés suscitant des préoccupations, on compte quatre espèces de chauves-souris et sept espèces de colibris, appartenant toutes à l'une ou l'autre des catégories « quasi menacée », « vulnérable », « en danger » ou « en danger critique » établies par l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN).

La littérature publiée souligne la variabilité des populations de pollinisateurs en Amérique du Nord. Par exemple, on sait qu'il y a 4 000 espèces d'abeilles indigènes rien qu'aux États-Unis (Kopec et Burd, 2017; Moisset et Buchmann, 2011), et qu'il y en a plus de 900 au Canada (Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2014). La diversité des espèces d'abeilles indigènes au Mexique est inconnue, à cause de lacunes d'échantillonnage et du déficit de connaissances; on estime néanmoins qu'il y en aurait plus de 1 800 (Freitas et coll., 2009).

Quelques espèces de pollinisateurs font l'objet d'une gestion active : elles sont semi-domestiquées, produites en grande quantité et commercialisées (National Research Council, 2007). La plupart sont des espèces introduites ou exotiques, mais quelques-unes sont indigènes. Le recours à des pollinisateurs gérés témoigne de l'importance des services écosystémiques qu'ils fournissent et de l'investissement de ressources considérables par les collectivités agricoles dans les services de pollinisation.

Pour ce qui est de l'habitat des pollinisateurs, l'évaluation des auteurs a révélé qu'on trouve des pollinisateurs dans l'ensemble des 15 écorégions nord-américaines. Certaines écorégions comptent davantage d'espèces, par exemple dans les forêts tempérées de l'est du Canada et des États-Unis, et dans les sierras tempérées et les forêts tropicales sèches du Mexique. Portant, les pollinisateurs demeurent peu étudiés dans bon nombre d'écosystèmes et de types d'habitats, un manque général

de données ainsi que des biais géographiques et taxonomiques limitant la capacité de surveiller l'état et les tendances des populations. Les régions urbaines et agricoles font l'objet de nombreuses études, mais le déficit de connaissances persiste dans les habitats où vivent moins d'humains, et pour les taxons dits cryptiques et difficiles à détecter ou à identifier.

Si les données sur les tendances relatives aux populations de pollinisateurs en Amérique du Nord sont assez limitées, on a observé de fortes régressions pour quelques espèces bien connues, y compris des espèces sauvages indigènes et des espèces gérées. Certaines espèces de papillons, de papillons nocturnes et d'abeilles ont connu un déclin de leur population, tandis que d'autres ont augmenté. Certaines espèces de colibris sont également à surveiller.

Le chapitre 3 analyse les principaux facteurs du déclin des populations de pollinisateurs en Amérique du Nord : perte d'habitats, fragmentation et affectation des terres, concurrence des espèces introduites, pollution, pesticides et maladies, changements climatiques, incendies, entre autres. Ils ont une incidence sur les pollinisateurs, tous taxons et habitats confondus, et agissent parfois en synergie (Brook et coll., 2008), ce qui peut avoir des effets non linéaires ou des effets d'entraînement.

La perte d'habitat attribuable au changement d'affectation des terres constitue le principal facteur de changement touchant les pollinisateurs d'Amérique du Nord. Aux États-Unis, les abeilles non mellifères, les papillons, les chauves-souris et d'autres pollinisateurs gérés ou sauvages subissent l'impact de la perte ou de la dégradation d'habitat. Pour certaines espèces, on a la preuve irréfutable que le déclin des populations suit la perte d'habitat. Pour les invertébrés d'Amérique du Nord figurant sur la Liste rouge de l'UICN, la perte d'habitat généralisée constitue la menace la plus courante, suivie de la déforestation et des changements climatiques. S'il manque encore plusieurs pièces au casse-tête, les défis que doivent relever les trois pays en matière de conservation sont connus : la perte et la dégradation d'habitats causées par l'expansion de l'agriculture, de l'urbanisation, des transports et des corridors énergétiques; les prédateurs, maladies, parasites et pollinisateurs concurrents introduits; la pollution et la contamination par les pesticides; et les changements climatiques.

Le chapitre 4 examine l'importance des pollinisateurs pour les services écosystémiques et leurs avantages pour les collectivités. Elle résume également les résultats d'un atelier virtuel organisé en décembre 2020 qui visait à étudier les dimensions humaines de la conservation des pollinisateurs.

Les pollinisateurs sont bénéfiques pour les collectivités locales d'Amérique du Nord, car ils contribuent à l'ensemble des services écosystémiques en aidant les communautés végétales qui sous-tendent la fonction écosystémique. Plus précisément, les pollinisateurs appuient l'agriculture, les activités récréatives, l'écotourisme, ainsi que les plantes et communautés végétales importantes sur le plan culturel. Ils en font des facteurs essentiels pour l'économie et même pour l'identité culturelle des collectivités. La fluctuation des communautés de pollinisateurs et l'évolution des assemblages d'espèces empêchent de bien comprendre les effets sur les services écosystémiques.

Les pollinisateurs sont essentiels au fonctionnement des écosystèmes, de même qu'aux services qu'offrent ces écosystèmes aux collectivités locales. L'établissement de cadres et de méthodes de conservation adaptés à la complexité des systèmes socioécologiques exige donc une vision globale qui reconnaît les divers aspects des écosystèmes et l'utilisation par les humains de ces systèmes et leur interaction avec ces derniers. Les principales façons d'intégrer la dimension humaine dans les travaux de conservation comprennent la participation de spécialistes des sciences sociales, l'établissement de relations avec la population locale, une meilleure connaissance des différentes cultures, la recherche d'autres influences et facteurs moins évidents, l'apprentissage continu et

l'adaptation au changement. À l'avenir, les travaux sur les dimensions humaines d'une campagne ou d'une activité de conservation devraient porter sur le message, le type d'événement et les stratégies à mettre en œuvre à l'échelle du continent pour promouvoir de façon cohérente et efficace la conservation des pollinisateurs.

À partir des observations contenues dans le présent rapport et des résultats des ateliers participatifs organisés par la CCE, le chapitre 5 présente les domaines prioritaires dans lesquels les trois pays devraient intensifier leur collaboration :

- Prioriser la surveillance des pollinisateurs
- Prioriser la conservation de leur habitat
- Étudier les pratiques agricoles et les effets des pesticides
- Suivre et surveiller l'utilisation des pesticides
- Étudier l'impact des pollinisateurs gérés
- Surveiller le commerce et la vente des pollinisateurs gérés
- Intensifier la sensibilisation et multiplier les pratiques de rechange
- Définir et créer des mesures incitatives et des ressources

En vue de promouvoir les mesures de conservation des pollinisateurs et leur efficacité, le rapport souligne la nécessité d'élargir les connaissances des avantages socioécologiques des pollinisateurs et d'intensifier la sensibilisation à ce propos par l'intégration des sciences sociales dans la planification stratégique de la conservation, en tenant compte de l'« intérêt général », en par une cartographie détaillée des intervenants, et par l'évaluation des stratégies de conservation des pollinisateurs.

Les pollinisateurs représentent une occasion en or pour les activités de conservation régionales, où des mesures constructives peuvent être prises à n'importe quelle échelle, dans presque toutes les régions ou toutes les collectivités. Dans le contexte nord-américain, comme on le verra dans le présent document, nous en avons encore beaucoup à apprendre sur les pollinisateurs, l'évolution de leurs populations et les facteurs de changement. Cependant, il ne fait aucun doute que les fondements écologiques, économiques et sociaux de la vie et de la société en Amérique du Nord dépendent très largement de la pollinisation et d'autres services écosystémiques, qui outrepassent les frontières politiques.

Remerciements

Nous tenons à remercier celles et ceux qui ont apporté une précieuse contribution à ce travail en y consacrant leur temps, leurs idées et leur savoir. Nous remercions également les participants aux ateliers dont la liste figure ci-après, les membres du comité directeur du projet de la CCE et les consultants du projet.

Atelier sur la conservation des pollinisateurs en Amérique du Nord, organisé à Oaxaca, au Mexique (février 2020)

Pour le Canada : Carolyn Joann Callaghan (Fédération canadienne de la faune), Sheila Colla (Université York), Melanie Jacqueline Dubois (Agriculture et Agroalimentaire Canada), Bryan Gilvesy (ALUS Canada), Jessica Linton (Natural Resource Solutions Inc.), Greg Mitchell, Ilona Naujokaitis-Lewis et Kenneth Tuinigna (Environnement et Changement climatique Canada – ECCC), Lora Morandin (Pollinator Partnership Canada), Nigel Raine (Université de Guelph) et Michel Saint-Germain (Insectarium de Montréal).

Pour le Mexique : Amando Alvarado Alvarez (Mezcal Ixcateco), Francisco Botello (*Universidad Nacional Autónoma de México* – UNAM Université nationale autonome du Mexique), Wilfrido Cuevas Castro (Corporativo Ñuu Qahwa), Luisa Alejandra Domínguez (*Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático* – INECC, Institut national de l'écologie et des changements climatiques), Nilda Cecilia Elizondo (programme spécial pour un système agroalimentaire sain et durable), Alejandro Guevara (*Universidad Iberoamericana*, Université ibéro-américaine), Israel Lorenzo et Sol Ortiz Garcia (*Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*, Secrétariat à l'agriculture et au développement rural), Ignacio José March Mifsut (*Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegida* – Conanp, Commission nationale des aires naturelles protégées), María Del Rocío Meneses Ramírez (Paraíso Colibrí), Mauricio Quesada (UNAM – Morelia, campus de Michoacán), Maria Esther Quintero Rivero (*Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad* – Conabio, Commission nationale sur la connaissance et l'utilisation de la biodiversité), Oscar Manuel Ramírez Flores (GIZ, Mexico), Omar Eduardo Rocha Gutierrez (*Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales* – Semarnat, ministère de l'Environnement et des Ressources naturelles) et Carmen Vasconcelos (MELAPIM, S.P. de R.L.).

Pour les États-Unis : Laurie Davies (Pollinator Partnership), Ryan Drum et Michael Gale (*US Fish et Wildlife Service* – USFWS, Service des pêches et de la faune), Christina Grozinger (Pennsylvania State University), Jonathan Mawdsley (*Association of Fish et Wildlife Agencies*, Association des organismes responsables des pêches et de la faune), Christine Erika Taliga (*US Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service*, Service de la conservation des ressources naturelles du ministère de l'Agriculture), Jennifer Thieme (Monarch Joint Venture), Mace Vaughan (*Xerces Society for Invertebrate Conservation*, Société Xerces pour la conservation des invertébrés) et Jake Weltzin (US Geological Survey).

Prise en compte des dimensions humaines pour la collaboration en vue de la conservation des pollinisateurs en Amérique du Nord – atelier virtuel (décembre 2020)

Pour le Canada : Greg Mitchell et Ilona Naujokaitis-Lewis (Environnement et Changement climatique Canada – ECCC), Vivian Nguyen (Université Carleton) et Maureen G. Reed et James Robson (Université de la Saskatchewan, et coresponsables de la diversité bioculturelle, de la durabilité, de la réconciliation et du renouvellement pour l'UNESCO).

État des connaissances sur la conservation des pollinisateurs en Amérique du Nord : Priorités communes à l'échelle continentale

Pour le Mexique : Maria Esther Quintero Rivero (Conabio), Ana Ortiz-Monasterio (spécialiste du droit de l'environnement et du développement durable) et María Zorrilla (*Universidad Iberoamericana*, Université ibéro-américaine).

Pour les États-Unis : Ryan Drum, Katie Steiger-Meister et Natalie Sexton (USFWS).

Comité directeur du projet et consultants

Tout au long du projet, les membres du Comité directeur du projet de la CCE ont apporté une précieuse contribution : Greg Mitchell et Ilona Naujokaitis-Lewis (ECCC), Ryan Drum (USFWS), Maria Esther Quintero Rivero, Humberto Berlanga, Tania Urquiza, Patricia Koleff, Ana Isabel González et Sylvia Patricia Ruíz (Conabio), Talía Cruz, Eduardo Robelo González, José Eduardo Ponce, José Manuel Juan Diego Monzón, Maria Elena Rodarte, Rodrigo Chavez, Alfonso Prieto et Pablo Domínguez (Conanp), Jorge Alberto Duque, Omar Eduardo Rocha, Carlos Álvarez, Adelita Sanvicente Tello et Cecilia Elizondo (Semarnat) et Luisa Alejandra Domínguez et Isabel María Hernández (INECC).

Consultants : Clare E. Aslan (responsable), Taryn Baber, Sara Gabrielson, Hanna Ryder, Martha Sample, Sara Souther et Sasha Stortz (*Landscape Conservation Initiative* (initiative de conservation des paysages) de la Northern Arizona University) et Wynet Smith (consultant indépendant) ont produit les analyses et/ou préparé les textes qui forment l'essentiel du présent document. Les consultants de la Landscape Conservation Initiative ont également animé les ateliers susmentionnés.

1 Aperçu

Les pollinisateurs sont des animaux qui aident les plantes à produire des fruits et des semences (Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2014). À l'échelle mondiale, on estime que 87 % des 350 000 espèces végétales dépendent des animaux pour le déplacement du pollen d'une plante à l'autre (Ollerton, 2017); cela inclut 75 % d'espèces cultivées. Ainsi, les pollinisateurs sont essentiels au fonctionnement des écosystèmes naturels, au bien-être des populations humaines et à la sécurité alimentaire. De nombreux types d'animaux, des insectes aux mammifères, peuvent assurer la pollinisation. La plupart des insectes pollinisateurs appartiennent aux ordres *Lepidoptera*, *Coleoptera*, *Hymenoptera*, *Diptera* et *Hemiptera*. Il peut s'agir d'abeilles mellifères et de bourdons gérés, mais aussi d'un grand nombre d'abeilles indigènes solitaires, de papillons, de mouches, de fourmis, de guêpes et de scarabées (Aslan et coll., 2013, National Research Council, 2007). Parmi les pollinisateurs vertébrés, on compte les oiseaux (comme les colibris), les chauves-souris et d'autres mammifères de petite taille ou de taille moyenne, et les lézards (Olesen et Valido, 2003; Ollerton, 2017).

Le nombre de pollinisateurs a diminué dans le monde entier en raison d'une combinaison de facteurs : perte et dégradation de l'habitat, gestion agricole intensive, agents pathogènes, espèces envahissantes, changements climatiques et utilisation excessive de produits agrochimiques, dont les pesticides (IPBES, 2016; Wagner et coll., 2021). Pour remédier à ce déclin, des mesures urgentes de conservation et la mobilisation d'intervenants des divers secteurs s'imposent.

Dans le contexte des liens environnementaux, économiques et sociaux qui unissent le Canada, le Mexique et les États-Unis, la CCE « favorise une coopération efficace et la participation du public afin de conserver, de protéger et d'améliorer l'environnement nord-américain dans une perspective de développement durable et au profit des générations actuelles et futures. » (CCE, 2023, p. 2). Les pollinisateurs constituent une priorité stratégique absolue en Amérique du Nord en raison de leur mégadiversité à l'échelle du continent, de leur importance pour la sécurité alimentaire et de leur répartition naturelle et gérée au-delà des frontières. Il faut intensifier la collaboration entre le Canada, le Mexique et les États-Unis pour cerner et relever les défis communs liés aux pollinisateurs, et faciliter l'adoption de méthodes de conservation efficaces.

Depuis plus de dix ans, la CCE appuie la coopération trilatérale axée sur la conservation du papillon monarque à l'échelle du continent. En s'appuyant sur ces travaux antérieurs, le Conseil de la CCE – composé des plus hauts responsables fédéraux de l'environnement au Canada, au Mexique et aux États-Unis – a approuvé une série d'activités de conservation des pollinisateurs dans le cadre du projet pour 2019 et 2020 intitulé « Intensification de la conservation des pollinisateurs à l'échelle continentale afin de procurer des avantages sur le plan local ». Un comité directeur composé de scientifiques d'expérience des trois pays a supervisé ce projet; il a organisé deux ateliers multipartites afin de guider la prise de décisions sur la conservation des pollinisateurs.

Dans le cadre de ce projet, le Secrétariat de la CCE a demandé que l'on dresse l'état des connaissances relatives à la conservation des pollinisateurs en Amérique du Nord, afin de faciliter et de promouvoir la collaboration à ce chapitre dans la région. En outre, la CCE a organisé deux ateliers participatifs avec des représentants gouvernementaux et des intervenants des trois pays, afin de déterminer les déficits de connaissances et les domaines de collaboration prioritaires, tout en soulignant les avantages socioécologiques des pollinisateurs et la dimension humaine connexe.

Le présent rapport est le fruit de ces travaux. Il donne un aperçu de la situation des pollinisateurs en Amérique du Nord (en présentant les résultats d'une évaluation quantitative des relevés d'observation produits par les trois pays), résume les tendances relatives aux populations, donne un aperçu des facteurs de changement pour ces populations et détermine le déficit de connaissances. Il présente également un résumé détaillé des services écosystémiques que fournissent les pollinisateurs en Amérique du Nord, et des réflexions sur la façon dont les sciences sociales peuvent promouvoir les mesures de conservation dans la région. Enfin, il décrit en détail des domaines de coopération prioritaires pour la conservation des pollinisateurs en Amérique du Nord, et formule des recommandations pour mieux intégrer les dimensions humaines dans les mesures de conservation des pollinisateurs.

1.1 Messages clés

- Les pollinisateurs offrent d'importants services écosystémiques et sont essentiels au bien-être des populations humaines et à la sécurité alimentaire. Les abeilles, les papillons, les scarabées, les fourmis et les mouches indigènes, mais aussi d'autres pollinisateurs comme les oiseaux et les chauves-souris, sont tous indispensables à la pollinisation des cultures, et peuvent parfaire les pollinisateurs gérés comme les abeilles ou même les remplacer. Or, dans le monde entier, le déclin des populations de pollinisateurs inquiète, et l'on reconnaît un manque de connaissance à leur sujet ainsi que l'impératif d'agir pour prévenir ce déclin, notamment en Amérique du Nord.
- La CCE participe à la conservation du papillon monarque depuis des années et elle a déjà étendu ses activités à d'autres pollinisateurs. Le Canada, le Mexique et les États-Unis ont participé à l'élaboration de la présente publication.

2 Les pollinisateurs en Amérique du Nord : état et tendances

On a déjà fait certaines évaluations des pollinisateurs en Amérique du Nord, notamment le document intitulé *Status of Pollinators in North America*, produit par le National Research Council (2007) des National Academies of the United States. Ces travaux résumaient le rôle et l'importance des pollinisateurs, leur état de conservation, les causes de leur déclin, les conséquences de ce déclin pour les services de pollinisation, les activités de surveillance en cours et requises, ainsi que les stratégies permettant de préserver les pollinisateurs et les services de pollinisation à l'échelle continentale. Les préoccupations relatives au déclin des populations de pollinisateurs qu'on observe ont conduit à la création d'un groupe de travail sur la santé des pollinisateurs aux États-Unis (*Pollinator Health Task Force*) en 2014. En 2015, ce groupe a publié le *National Pollinator Research Action Plan* (Plan d'action national pour la recherche sur les pollinisateurs, 2015a) et une *National Strategy to Promote the Health of Honey Bees and Other Pollinators* (Stratégie nationale de promotion de la santé des abeilles mellifères et d'autres pollinisateurs, Pollinator Health Task Force, 2015b). La même année, les ministères américains de l'Agriculture et de l'Intérieur (2015) ont publié un ensemble de lignes directrices intitulées *Pollinator-Friendly Best Management Practices for Federal Lands* (Pratiques exemplaires de gestion respectueuse des pollinisateurs sur les terres fédérales). En 2021, le Mexique a publié une stratégie nationale sur les pollinisateurs (*Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sustentable de los Polinizadores*) qui inclut une synthèse des connaissances et des mesures relatives aux pollinisateurs au Mexique, la détermination des déficits de connaissances, un résumé des politiques visant les pollinisateurs, et des évaluations de l'incidence des abeilles

envahissantes au Mexique. Au Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada a publié en 2014 un rapport intitulé *Les insectes pollinisateurs indigènes et l'agriculture au Canada*, qui décrit en détail la vie de certaines des espèces d'insectes pollinisateurs les plus connues, leur rôle dans le cadre de l'agriculture et certaines pratiques exemplaires de gestion. Santé Canada a également produit plusieurs documents infographiques sur la conservation des pollinisateurs en lien avec les pesticides et les abeilles, et sur les pratiques exemplaires de gestion. L'agence collabore avec l'Organisation de coopération et de développement économiques pour surveiller et gérer les risques que présentent les pesticides pour les pollinisateurs. Sous l'égide de chercheurs universitaires du Canada, divers intervenants élaborent à l'heure actuelle une stratégie nationale sur les pollinisateurs.

Le présent chapitre donne un aperçu de la situation des pollinisateurs en Amérique du Nord à partir d'un examen des documents existants et de certaines conclusions d'une évaluation de relevés d'observation existants (l'encadré 1 donne un aperçu des méthodes, et l'Annexe 1 contient une analyse plus détaillée).

2.1 Diversité des pollinisateurs

En Amérique du Nord, les pollinisateurs comprennent une grande variété d'espèces indigènes ou non, sauvages ou gérées. Certaines ont une aire de répartition limitée, tandis que d'autres migrent au-delà des frontières nationales du continent (par exemple, le papillon monarque ou certaines espèces de chauves-souris). Dans l'ensemble, on trouve sur le continent un nombre très élevé de plusieurs groupes de pollinisateurs de premier plan (comme les abeilles solitaires, les colibris et les fourmis). Malheureusement, les renseignements de base sur les populations indigènes de pollinisateurs nord-américains sont très rares (National Research Council, 2007) et l'on ne connaît encore que partiellement la diversité des pollinisateurs sauvages. Le déficit de connaissances imputable au sous-échantillonnage observé dans les régions éloignées et aux groupes taxonomiques cryptiques persiste. Parce que l'on connaît mal la diversité des insectes et que beaucoup d'espèces n'ont pas encore été décrites (National Research Council, 2007), les évaluations de la diversité taxonomique des pollinisateurs se limitent aux espèces qui ont été étudiées, et aux extrapolations basées sur l'étendue des habitats et sur la diversité d'espèces qui ont été étudiées plus en détail.

Dans le cadre des travaux menés aux fins de la présente publication, des chercheurs de l'Université Northern Arizona ont constitué une base de données sur les genres de pollinisateurs potentiels en s'appuyant sur la littérature publiée, puis ont récupéré des relevés d'observation relatifs à ces genres à partir du Global Biodiversity Information Facility, une banque de données internationale sur l'occurrence des espèces (l'encadré 1 et l'annexe 1 donnent plus de détails).

Encadré 1. Aperçu de l'évaluation quantitative

Les chercheurs ont créé une base de données sur les genres de pollinisateurs présumés en s'appuyant sur la littérature publiée, puis ont récupéré les relevés d'observation de ces genres depuis le Global Biodiversity Information Facility (GBIF). À partir des aperçus existants de la pollinisation en Amérique du Nord, ils ont dressé une liste des genres et créé un code d'extraction de relevés en utilisant la version R 3.6.2 (<https://cran.r-projet.org/>) pour extraire du GBIF les données sur les genres de pollinisateurs. Ces données portaient sur la répartition spatiale, le nombre d'observations, la période d'observation et les espèces faisant partie d'un genre donné. Le géoréférencement des points de données a permis l'extraction d'information relative aux écorégions et au type d'habitats à partir des couches de données « Régions écologiques terrestres, Niveau I » d'Amérique du Nord (CCE, 1997) et du Système nord-américain de surveillance des changements dans la couverture terrestre à résolution de 30 m (Landsat) (CCE, 2015). Ces données de localisation ont permis d'examiner la répartition relative des occurrences de pollinisateurs afin de désigner les écorégions et habitats qui abritent une diversité particulièrement élevée de pollinisateurs.

On a utilisé une méthode similaire pour les pollinisateurs vertébrés, et une liste de 228 vertébrés se nourrissant de nectar connus en Amérique du Nord dressée par Aslan et collaborateur (2013) a été saisie dans le système d'interrogation du GBIF, dans la catégorie des espèces. Le code d'interrogation a permis d'extraire le nombre d'observations et leur fréquence, la répartition spatiale, la période d'observation, l'écorégion et le type d'habitats pour l'ensemble des vertébrés. On a également utilisé la version 3 de la Liste rouge de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) pour extraire les données sur l'état de conservation de tous les vertébrés figurant dans la base de données.

Même si la Liste rouge de l'UICN est beaucoup moins complète pour les invertébrés que pour les vertébrés, les chercheurs ont néanmoins téléchargé l'état de conservation de tous les invertébrés figurant dans la base de données. Cependant, comme peu d'invertébrés ont été évalués, les chercheurs ont également examiné les évaluations de conservation sur le plan national et étatique/provincial afin d'identifier d'autres espèces de pollinisateurs préoccupantes à ce chapitre. Ils ont ensuite utilisé le code d'interrogation du GBIF pour chaque espèce préoccupante afin d'obtenir le nombre d'observations et leur fréquence, la répartition spatiale, l'écorégion et le type d'habitat.

Ensemble, ces méthodes ont fait ressortir le nombre de relevés par taxon, y compris ceux dont l'état de conservation est préoccupant, et par zone géographique, ce qui a permis d'examiner la diversité connue, par groupe taxonomique et par état de conservation, à l'échelle du continent. Grâce aux codes d'interrogation, les chercheurs ont pu déterminer les types d'écorégions et d'habitats qui semblent propices aux espèces dont la diversité est particulièrement élevée, et lesquels comprennent des concentrations particulièrement élevées et diverses de pollinisateurs menacés. Notons que ces méthodes donnent un aperçu quantitatif de l'occurrence des pollinisateurs à partir d'un vaste ensemble de données composé de relevés fiables. Ces derniers sont constitués selon un rigoureux contrôle de la qualité et comprennent des taxons rares ou absents de la littérature révisée par des pairs. Combinée à un survol de la littérature sur les tendances relatives aux pollinisateurs, cette approche donne un aperçu de l'état des pollinisateurs en Amérique du Nord et sert de tremplin à une discussion sur l'incidence de l'actuel déclin des populations de pollinisateurs sur les services écosystémiques, la biodiversité, les valeurs socioculturelles et l'agriculture.

L'Annexe 1 contient des notes détaillées sur la méthodologie.

Source : University of Northern Arizona Landscape Conservation Initiative, 2021

La base de données comptait 2 839 genres d'insectes pollinisateurs pour l'Amérique du Nord : 1 353 genres de l'ordre *Diptera* (mouches à deux ailes ou vraies mouches), 1 207 de l'ordre *Lepidoptera* (papillons, papillons nocturnes et hespéries), 145 de l'ordre *Hymenoptera* (fourmis, abeilles, ichneumons, chalcidiens, mouches à scie et guêpes), 106 de l'ordre *Coleoptera* (scarabées et charançons), et 11 de l'ordre *Hemiptera* (punaises : cigales, pucerons, fulgures, cicadelles, entre autres) (voir le tableau à l'Annexe 2). Le genre comprenant le plus d'espèces dans la base de données est l'abeille *Andrena*, dont on trouve 506 espèces à l'échelle des trois pays. Sur les 2 839 genres d'insectes identifiés en tout, 2 592 ont été observés aux États-Unis, 1 645, au Canada, et 1 082, au Mexique.

Les relevés extraits du GBIF pour ces genres correspondent à 24 184 espèces représentant 1 807 491 observations distinctes pour l'ensemble des trois pays. Les données extraites du GBIF ont identifié 7 860 espèces de pollinisateurs dans l'ensemble du Canada, qui appartiennent principalement aux ordres *Diptera* (916 genres), *Lepidoptera* (618 genres), *Coleoptera* (55 genres) et *Hymenoptera* (47 genres). Parmi les 916 genres de diptères identifiés, les *Tachinidae* (vraies mouches) constituent la majorité (161 genres), suivie des *Chironomidae* (qu'on appelle communément chironomes, moucheron non piqueurs ou mouches de lac, 82 genres), des *Syrphidae* (syrphes, 55 genres) et des *Chloropidae* (qu'on appelle communément mouches, 41 genres). Parmi les *Lepidoptera*, ce sont les *Noctuidae* (qu'on appelle communément noctuelles, vers gris ou légionnaires uniponctuées) qui comptent le plus de genres (212).

Le GBIF contenait les relevés de 19 552 espèces de pollinisateurs aux États-Unis. Comme au Canada, l'ordre des *Diptera* comprend le plus grand nombre de genres (1 244). Les relevés comptent également 1 164 genres de l'ordre *Lepidoptera*, et 101 de l'ordre *Hymenoptera*. L'ordre des *Lepidoptera* compte 358 genres de *Noctuidae*, 230 genres de *Geometridae* (phalènes) et 200 genres de *Crambidae* (famille des pyrales). Au sein de l'ordre des *Diptera*, on compte 183 genres de *Tachinidae* et 125 genres de *Chironomidae*.

Le GBIF contenait les relevés de 5 314 espèces de pollinisateurs au Mexique. L'analyse de ces relevés révèle l'existence de 628 genres de l'ordre *Lepidoptera*, 275 genres de l'ordre *Diptera* et 129 genres de l'ordre *Hymenoptera*. Les *Noctuidae*, de l'ordre *Lepidoptera*, sont particulièrement bien représentés, avec 117 genres.

Il est impossible d'identifier tous les pollinisateurs d'Amérique du Nord, donc certains pollinisateurs ou groupes de pollinisateurs cryptiques, rares ou non détectés pourraient ne pas figurer dans les bases de données de pollinisateurs présumés utilisées pour extraire des relevés du GBIF. Bon nombre de pollinisateurs sont extrêmement difficiles à détecter, à capturer et à identifier; de ce fait, même la volumineuse base de données du GBIF manque d'information sur un grand nombre de groupes taxonomiques et semble privilégier les taxons plus attrayants ou plus visibles. Il est important de noter que les relevés du GBIF indiquent où l'observation et la consignation des taxons ont eu lieu — ils indiquent donc la présence, mais pas l'absence, de pollinisateurs présumés. De plus, l'échantillonnage du continent est inégal. Les endroits qui sont éloignés, complexes sur le plan topographique, loin des établissements humains ou jugés dangereux font rarement l'objet de l'échantillonnage détaillé dont bénéficient les endroits facilement accessibles. Ainsi, les résultats ne reflètent pas nécessairement le nombre relatif d'espèces présentes dans chaque pays, chaque écosystème et chaque type d'habitat. Néanmoins, l'analyse présente quand même un état des connaissances, notamment des données sur les groupes taxonomiques et leur emplacement, tout en reconnaissant qu'on ne connaît pas la véritable diversité de pollinisateurs dans quelque lieu que ce soit, et qu'une poursuite des recherches révélera de nouveaux secteurs et de nouvelles espèces

d'importance. Cette analyse permet également de déduire les déficits de connaissances et les secteurs à l'échantillonnage insuffisant.

Un bref examen de la littérature publiée fait ressortir en partie la variabilité des pollinisateurs en Amérique du Nord. Par exemple, il y a 4 337 espèces connues d'abeilles indigènes en Amérique du Nord et à Hawaï (Kopeck et Burd, 2017), dont 4 000 rien qu'aux États-Unis (Kopeck et Burd, 2017; Moisset et Buchmann, 2011), tandis qu'on en dénombre plus de 900 au Canada (Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2014). On ne connaît pas les diverses espèces d'abeilles indigènes au Mexique, étant donné les actuels déficits de connaissances et d'échantillonnage; on estime toutefois qu'il y a plus de 1 800 espèces dans le pays (Freitas et coll., 2009).

Il y a de nombreuses espèces de l'ordre *Lepidoptera* en Amérique du Nord. Selon le Smithsonian Institute, on dénombre près de 11 000 espèces de papillons nocturnes (Smithsonian, s.d.-b) et environ 750 espèces de papillons aux États-Unis (Smithsonian, s.d.-a). Selon Pohl et coll. (2018; voir aussi Pohl et coll., 2019), 5 405 espèces de papillons nocturnes et de papillons appartenant à 81 familles présentes au Canada, et 50 autres espèces ont été signalées, mais pas confirmées. La plupart de ces espèces sont des papillons nocturnes, tandis que 306 espèces appartenant à six familles sont des papillons; 207 des espèces signalées ne sont pas indigènes (Pohl et coll., 2019). Dans un rapport publié en 2009, Hall indiquait qu'il y a au moins 300 espèces de papillons au Canada, dont cinq sont endémiques.

Parmi les oiseaux pollinisateurs d'Amérique du Nord, les principales familles sont les *Trochilidae* (colibris, 109 espèces), les *Icteridae* (merles noirs du Nouveau monde, 23 espèces), les *Thraupidae* (tangaras, 13 espèces), les *Fringillidae* (fringillidés, 11 espèces), les *Cardinalidae* (cardinaux, 9 espèces), et les *Parulidae* (parulines du Nouveau monde, parfois appelées pouillots siffleurs, 9 espèces). Les mammifères pollinisateurs comptent 16 espèces de chauves-souris se nourrissant de nectar de l'ordre *Phyllostomidae*. On trouve trois de ces espèces aux États-Unis et 12 au Mexique, chacune ayant une aire de répartition limitée (Arita et Santos-del-Prado, 1999; cf. National Research Council, 2007). Trois de ces espèces de chauves-souris migrent sur de longues distances : *Leptonycteris curuseae*, *Choeronycteris mexicana* et *Leptonycteris nivalis* (National Research Council, 2007).

2.2 Diversité des pollinisateurs par écorégion et par habitat

La diversité d'habitats de pollinisateurs au Canada, au Mexique et aux États-Unis est immense. L'Amérique du Nord comprend tous les principaux biomes terrestres : forêts tropicales et subtropicales, forêts boréales tempérées et régions boisées, zones arbustives et régions boisées arbustives, savanes et prairies désertiques, semi-déserts et régions polaires et alpines. Les élévations varient de 86 mètres sous le niveau de la mer à 6 190 mètres.

Selon les données extraites du GBIF par les chercheurs, les pollinisateurs occupent l'ensemble des 15 écorégions nord-américaines. Au Canada, on relève un nombre élevé d'occurrences dans les forêts tempérées de l'est (837 genres) et la forêt septentrionale (215 genres), et moins dans la taïga (22 genres) et la toundra (11 genres). Les types d'habitats canadiens abritant le plus d'occurrences de genres répertoriés dans la base de données sont les régions agricoles et urbaines, ainsi que le sol nu – 381 genres dans les régions urbaines et bâties, et 256 genres sur les terres agricoles (probablement à cause de l'activité humaine, qui génère un échantillonnage intensif).

Aux États-Unis, on relève des occurrences particulièrement élevées de pollinisateurs dans les forêts tempérées de l'est (798 genres) et les grandes plaines (499 genres), ainsi qu'en Californie

méditerranéenne (310 genres) et dans les déserts nord-américains (227 genres). Peu d'occurrences ont été relevées dans la taïga (36 genres), la toundra (41 genres) et les sierras tempérées (56 genres). Une grande diversité d'abeilles indigènes occupe les écorégions arides du sud-ouest des États-Unis, où l'on relève les occurrences de diversité de genres de pollinisateurs les plus élevées dans les forêts tropicales de feuillus persistants, suivies des terres humides, des zones arbustives tropicales ou subtropicales et des prairies tropicales ou subtropicales. Comme au Canada, les genres relevés aux États-Unis sont concentrés dans les zones urbaines, avec des occurrences élevées également dans les forêts de conifères tempérées à des latitudes élevées, les zones arbustives tropicales ou subtropicales et les terres humides. Les forêts de conifères sont généralement plus arides, mais aussi plus faciles à échantillonner que les forêts de feuillus, et couvrent de vastes parties de l'ouest et du nord des États-Unis.

Au Mexique, on relève des occurrences particulièrement élevées dans les sierras tempérées (348 genres) et les forêts tropicales sèches (295 genres). Ces écorégions se trouvent dans le nord-ouest et au centre du pays, régions qui sont diversifiées sur le plan topographique et surtout arides. Cela porte à croire que les zones chaudes hautement productives et les régions arides aux altitudes diverses du Mexique sont des sources de grande diversité de genres. Par type d'habitat, on relève un grand nombre d'occurrences sur les terres cultivées et dans les zones urbaines et bâties, suivies des forêts caducifoliées tropicales ou subtropicales et des zones arbustives tropicales ou subtropicales. Toutefois, comme nous l'avons mentionné plus haut, les zones fortement échantillonnées indiquent une plus forte concentration de pollinisateurs. Bien que le Mexique possède à la fois des forêts tropicales humides et sèches, et qu'on y trouve une énorme diversité d'habitats et de topographies, le nombre total de genres consignés dans le pays est considérablement inférieur à ce qu'on observe aux États-Unis. Néanmoins, on sait que les régions tropicales accroissent la diversité d'importants groupes de pollinisateurs comme les *Lepidoptera* et les *Diptera*, ce qui porte à croire au sous-échantillonnage de ces groupes (et d'autres) dans le sud du Mexique.

Les plantes dépendent le plus de la pollinisation par les animaux dans les régions tropicales et désertiques, et en dépendent le moins dans la toundra, la taïga, les prairies et les écosystèmes où dominent les conifères (et où les espèces végétales dominantes sont pollinisées par le vent) (Regal, 1982). On observe dans les systèmes tropicaux humides et secs une grande diversité de pollinisateurs qui couvrent plusieurs groupes fonctionnels : *Phyllostomidae* (chauves-souris se nourrissant de nectar), *Trochilidae* (colibris), *Hymenoptera* (abeilles et autres), *Diptera* (mouches), *Lepidoptera* (papillons et papillons nocturnes) et *Coleoptera* (scarabées). Les déserts et zones arbustives arides abritent une grande diversité d'abeilles indigènes, qui sont des pollinisateurs exceptionnellement efficaces (Michener, 2000). Dans les déserts tant chauds que frais où poussent surtout des cactus, des légumineuses et des armoises, une grande diversité de plantes dépend des pollinisateurs (Buchmann et Nabhan, 2012; Love et Cane, 2019). Comme on l'a déjà mentionné, au Canada et aux États-Unis, la plus grande diversité de genres de pollinisateurs se trouve dans les forêts caducifoliées de l'est au Québec, en Ontario, et dans les États à l'est du Mississippi. Ces forêts se caractérisent par des pluies abondantes et des saisons de croissance longues et chaudes, et par productivité primaire élevée, autant de facteurs favorables à la diversité des pollinisateurs. Comme la population humaine est elle aussi très élevée dans cette région, elle pourrait entraîner des biais d'observation.

2.3 Espèces gérées ou introduites

En Amérique du Nord, quelques espèces de pollinisateurs sont gérées de façon active : elles sont semi-domestiquées, produites en grande quantité et commercialisées (National Research Council, 2007). La plupart sont des espèces introduites ou exotiques, et quelques-unes sont indigènes. Le recours à des pollinisateurs gérés témoigne de l'importance des services écosystémiques qu'ils fournissent et démontre que les collectivités agricoles investissent des ressources considérables dans les services de pollinisation.

L'espèce de pollinisateur géré la plus courante en Amérique du Nord est l'abeille mellifère (*Apis mellifera*), qu'on trouve à la fois dans les ruches gérées et dans des colonies sauvages à l'échelle du continent. La plupart des colonies d'abeilles mellifères dans l'ensemble du Mexique et le sud des États-Unis sont désormais africanisées – elles contiennent certains gènes d'*A. mellifera scutellata*, une sous-espèce introduite au Brésil en provenance d'Afrique dans les années 1950 pour augmenter la productivité des colonies d'abeilles mellifères (Kadri et coll., 2016). Les colonies d'abeilles mellifères africanisées prennent de l'ampleur et se reproduisent plus rapidement que les colonies d'abeilles mellifères (ou abeilles communes), et peuvent être plus agressives et plus difficiles à gérer, selon la proportion de gènes africanisés au sein de la colonie.

Les abeilles mellifères (*A. mellifera*) sont à la fois l'espèce exotique la plus répandue et l'espèce de pollinisateur géré la plus abondante dans les trois pays. Au Mexique, quelque 41 000 producteurs commerciaux gèrent environ deux millions de colonies d'abeilles, soit l'une des plus importantes industries apicoles au monde (Nieto, 2011), les principaux producteurs de miel étant les États du Yucatán, de Campeche et de Jalisco (Contreras-Escareño et coll., 2016). Aux États-Unis, les abeilles mellifères sauvages se sont implantées dans tous les types d'écosystèmes, et toutes les régions du pays comptent des ruches gérées. Selon le Department of Agriculture des États-Unis (2021a), il y aurait à l'heure actuelle 2,66 millions de colonies d'abeilles mellifères gérées, alors que ce chiffre avait atteint le niveau record de 4 millions dans les années 1940. Pour ce qui est du Canada, le Conseil canadien du miel (2018) estime que près de 10 000 apiculteurs gèrent 773 000 colonies d'abeilles mellifères. L'apiculture se pratique surtout dans les provinces de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba, qui comptent environ 533 000 colonies et produisent 79 % du miel canadien (Conseil canadien du miel, 2018).

Les bourdons ont été introduits dans le monde entier comme espèce de pollinisateurs de rechange (National Research Council, 2007). Par exemple, on trouve *Bombus terrestris*, espèce introduite d'Europe principalement pour la pollinisation des tomates de serre, dans toute l'Amérique du Nord (Winter et coll., 2006). Au Canada, on utilise les bourdons pour la pollinisation de 25 cultures, en particulier les tomates et les poivrons de serre (Agence canadienne d'inspection des aliments, 2013b).

Par ailleurs, l'abeille découpeuse de la luzerne (*Megachile rotundata*) est maintenant très répandue dans tout le Canada; elle est un important pollinisateur géré dans le secteur de l'agriculture industrielle. On l'utilise pour polliniser les champs de luzerne de semence en Alberta, en Saskatchewan et au Manitoba, et elle assure environ la moitié de la pollinisation nécessaire à la production de semences de canola hybride et d'autres cultures semencières de légumineuses et de bleuets nains (Agence canadienne d'inspection des aliments, 2013a). Les abeilles découpeuses de la luzerne peuvent multiplier par 20 le rendement des semences de luzerne, mais il faut les introduire en très grands nombres dans les champs de luzerne, ce qui exige des travaux agricoles intensifs en vue de construire et de déplacer leurs sites de nidification (Richards et Kevan, 2002). L'espèce a

également été introduite aux États-Unis comme pollinisateur des cultures de luzerne et de carottes, entre autres. Parce que c'est une abeille solitaire, elle ne forme pas de grandes colonies, et ce sont les agriculteurs qui l'introduisent dans les régions agricoles (National Research Council, 2007). Espèce solitaire, l'osmie cornue (*Osmia cornifrons*), a été introduite aux États-Unis en provenance d'Asie comme pollinisateur des pommes (Hedtke et coll., 2015).

Parmi les autres espèces d'abeilles non indigènes courantes qui sont documentées aux États-Unis, on compte plusieurs abeilles introduites de l'espèce *Hylaeus*, des *Andrena wilkella*, des *Halictus tectus*, diverses espèces de *Lasioglossum*, et plusieurs espèces des familles de *Megachilidae* et d'*Apidae*, dont la plupart ont été accidentellement introduites et ont probablement fait le voyage vers les États-Unis sur des végétaux (Russo, 2016). Au Canada, les autres abeilles introduites et documentées appartiennent aux espèces *Hylaeus*, *Andrena wilkella*, *Lasioglossum*, *Anthidium*, *Chelostoma*, *Hoplitis anthocopoides*, *Osmia caerulescens* et *Megachile* (Sheffield et coll., 2011).

Au-delà des abeilles, les pollinisateurs non indigènes connus aux États-Unis sont les mouches, par exemple la mouche domestique *Musca domestica*, la piéride de la rave (*Pieris rapae*) et divers papillons nocturnes, dont les microlépidoptères sans caractéristiques distinctives. Pays d'Amérique du Nord le plus froid et le plus septentrional, le Canada abrite une moins grande diversité d'espèces exotiques établies que les deux autres pays; ses vastes régions agricoles ont néanmoins été colonisées par diverses espèces eurasiennes. Par exemple, on sait que plus de 200 espèces de papillons nocturnes non indigènes sont établies au Canada (Pohl et coll., 2019); parmi les autres espèces non indigènes, on compte les *Muscidae* (mouches) et d'autres *Diptera*, scarabées et punaises, dont un grand nombre peuvent être des pollinisateurs occasionnels ou accidentels (Langor et coll., 2014). Les autres pollinisateurs non indigènes du Mexique comprennent diverses espèces introduites de mouches, de papillons nocturnes et de papillons (Suckling et coll., 2017). La détection de nouveaux pollinisateurs non indigènes augmentera sans doute, à mesure que se poursuit la mondialisation du commerce et que les modes de détection comme la science participative et le codage à barres de l'ADN comblent le déficit de connaissances (Encarnaçao et coll., 2021; Jinbo et coll., 2011; Larson et coll., 2020).

Certaines espèces indigènes sont elles aussi gérées. Au Mexique par exemple, depuis l'époque des Mayas, on gère les abeilles *Melipona* sans aiguillon pour leur production de miel et de cire. L'État du Yucatán est le principal producteur de miel de *Melipona*, la culture, l'entretien et la gestion des colonies de *Melipona beecheii* dans des troncs d'arbre creux étant les plus anciennes techniques apicoles utilisées dans l'État (Villanueva-Gutiérrez et coll., 2005). On produit le miel de *Melipona* en plus petites quantités à partir de plus petites colonies, mais il est davantage prisé pour goût plus exotique et plus agréable que le miel *A. mellifera*, et on peut donc le vendre plus cher. Espèce indigène, l'abeille *Melipona* sans aiguillon est élevée selon des méthodes traditionnelles avec des plantes fourragères indigènes. Elles constituent donc une solution de rechange à l'*A. mellifera*, compte tenu des inquiétudes en matière de concurrence et de transmission de maladies.

Les bourdons indigènes comme *B. impatiens* et *B. occidentalis* sont faciles à élever, à transporter et à suivre. On les gère aux États-Unis depuis la fin du XX^e siècle, là encore surtout pour la pollinisation en serres (Velthuis, 2002). Des études sont en cours sur l'utilisation d'espèces de bourdons indigènes propres à certaines régions pour la production de tomates de serre (Strange, 2015). Aux États-Unis, on a réalisé des progrès notables dans le secteur agricole en offrant un habitat à diverses communautés d'abeilles indigènes, particulièrement les abeilles maçonnes (*Osmia*), pour stimuler la nouaison des bleuets (Isaacs et Kirk, 2010; Stubbs et coll., 1997), et augmenter la production de fraises en complétant les populations existantes d'*O. lignaria* près de champs ciblés (Horth et Campbell, 2018). On gère l'espèce indigène *Nomia melanderi*, abeille qui niche à même le sol, pour

la pollinisation de la luzerne – les agriculteurs créent des nids souterrains en ajoutant de la terre saline (National Research Council, 2007). On gère également les abeilles maçonnes du verger, espèce nord-américaine indigène (*Osmia lignaria*), dans le sud du Canada pour la pollinisation des pommiers et d'autres fruits de verger (Richards et Kevan, 2002); leurs nids peuvent être facilement déplacés d'un site à un autre, et leur introduction en quantités relativement limitées améliore le rendement des vergers.

2.4 Tendances relatives aux populations de pollinisateurs

À l'échelle mondiale, on redoute de plus en plus une crise touchant les pollinisateurs, leurs populations et leur diversité étant en déclin, ce qui menace la pollinisation en tant que fonction écologique. C'est ce que révèle le rapport de l'*Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* (Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques, IPBES 2016). Des études subséquentes ont signalé d'inquiétantes baisses du nombre d'insectes à l'échelle mondiale, pour l'ensemble des groupes taxonomiques, des régions géographiques et des types d'habitats (Hallmann et coll., 2017; Leather, 2018; Wagner, 2017, 2020). Jusqu'à 40 % des espèces d'insectes sont menacées d'extinction (van Klink et coll., 2020), et deux groupes de pollinisateurs de premier plan (*Hymenoptera* et *Lepidoptera*) sont particulièrement à risque (Sánchez-Bayo et Wyckhuys, 2019). Les données manquent pour évaluer le déclin mondial de la plupart des groupes de mouches, de micropapillons nocturnes, de scarabées et d'autres pollinisateurs discrets, mais trois décennies de collecte d'insectes dans des centaines de réserves naturelles d'Europe de l'Ouest révèlent un très fort déclin ces dernières années pour tous les groupes taxonomiques (Vogel, 2017). On s'inquiète à la fois pour les espèces sauvages du point de vue de la conservation, et pour les espèces gérées et les répercussions sur l'agriculture (National Research Council, 2007). Le déclin mondial des populations d'abeilles mellifères et la disparition de ruches gérées ont sonné l'alarme dans les secteurs agricoles partout dans le monde (Paudel et coll., 2015). Une récente analyse fondée sur les classifications de la Liste rouge de l'UICN a révélé qu'à l'heure actuelle, 15,6 % des 1 162 vertébrés pollinisateurs dans le monde sont menacés d'extinction (Aslan et coll., 2013).

Les chercheurs qui ont mené l'évaluation quantitative pour l'Amérique du Nord ont désigné 1 159 espèces préoccupantes répertoriées par des sources internationales (59 espèces), nationales (35 espèces) ou étatiques/provinciales (1 065 espèces). Les vertébrés préoccupants appartiennent à quatre espèces de chauves-souris et sept espèces de colibris, tous classés dans les catégories « quasi menacée », « vulnérable », « en danger » ou « en danger critique » par l'UICN (tableau 1). Parmi les insectes, 78,4 % des espèces préoccupantes sont de l'ordre *Lepidoptera* (papillons et papillons nocturnes), 13,4 % de l'ordre *Hymenoptera* (abeilles, guêpes et fourmis), 4,3 % de l'ordre *Diptera* (mouches) et 3,9 %, de l'ordre *Coleoptera* (scarabées). Toutefois, comme la détection et l'identification sont plus faciles pour les *Lepidoptera* que les autres groupes d'insectes, il se peut que les relevés faisant état de leur présence et de leur déclin soient plus complets. Les études sur les pollinisateurs non-lépidoptères se poursuivent à l'échelle du continent, on peut s'attendre à ce que les données indiquant le déclin des espèces cryptiques se multiplient et que plus d'espèces s'ajoutent à ces listes.

État des connaissances sur la conservation des pollinisateurs en Amérique du Nord : Priorités communes à l'échelle continentale

Tableau 1. Pollinisateurs vertébrés désignés comme des espèces préoccupantes sur la Liste rouge de l'UICN

Classe	Famille	Espèce	Statut	Pays
Mammalia	<i>Phyllostomidae</i>	<i>Choeronycteris mexicana</i>	Quasi menacée	Mexique, États-Unis
	<i>Phyllostomidae</i>	<i>Leptonycteris nivalis</i>	En danger	Mexique, États-Unis
	<i>Phyllostomidae</i>	<i>Leptonycteris yerbabuena</i>	Quasi menacée	Mexique, États-Unis
	<i>Phyllostomidae</i>	<i>Musonycteris harrisoni</i>	Vulnérable	Mexique
Aves	<i>Trochilidae</i>	<i>Cyanthus lawrencei</i> (colibri circé)	Quasi menacée	Mexique
	<i>Trochilidae</i>	<i>Doricha eliza</i> (colibri élise)	Quasi menacée	Mexique
	<i>Trochilidae</i>	<i>Eupherusa cyanophrys</i> (colibri d'Oaxaca)	En danger	Mexique
	<i>Trochilidae</i>	<i>Eupherusa poliocerca</i> (colibri du Guerrero)	Vulnérable	Mexique
	<i>Trochilidae</i>	<i>Eupherusa ridgwayi</i> (dryade du Mexique)	Vulnérable	Mexique
	<i>Trochilidae</i>	<i>Lophornis brachylophus</i> (coquette du Guerrero)	En danger critique	Mexique
	<i>Trochilidae</i>	<i>Selasphorus rufus</i> (colibri roux)	Quasi menacée	Canada, Mexique, États-Unis

Source : UICN.

Les relevés d'observation tirés du GBIF indiquent que 716 des espèces préoccupantes identifiées sont présentes au Canada, 201 le sont au Mexique, et 1 088 le sont aux États-Unis. Les écorégions qui abritent le plus d'espèces préoccupantes comprennent : les forêts tempérées de l'est (269 espèces), les forêts septentrionales (151 espèces) et les grandes plaines (100 espèces) au Canada; les forêts tempérées de l'est et les grandes plaines aux États-Unis; et les sierras tempérées et les forêts tropicales sèches au Mexique.

Si les données sur les tendances relatives aux populations de pollinisateurs d'Amérique du Nord sont plutôt limitées (National Research Council, 2007), on a néanmoins observé un fort déclin chez quelques espèces bien connues, tant parmi des espèces indigènes et gérées. Bien qu'il ne s'agisse pas strictement d'un problème de conservation, les baisses de populations d'*A. mellifera* dans certaines régions inquiètent les apiculteurs depuis des dizaines d'années (par exemple, Dicks et coll., 2021; National Research Council, 2007). Le nombre de ruches d'abeilles mellifères aux États-Unis a diminué de près de 50 % entre les années 1940 et 2015 (Pollinator Health Task Force, 2015b). De 2006 à 2015, les apiculteurs ont signalé des pertes moyennes atteignant 31 % parmi les colonies qui hivernent, soit deux fois le niveau économiquement viable (Pollinator Health Task Force, 2015b), et ces poussées de syndrome d'effondrement des colonies, soit la perte en grand nombre de ruches entières, ont touché l'ensemble des États-Unis (Johnson et Steiner 2000). Aux États-Unis, d'avril 2020 à avril 2021, 45,5 % des colonies d'abeilles mellifères gérées ont disparu, selon les résultats préliminaires de la 15^e étude nationale annuelle menée par Bee Informed Partnership (BIP). Il s'agit du deuxième taux de perte le plus élevé depuis le début de l'étude en 2006 (University of Maryland, 2021). Au Canada, le taux de mortalité des colonies d'*A. mellifera* a considérablement augmenté au cours des dernières décennies. Par exemple, l'Ontario a déclaré la perte de 46 % des colonies durant l'hiver 2017–2018 (ministère ontarien de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales, 2018). En général, l'apiculture au Canada a reculé au cours des dernières décennies, et les apiculteurs aujourd'hui ne représentent que 16 % du nombre d'apiculteurs actifs en 1945 (Melhim et coll., 2010).

On en sait peu sur les tendances relatives aux populations d'abeilles non gérées, qui constituent la majorité des pollinisateurs (Lebuhn et coll., 2013; Winfree et coll., 2011). Néanmoins, on a documenté aux États-Unis le déclin des populations de certaines abeilles pollinisatrices non gérées. En Illinois, un nouveau recensement d'un réseau de pollinisation a révélé que 50 % des espèces d'abeilles ont disparu sur une période de 120 ans (Burkle et coll., 2013). Une autre étude a examiné les spécimens muséaux d'abeilles sauvages du nord-est de l'Amérique du Nord. Malgré la rareté des données historiques et les difficultés d'identification, on a constaté que le territoire d'environ 50 % des espèces étudiées avait subi d'importants décalages d'élévation ou de latitude. En outre, les populations de 14 espèces affichaient des signes de déclin, tandis que huit affichaient une augmentation, ce qui souligne la variabilité en matière de vulnérabilité des taxons (Mathiasson et Rehan, 2019). Selon une analyse spatiale des populations d'abeilles sauvages, paramétrée à partir d'évaluations d'abondance faites par des experts et de bases de données sur la couverture des terres, l'abondance modélisée d'abeilles sauvages a diminué sur 23 % du territoire des États-Unis, de 2008 à 2013 (Koh et coll., 2016).

Parmi les taxons d'abeilles indigènes, les bourdons sont particulièrement bien consignés en raison de leur taille et de leur identification facile. Une comparaison entre les relevés historiques et les données récentes montre un relatif déclin de près de la moitié des espèces de bourdons étudiées en Amérique du Nord (Colla et coll., 2012). Une autre analyse de spécimens muséaux ainsi que des études ciblées portant sur des bourdons ont révélé un substantiel déclin relatif (jusqu'à 96 %) des populations de quatre espèces, et ont conclu à une contraction potentielle de l'ordre de 23 à 87 % des aires de répartition (Cameron et coll., 2011); on a pu constater le déclin du bourdon double (*Bombus bifarius*) (Cameron et coll., 2011; Spivak et coll., 2011). Au Canada, la *Loi sur les espèces en péril* désigne déjà le bourdon à tache rousse (*Bombus affinis*) et le bourdon bohémien (*Bombus bohemicus*) comme des espèces en danger, et le bourdon américain (*Bombus pensylvanicus*), le bourdon de Suckley (*Bombus suckleyi*), la sous-espèce *mckayi* du bourdon de l'Ouest (*Bombus occidentalis mckayi*), la sous-espèce *occidentalis* du bourdon de l'Ouest

(*Bombus occidentalis occidentalis*) et le bourdon à bandes jaunes (*Bombus terricola*) pourraient eux aussi se voir attribuer divers statuts d'espèce en péril en vertu de cette Loi. En 2017, par suite de la disparition de 91 % de la population du bourdon à tache rousse sur une période de 20 ans (Lambe, 2018) aux États-Unis, le Fish and Wildlife Service a déclaré cette abeille comme étant en voie de disparition en vertu de l'*Endangered Species Act*. C'était la première abeille des États-Unis continentaux à recevoir ce statut, même si sept espèces d'abeilles *Hylaeus* d'Hawaï avaient reçu ce même statut l'année précédente.

Certaines espèces de papillons et de papillons nocturnes montrent elles aussi des signes de déclin. Le monarque (*Danaus plexippus*) demeure très fidèle à ses aires d'hivernage, et on l'y trouve en très grand nombre, ce qui permet de dénombrer la population avec précision d'une année à l'autre (Thogmartin et coll., 2017). Depuis 1996 et pendant 20 ans, l'espèce a affiché un abrupt déclin, avec une perte pouvant atteindre 84 % de sa population (Semmens et coll., 2016). Dans l'État de l'Ohio, plus de 21 ans de surveillance ont révélé une baisse de 33 % de la population de ce papillon, comparable aux déclins observés en Europe (Wepprich et coll., 2019). De plus, quoique les espèces spécialisées et rares affichent un déclin particulièrement marqué (Thomas, 2016), on observe également une baisse de la population d'espèces généralistes, ce qui porte à croire que les divers facteurs de stress qui frappent les populations de papillons engendrent de multiples voies de changement (Wepprich et coll., 2019). Les études de science participative menées de 1992 à 2010 ont montré un décalage vers le nord des aires de répartition de la plupart des espèces de papillons du Massachusetts, ainsi qu'une contraction de l'aire de répartition pour plusieurs espèces (Breed et coll., 2013). Les papillons sont mieux étudiés que la plupart des groupes d'insectes, étant donné leur visibilité, leur attrait et leur identification facile. Les déclins observés parmi ces taxons peuvent toutefois toucher une grande variété d'insectes sans que l'on s'en rende compte (Thomas, 2016).

Des rapports anecdotiques de collectionneurs de papillons nocturnes dans le nord-est des États-Unis indiquent une réduction généralisée des populations de ces papillons au cours des dernières décennies, et un déclin plus marqué des espèces de grande taille (Wagner, 2012). Ces observations reflètent celles relatives aux populations surveillées depuis plus longtemps en Europe (Fox, 2013). Les collections historiques de sphinx (*Sphingidae*) dans les musées de cette même région des États-Unis révèlent un déclin des populations qui s'est étalé sur un siècle pour huit des 22 espèces pour lesquelles on a suffisamment de données; quatre espèces ont vu leur population augmenter durant la même période (Young et coll., 2017). On a observé une extrême abondance et diversité de macrolépidoptères nocturnes dans les fermes cultivant du soja biologique, nettement supérieures à ce qu'on observe dans les fermes conventionnelles de l'est de l'Ontario, ce qui témoigne de l'importance des pratiques humaines et des facteurs de changement (Put et coll., 2018).

Comme on l'a déjà mentionné, l'ordre des *Diptera* est très diversifié. On a dénombré 124 familles et 24 210 espèces au Canada, au Mexique et aux États-Unis continentaux (Thompson, 2006; National Research Council, 2007). Malheureusement, on a très peu étudié les mouches, et l'on ne sait pratiquement rien de leur répartition et de la taille de leurs populations en Amérique du Nord; le nombre de pollinisateurs est inconnu, et l'on ne peut établir de tendance à propos des populations de pollinisateurs connus (National Research Council, 2007).

Parmi les vertébrés, les pollinisateurs qu'on étudie le plus en Amérique du Nord sont les colibris; plus de 14 % des espèces de colibris des Amériques sont menacées d'extinction, en particulier dans le sud du Mexique (Wethington et Finley, 2008). En 2007, on disposait de données limitées sur les populations de chauves-souris pollinisatrices (National Research Council, 2007), malgré le fait qu'elles offrent d'importants services à de nombreuses espèces de plantes nord-américaines, comme les pilosocereus et des espèces d'*Agave*.

2.5 Résumé et déficit de connaissances

Il existe de nombreuses espèces de pollinisateurs dans toute l'Amérique du Nord, mais on n'en connaît pas encore l'ampleur, pas plus que l'évolution de leurs populations; on dispose néanmoins de plus de données sur certains ordres, genres et familles que sur d'autres. Les connaissances manquent sur les tendances des populations de la plupart des insectes, car ces derniers se prêtent difficilement à l'étude, et un manque de données de base complique la réalisation d'estimations quantitatives des populations (Colla et coll., 2012). Le déficit de connaissances attribuable au sous-échantillonnage dans les régions éloignées et aux groupes taxonomiques cryptiques persiste, et on mène trop peu d'études de longue durée qui permettraient de mieux comprendre les tendances relatives aux populations et les facteurs de changement. Il faudrait donc prolonger les évaluations et analyses des populations, sur le plan géographique et taxonomique (Didham et coll., 2020; Montgomery et coll., 2020; Simmons et coll., 2019).

L'échantillonnage est un élément important dans l'interprétation des résultats de l'évaluation quantitative des relevés du GBIF. Les données issues de ces relevés pour chaque pays indiquent que les zones urbaines et bâties jouent un rôle important; cela souligne la tendance qu'ont les gens à collecter et à consigner les espèces qu'ils trouvent dans les lieux qu'ils fréquentent, plutôt que la pleine diversité dans ces sites. Même si l'on sait que la plus grande diversité d'abeilles se trouve dans les régions arides (Michener 2000), la diversité d'autres pollinisateurs peut être maximale dans les régions tropicales, comme c'est le cas pour de nombreux autres groupes taxonomiques. Le déficit général de détections dans les habitats tropicaux, jumelé au nombre inférieur de détections au Mexique qu'au Canada, est certainement attribuable à un échantillonnage inégal dans les trois pays et dans tous les types d'habitats, plutôt qu'à une moins grande diversité de pollinisateurs. L'absence d'échantillonnages uniforme à l'échelle du continent engendre un sérieux déficit de connaissances qui entraîne une sous-estimation de la diversité des pollinisateurs dans certaines régions. Elle souligne la nécessité d'étendre l'échantillonnage au-delà des endroits où dominent les humains.

Les communautés de pollinisateurs varient constamment sur le continent nord-américain. Les populations de pollinisateurs sauvages fluctuent selon les changements climatiques et mondiaux qui se produisent annuellement, comme les échanges commerciaux. Il se peut que plusieurs pollinisateurs exotiques aient été introduits (intentionnellement ou accidentellement) et ne figurent pas dans le présent rapport, et il se peut que ces espèces exotiques soient passées inaperçues pendant de longues périodes. Les listes de pollinisateurs indigènes et exotiques sont incomplètes dans les trois pays, et les répercussions des changements au sein des communautés de pollinisateurs sur les cultures et les plantes sauvages sont méconnues. De plus en plus d'études examinent l'efficacité des pollinisateurs autres que les abeilles mellifères pour polliniser les cultures (p. ex., les abeilles indigènes), mais la gestion des communautés de pollinisateurs sauvages demeure relativement sous-utilisée dans le monde agricole.

Une meilleure connaissance des habitats et régions où les communautés de pollinisateurs sont les moins bien étudiées s'impose afin d'assurer une gestion et une conservation appropriées dans toute la région. Par exemple, dans les habitats forestiers, les pollinisateurs ont souvent besoin de trous dans la voûte forestière et les strates arbustives, où la lumière peut favoriser la croissance des plantes de sous-bois à fleurs, comme les herbes non graminéennes (Hanula et coll., 2016). Les strates ligneuses envahies par la végétation par suite de changements (comme l'extinction d'incendies) peuvent réduire la présence d'habitats propices aux pollinisateurs dans les forêts. Une gestion des forêts favorable aux pollinisateurs pourrait comprendre l'éclaircissement de la voûte

forestière pour y laisser pénétrer la lumière, ou planter des espèces fourragères pour pollinisateurs le long des emprises (Hanula et coll., 2016).

2.6 Messages clés

- Les pollinisateurs comprennent à la fois des espèces indigènes et non indigènes, et peuvent être sauvages ou gérés. La plupart des pollinisateurs d'Amérique du Nord sont des insectes : abeilles, guêpes, papillons, mouches et scarabées. Une évaluation quantitative a recensé plus de 24 000 espèces d'insectes pollinisateurs appartenant à 2 829 genres au Canada, au Mexique et aux États-Unis. Parmi ces genres, 2 592 ont été recensés aux États-Unis, 1 645, au Canada, et 1 082, au Mexique. Il y a aussi des oiseaux pollinisateurs (colibris) et des chauves-souris pollinisatrices, mais on trouve ces dernières uniquement au Mexique et aux États-Unis. Le nombre d'espèces recensées est moins élevé au Mexique qu'au Canada et aux États-Unis, peut-être en raison de biais d'observation.
- On trouve des pollinisateurs partout en Amérique du Nord, mais on a recensé plus d'espèces dans certaines écorégions, comme les forêts tempérées de l'est du Canada et des États-Unis, et les sierras tempérées et les forêts tropicales sèches du Mexique. L'échantillonnage n'est pas uniforme dans tous les emplacements géographiques sur le continent, les endroits qui sont éloignés, complexes sur le plan topographique, loin des établissements humains ou jugés dangereux faisant rarement l'objet d'échantillonnage détaillé comme les endroits facilement accessibles. Ainsi, on doit interpréter toute absence d'une écorégion ou d'un habitat en particulier comme une présence non confirmée, plutôt que comme une véritable absence. Les listes taxonomiques produites dans le présent document tiennent compte de cette incertitude.
- En Amérique du Nord, seules quelques espèces de pollinisateurs font l'objet d'une gestion active – elles sont semi-domestiquées, produites en grande quantité et commercialisées. La plupart sont des espèces introduites ou exotiques, mais quelques-unes sont indigènes. Les abeilles mellifères sont les plus utilisées et les mieux connues, mais il y a d'autres pollinisateurs gérés, dont les abeilles maçonnes, certaines espèces de bourdons et les abeilles découpeuses de la luzerne. On trouve aussi en Amérique du Nord quelques autres espèces envahissantes qui peuvent être des pollinisateurs (notamment la mouche domestique et la piéride de la rave), de même que divers papillons nocturnes, scarabées et punaises. Les insectes indigènes sont eux aussi d'importants pollinisateurs pour l'agriculture, et certains sont activement gérés, dont certaines espèces de bourdons indigènes.
- L'évaluation quantitative en Amérique du Nord a permis d'identifier 1 159 espèces préoccupantes répertoriées par des sources internationales (59 espèces), nationales (35 espèces) ou étatiques/provinciales (1 065 espèces). Les vertébrés préoccupants appartiennent à quatre espèces de chauves-souris et sept espèces de colibris, tous classés dans la catégorie « quasi menacée », « vulnérable », « en danger » ou « en danger critique » par l'UICN. Parmi les insectes pollinisateurs, 78,4 % des espèces préoccupantes sont de l'ordre *Lepidoptera* (papillons et papillons nocturnes), 13,4 % sont de l'ordre *Hymenoptera* (abeilles, guêpes et fourmis), 4,3 %, de l'ordre *Diptera* (mouches) et 3,9 %, de l'ordre *Coleoptera* (scarabées).
- Parmi les espèces préoccupantes, on en dénombre 716 au Canada, 201 au Mexique et 1 088 aux États-Unis. Au Canada, les écorégions où ces espèces sont les plus nombreuses sont les forêts tempérées de l'est, les forêts septentrionales et les grandes plaines; aux États-Unis, ce

- sont les forêts tempérées de l'est et les grandes plaines; au Mexique, ce sont les sierras tempérées et les forêts tropicales sèches.
- Si les données sur les tendances relatives aux populations de pollinisateurs en Amérique du Nord sont en général limitées, on a néanmoins observé une forte baisse chez quelques espèces qui sont bien étudiées, notamment des espèces sauvages indigènes et des espèces gérées. Les populations de certaines espèces de papillons, de papillons nocturnes et d'abeilles ont connu un déclin, tandis que d'autres se sont accrues. Certaines espèces de colibris sont également préoccupantes. Pour ce qui est des chauves-souris se nourrissant de nectar, les données à leur propos sont insuffisantes pour déterminer l'évolution de leur population.

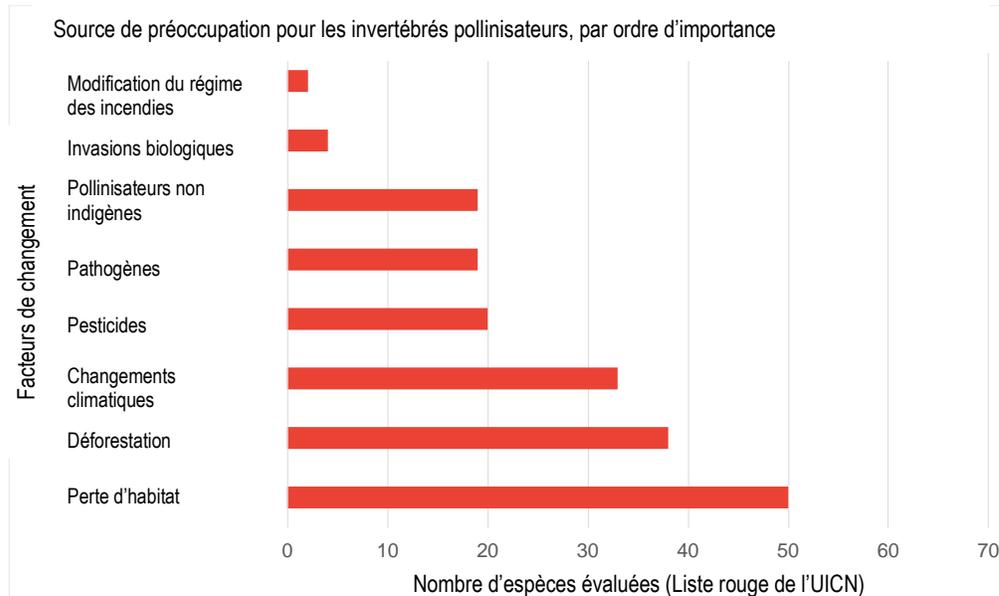
3 Facteurs de changement

Des études mondiales portant sur les facteurs à l'origine du déclin des pollinisateurs ont déterminé un ensemble de causes ayant entraîné les tendances qui menacent la biodiversité dans tous les types d'écosystèmes et toutes les régions géographiques (Janzen et Hallwachs 2019; Sanchez-Bayo et Wyckhuys 2019; Wagner 2020). Les pollinisateurs se mesurent à un vaste éventail de facteurs de changement nouveaux et de plus en plus nombreux, dont : la perte et la fragmentation des habitats; l'exposition aux pesticides; la propagation de maladies et de parasites; la pollution des sols, de l'air et des cours d'eau; l'introduction d'espèces concurrentes et de prédateurs non indigènes; l'exploitation directe et les changements climatiques (Gill et coll., 2016; Potts et coll., 2010; Vanbergen et l'Insects Pollinator Initiative, 2013). Les facteurs agissent à la fois indépendamment et en synergie (Brook et coll., 2008a), ainsi que la dynamique des populations de pollinisateurs en réaction à cette interaction des facteurs peut être complexe et difficile à prédire.

L'UICN répertorie les causes des préoccupations en matière de conservation des espèces qu'elle évalue. Dans le cas des invertébrés nord-américains figurant sur la Liste rouge de l'UICN (limitée à 70 espèces évaluées), les plus courantes sont généralement la perte d'habitat, suivie de la déforestation et des changements climatiques (figure 1).

Le présent chapitre détermine ce que les études existantes définissent comme des facteurs de changement pour divers pollinisateurs en Amérique du Nord.

Figure 1. Causes des préoccupations relatives aux espèces de pollinisateurs invertébrés



Source : Extrait de la Liste rouge de l'UICN

3.1 Perte et fragmentation des habitats/affectation des terres

La perte d'habitat attribuable au changement d'affectation des terres constitue le principal facteur de changement touchant les pollinisateurs d'Amérique du Nord (et le plus marquant). Aux États-Unis, les abeilles non mellifères, les papillons, les chauves-souris et d'autres pollinisateurs gérés ou sauvages font les frais de la perte ou de la dégradation de l'habitat. Pour certaines espèces, tout porte à croire que la perte d'habitat a causé le déclin des populations (National Research Council, 2007; Potts et coll., 2010). Dans l'étude mentionnée plus haut, qui a révélé que les populations d'abeilles sauvages avaient diminué sur 23 % du territoire des États-Unis, la baisse d'abondance était particulièrement prononcée dans les secteurs où l'on trouve davantage de cultures dépendantes des pollinisateurs, en partie à cause de la transformation de l'habitat naturel au profit de la culture en rangs (Koh et coll., 2016). De la même façon, dans les forêts tropicales du Mexique, on a observé que la fragmentation des habitats réduisait le nombre total de pollinisateurs (Aguirre et Dirzo, 2008). Les espèces de pollinisateurs particulièrement susceptibles comprennent des espèces spécialisées qui ont des besoins uniques en matière d'alimentation ou de nidification, puisque les écosystèmes transformés perdent parfois ces ressources essentielles (Potts et coll., 2010). Par exemple, une étude sur la fragmentation des habitats dans le désert du Sonora a révélé que la diminution de la taille des fragments était liée à la diminution du nombre d'espèces d'abeilles spécialisées, alors que les espèces généralistes ne semblaient pas touchées par cette fragmentation (Cane et coll., 2006).

On sait que la perte d'habitat est un facteur majeur de la disparition des populations de chauves-souris; il est probable que la perturbation des grottes et le développement d'origine humaine aient supprimé d'importants sites de perché et de nidification des chauves-souris dans de nombreuses régions. Les chauves-souris étant de grande taille et mobiles, elles peuvent relier des habitats dans

diverses zones de perturbation ou divers paysages fragmentés; elles pourraient donc représenter une importante source de déplacement des gènes de plantes dans le contexte des changements environnementaux d'ampleur régionale (Herrerias-Diego et coll., 2006).

Le continent se développe sans cesse et il est de plus en plus connecté. La construction de nouveaux corridors de transport et de grands parcs solaires et éoliens empiète sur les habitats des pollinisateurs. Bien que l'on y voie rarement une grave menace comparativement à la perte d'habitats attribuable à l'agriculture et à l'urbanisation, aux changements climatiques, aux pesticides et aux maladies, la mortalité attribuable à la circulation routière pourrait se chiffrer en milliards d'insectes pollinisateurs happés par des véhicules chaque année, selon une étude extrapolative (Baxter-Gilbert et coll., 2015). La probabilité de collision augmente considérablement dans les corridors de transport à grande vitesse.

La construction de routes perturbe également les bordures de route, qui sont souvent des lieux propices des colonies d'espèces de plantes envahissantes. Les activités de restauration des bordures des routes visent à y planter des espèces végétales indigènes pour ces invasions, et ciblent souvent les espèces attirant les pollinisateurs pour étendre l'habitat de ces derniers à l'échelle d'une région (Wojcik et Buchmann, 2012). Par exemple, aux États-Unis et au Canada, plus de 200 organisations représentant les industries du gaz, de l'électricité et du transport ferroviaire et routier, collaborent avec le *Rights-of-Way as Habitat Working Group* (groupe de travail sur l'utilisation des emprises comme habitat) pour restaurer l'habitat. Malheureusement, on constate que les habitats en bord de route qui attirent les pollinisateurs peuvent aussi accroître les risques de collision avec des véhicules (Keilsohn et coll., 2018). D'autres études sont nécessaires pour déterminer si la multiplication des habitats de pollinisateurs attribuable à la restauration des bordures de route supplante la mortalité liée aux collisions.

L'affectation des terres agricoles influe sur les pollinisateurs de diverses façons. Par définition, les superficies exploitées en monoculture, où l'on cultive une seule espèce de plante ou un seul produit, contiennent un nombre limité de groupes fonctionnels de plantes, qui accueillent par conséquent une diversité minimale de pollinisateurs. Elles constituent ainsi l'habitat de la moins bonne qualité pour les pollinisateurs, et en général n'aident que les espèces capables de trouver leur compte en matière d'alimentation et de nidification à partir de ressources homogènes (Kennedy et coll., 2013). Le travail du sol conventionnel donne des champs qui n'offrent aucun habitat aux pollinisateurs, bien que ces derniers persistent parfois dans des secteurs avoisinant les champs et puissent offrir des services ou se repeupler lorsque poussent et fleurissent les cultures et les plantes connexes. De plus, l'agriculture conventionnelle comprend souvent l'utilisation de pesticides pour éliminer les mauvaises herbes et les herbivores nocifs (voir ci-après).

Les grands pâturages libres et l'élevage de bétail constituent un volet important de l'agriculture nord-américaine. Les pâturages libres sont moins soigneusement entretenus et délimités que les terres cultivées ou les systèmes agroforestiers, mais des décennies de pâturage par le bétail peuvent transformer leurs écosystèmes : en réduisant la couverture globale et la diversité des herbes non graminéennes à fleurs, en dégradant les zones riveraines, en éliminant les espèces de plantes riveraines et en compactant les sols (Lázaro et coll., 2016a, 2016b; Tadey 2015). De ce fait, les pollinisateurs ont parfois accès à moins de fourrage et de sites de nidification. Les activités de restauration des pâturages libres avantageuses pour les pollinisateurs comprennent : la reconstitution des zones riveraines; l'utilisation de clôtures pour empêcher l'accès à ces zones tout en utilisant des pompes solaires pour fournir de l'eau; la réduction du chargement en bétail et la reconstitution des sols en laissant des pâturages en friche; et la plantation et la protection de petites

parcelles d'herbes non graminéennes et de plantes fourragères à fleurs (Mitchell et coll., 2013; Winsa et coll., 2017).

Il y a aussi l'agroforesterie en Amérique du Nord, par exemple des fermes forestières ou d'autres entreprises fabriquant des produits ligneux, ainsi que des cultures comme le café, que l'on plante sous des arbres d'ombrage comme élément d'un système agricole à plusieurs niveaux. Les plantations mixtes comprenant des herbes non graminéennes couvre-sol, des arbustes à fleurs et des arbres forment des écosystèmes structurellement diversifiés pour les communautés de pollinisateurs (Kay et coll., 2020; Kuyah et coll., 2017). Certains pollinisateurs nichent dans des arbres ou dans du bois mort et dans d'autres troncs; les écosystèmes structurellement complexes peuvent également offrir des sites de nidification. À l'instar des grandes cultures, l'agroforesterie est moins propice aux pollinisateurs lorsque les arbres et les arbustes sont plantés en monocultures denses, qui sont moins favorables à une diversité de groupes fonctionnels de fleurs (Jose, 2012).

Les changements mineurs touchant la disponibilité et la connectivité des habitats touchent particulièrement les espèces d'invertébrés pollinisateurs, dont le domaine vital est relativement restreint, surtout chez les plus petites abeilles solitaires. Il existe un lien relativement positif entre la taille du corps et l'aire d'alimentation à partir d'un point central, par exemple les nids au sol où les femelles font des provisions de ressources pour leurs œufs. Ce qui pourrait passer pour des fluctuations mineures de la connectivité ou de la disponibilité des habitats peut avoir d'importantes conséquences pour les abeilles solitaires; certaines espèces plus petites ont un domaine vital dont le rayon fait seulement quelques dizaines de mètres (Greenleaf et coll., 2007).

3.2 Espèces introduites

Tant les pollinisateurs non indigènes que les plantes non indigènes peuvent influencer sur les pollinisateurs indigènes, même si l'on connaît mal les conséquences de l'introduction d'espèces non indigènes sur la pollinisation des plantes indigènes. On étudie insuffisamment ces conséquences pour comprendre quelles plantes ou quels pollinisateurs indigènes les espèces introduites peuvent toucher.

Comme nous l'avons mentionné plus haut, l'abeille mellifère (*A. mellifera*) est le pollinisateur non indigène le plus répandu en Amérique du Nord. On constate de plus en plus l'impact environnemental des abeilles mellifères, y compris les effets de leur concurrence avec les espèces indigènes, la transmission de maladies et leur rôle comme vecteurs de parasites (Paini, 2004; Thomson, 2016). Des gestionnaires humains déplacent des colonies d'abeilles mellifères, les complètent et les introduisent dans de nouveaux écosystèmes. Ces colonies peuvent atteindre une taille considérable et, contrairement aux abeilles indigènes solitaires, les abeilles mellifères peuvent être actives dans l'environnement pendant des saisons prolongées, en raison de leur eusocialité historique. En conséquence, les abeilles mellifères dominent souvent la communauté des pollinisateurs par leur abondance et leur activité. Par exemple, elles peuvent faire concurrence aux espèces indigènes pour l'accès aux ressources fourragères, de manière à réduire la densité de population des abeilles indigènes (Thomson, 2016). En outre, leur grand nombre rend les abeilles mellifères susceptibles de croiser des insectes indigènes, ce qui accroît le risque de transmission d'agents pathogènes si les ruches sont infectées par des maladies ou des parasites (Nanetti et coll., 2021). De plus, la présence de colonies d'abeilles mellifères, même de faible densité, peut perturber les réseaux de pollinisateurs de plantes dans les écosystèmes locaux. Avec le temps, la présence prolongée de colonies d'abeilles mellifères gérées commerciales peut également modifier la composition de la communauté florale au sein des écosystèmes (Valido et coll., 2019).

Les agriculteurs utilisent de plus en plus d'autres pollinisateurs gérés (mentionnés plus haut), dont les espèces *Bombus*, *Osmia lignaria* et *Megachile rotundata*, qu'ils déplacent parfois sur leurs terres. De telles introductions risquent de restructurer les communautés de pollinisateurs indigènes en modifiant l'environnement concurrentiel de même que la répartition et la fonction des aires d'alimentation, de manière à amplifier le saut et la propagation des maladies, comme on le verra plus en détail ci-après. Comme l'*A. mellifera*, la *B. terrestris* peut faire concurrence aux pollinisateurs indigènes et être un vecteur de maladies dans les écosystèmes où elle s'est implantée.

3.3 Pollution, pesticides et maladies

La pollution touche le sol, l'eau et l'air, ce qui nuit aux pollinisateurs. Elle a de nombreuses sources : pesticides, herbicides et engrais chimiques, mais aussi les polluants atmosphériques. On associe la pollution atmosphérique au déclin des pollinisateurs par des dépôts sur les plantes qu'ils butinent. Par exemple, dans la baie de San Francisco, aux États-Unis, des dépôts atmosphériques d'azote accrus provenant de véhicules ont engendré la prolifération de graminées non indigènes qui ont diminué les ressources pour un papillon pollinisateur menacé (Weiss, 1999). Cette constatation a entraîné un examen approfondi des listes de l'*US Endangered Species Act*, qui a révélé que la pollution atmosphérique par l'azote nuisait à 78 espèces inscrites (Hernández et coll., 2016). La pollution atmosphérique perturbe même les sillages de parfums floraux que suivent les pollinisateurs (McFrederick et coll., 2008).

Un grand nombre d'abeilles indigènes nichent dans le sol, où elles construisent et approvisionnent des cellules d'incubation pour leur couvain. L'activité industrielle peut entraîner une accumulation de métaux lourds dans le sol comme le fer, le cuivre, le zinc, le mercure et le plomb. Les résultats d'expériences montrent qu'une concentration toxique de métaux dans le sol peut entraver la reproduction des pollinisateurs (Moroń et coll., 2014). On a constaté que la diversité et l'abondance des abeilles sauvages diminuent à mesure qu'augmentent les concentrations de métaux lourds dans les sols, et ces effets peuvent se répercuter sur les services de pollinisation (Moroń et coll., 2012). Par exemple, les visites d'abeilles sur des tournesols qui poussent dans des sols contaminés par le plomb sont beaucoup plus brèves que leurs visites de tournesols faisant partie de groupes témoins (Sivakoff et Gardiner, 2017).

Appliqués sur les plantes et les sols, les pesticides ciblent les invertébrés et ont un effet direct sur les pollinisateurs. L'exposition aux pesticides a divers effets documentés sur les insectes pollinisateurs, dont une baisse de l'efficacité de recherche efficace de nourriture, des taux de visite et de livraison de pollen, et la perturbation des capacités de navigation (Köhler et Triebkorn, 2013; Stanley et coll., 2015). On a constaté un déclin des populations de pollinisateurs lié à l'utilisation accrue de pesticides (Walker et Wu, 2017). À l'échelle mondiale, l'utilisation de néonicotinoïdes, qui nuisent au système nerveux central des insectes et influent sur leurs déplacements, leur capacité à se nourrir, leur reproduction et leur réponse immunitaire, a bondi au cours des 20 dernières années (Martin-Culma et Arenas-Suárez, 2018; van der Sluijs et coll., 2013). Cette augmentation s'est accompagnée d'une forte diminution des populations d'abeilles, observée dans des systèmes disparates partout dans le monde (Lambe, 2018; Rundlöf et coll., 2015; Woodcock et coll., 2017). Une analyse de l'application de pesticides dans divers comtés de l'est des États-Unis depuis 1997 a révélé une létalité neuf fois plus élevée des pesticides, à partir de leurs ingrédients actifs, ce qui dépasse amplement l'augmentation réelle des volumes de pesticides durant la même période (Douglas et coll., 2020). On a établi que l'exposition aux pesticides était un facteur principal du déclin des espèces *Bombus affinis* et *Hylaeus* (Lambe, 2018). En Californie, on attribue aussi à l'utilisation

accrue de néonicotinoïdes le déclin des populations de papillons, les petites espèces étant les plus vulnérables (Forister et coll., 2016).

Bon nombre des pollinisateurs en Amérique du Nord, qu'ils soient indigènes ou introduits, sont exposés aux parasites et aux maladies. Les colonies gérées de *Bombus impatiens* et de *B. occidentalis* peuvent devenir très grandes et denses et deviennent alors sujettes aux maladies et à une accumulation de parasites (Sachman-Ruiz et coll., 2015). L'abeille découpeuse de la luzerne (*Megachile rotundata*) est sujette à l'ascosphérose, maladie fongique s'attaquant aux larves, ainsi qu'à l'usage excessif de pesticides (National Research Council, 2007). On utilise depuis longtemps les abeilles mellifères comme espèces gérées en agriculture, donc les maladies et parasites dont elles sont victimes sont l'objet d'études et de suivis depuis bien plus longtemps, comparativement aux abeilles indigènes. Les maladies touchant les abeilles sauvages sont néanmoins préoccupantes.

Comme nous l'avons mentionné plus haut, les abeilles mellifères et autres abeilles gérées peuvent transmettre des maladies aux abeilles sauvages (Graystock et coll., 2016). Les déplacements d'abeilles gérées par l'homme peuvent également introduire des maladies dans de nouvelles régions et de nouveaux écosystèmes. Le virus de « l'aile déformée » et d'autres maladies peuvent se transmettre de colonies d'abeilles mellifères gérées aux bourdons gérés. Les parasites *Nosema bombi* et *Crithidia bombi* sont particulièrement inquiétants, tout comme les acariens (Cameron et coll., 2011; Meeus et coll., 2011; Schweizer et coll., 2012). Les abeilles infectées par des parasites intestinaux (*Nosema*) sont plus vulnérables au parasite *Varroa destructor*, l'effet combiné de ces deux parasites accroissant le taux de mortalité des abeilles (Bahreini et Currie, 2015). Une analyse génétique de déclin des populations de bourdons a révélé des taux d'infection plus élevés par un agent pathogène microsporidien du tube digestif (*Nosema bombi*) et une baisse générale de la diversité génétique par rapport à celle des populations stables (Cameron et coll., 2011). Aux États-Unis, on a constaté que l'osmie cornue (*Osmia cornifrons*) est porteuse de champignons pathogènes qu'elle pourrait transmettre à des congénères indigènes (Hedtke et coll., 2015).

Au chapitre de la conservation des chauves-souris, un sujet préoccupe de plus en plus : le « syndrome du museau blanc », une maladie fongique émergente, attaque ces animaux dans leurs aires de repos. Depuis son apparition en tant que menace grave pour les chauves-souris d'Amérique du Nord, cette maladie s'est limitée aux régions plus humides de l'est du Canada et des États-Unis (Hammerson et coll., 2017). Toutefois, des cas de cette maladie détectés dans l'ouest font craindre sa propagation et une éventuelle infection des colonies de chauves-souris se nourrissant de nectar dans le Sud-ouest des États-Unis et au Mexique (Maher et coll., 2012).

3.4 Changements climatiques et incendies

Les changements climatiques agissent directement sur les pollinisateurs et en synergie avec d'autres facteurs de changement. La rareté des données à long terme limite nos connaissances de l'impact des changements climatiques sur les pollinisateurs (Dicks et coll., 2021). On sait toutefois que des changements des températures et des précipitations peuvent imposer un stress physiologique aux pollinisateurs et à leurs espèces fourragères. Il s'ensuit un changement d'aire de répartition à mesure qu'ils s'adaptent à l'évolution du climat ou des conditions climatiques favorables (Thuiller, 2004). Il semble que différents groupes taxonomiques modifient leur répartition à différents rythmes. Les changements climatiques peuvent aussi avoir des effets indirects sur la disponibilité et la phénologie des ressources florales, de même que sur la dynamique des parasites, des pathogènes, des prédateurs et des espèces concurrentes (Le Conte et Navajas, 2008; Potts et coll., 2010).

Des études ont signalé et projeté des modifications d'aire de répartition pour les papillons (Bedford et coll., 2012), les abeilles (Sirois-Delisle et Kerr, 2018) et les colibris (Buermann et coll., 2011), entre autres taxons. On prévoit que les changements climatiques modifieront les aires de répartition, entraîneront des expansions d'espèces vers le nord à partir des États-Unis et favoriseront l'établissement d'espèces non indigènes au Canada en provenance du monde entier (Kerr, 2001; Sirois-Delisle et Kerr, 2018; Walther et coll., 2009). Lorsque les pollinisateurs modifient leur répartition, ils peuvent ou non retrouver les mêmes espèces végétales, ou accuser un décalage phénologique avec les plantes à fleurs. Il se pourrait que les pollinisateurs généralistes interagissent avec d'autres espèces dans leurs nouvelles aires de répartition, mais les pollinisateurs spécialistes pourraient être physiquement séparés de leurs plantes partenaires. À l'échelle des écosystèmes, ces changements peuvent reconfigurer les réseaux d'interaction – les pollinisateurs interagiraient alors avec de nouvelles plantes (Dalsgaard et coll., 2013). Une telle reconfiguration serait susceptible de créer des gagnants et des perdants : certaines plantes se reproduiraient plus facilement, tandis que d'autres subiraient des effets néfastes.

La modification du régime des incendies est un autre facteur de changement. Si elles ne peuvent s'adapter aux incendies, les espèces végétales indigènes risquent de ne pas y survivre, ce qui donne lieu à un cycle d'« incendie-invasion » : les zones brûlées sont colonisées par des monocultures de végétation non indigène inflammable. Par exemple, le désert du Sonora, dans le nord du Mexique et le sud-ouest des États-Unis, est un pôle de diversité des abeilles sur le continent, avec ses espèces endémiques et ses cas d'adaptation uniques. Il est cependant en proie à une invasion croissante de graminées non indigènes en provenance d'Eurasie (McDonald et McPherson, 2013). Les plantes indigènes tolèrent mal aux incendies, mais l'apport continu de combustible que représentent les plantes envahissantes a introduit les incendies dans ce système. Les incendies détruisent les espèces fourragères indigènes des pollinisateurs, comme les cactus et les légumineuses, et favorisent la prolifération des graminées, ce qui réduit les ressources des pollinisateurs sur des superficies de plus en plus vastes. Dans un tel cycle, les zones brûlées forment des habitats peu propices aux pollinisateurs par leur manque de plantes fourragères indigènes, et où la diversité fonctionnelle est réduite et les incendies sont plus fréquents (Abatzoglou et Kolden, 2011; Fuentes-Ramirez et coll., 2016; Gray et coll., 2014).

3.5 Autres facteurs

L'interaction d'autres facteurs qui touchent les populations de pollinisateurs engendre des impacts additionnels. Des parcs éoliens et solaires voient le jour partout en Amérique du Nord. Ces installations de production d'énergie renouvelable occupent de vastes superficies et présentent un danger mortel pour certains pollinisateurs. Les collisions entre des oiseaux ou des chauves-souris et des éoliennes sont particulièrement inquiétantes (Drewitt et Langston, 2006; Lintott et coll., 2016; Marques et coll., 2014). Toutefois, les habitats qui se trouvent dans les parcs éoliens peuvent être bénéfiques pour les abeilles et d'autres pollinisateurs si les vastes zones de couvre-sol situées à la base des éoliennes comptent un grand nombre et une grande diversité de fleurs (Pustkowiak et coll., 2018). Les parcs solaires peuvent également comporter du couvre-sol qui offre un habitat de grande qualité aux pollinisateurs (Hernandez et coll., 2019). Or, les collisions avec des panneaux solaires ont entraîné la mort d'oiseaux et de chauves-souris, tout comme la chaleur excessive que produisent ces panneaux (Upton, 2014).

Tuer des pollinisateurs, les capturer ou les retirer de leur milieu sauvage a pour effet de diminuer leurs populations. Les humains tuent parfois intentionnellement les chauves-souris, qui sont

d'importants pollinisateurs au Mexique et dans le sud-ouest des États-Unis, parce que l'on pense à tort qu'elles sont porteuses de la rage ou d'autres zoonoses, ou les considèrent comme des animaux nuisibles (Arita et Santos-del-Prado, 1999; O'Shea et coll., 2016). Chaque année, on tue des milliers de colibris pour en faire des breloques d'amour vendues sur le marché noir (Ebersole, 2018).

Le déclin d'une espèce tient souvent à plusieurs facteurs. Par exemple, les abeilles sans aiguillon indigènes gérées pendant plusieurs générations pour la production de miel au Mexique subissent aujourd'hui les répercussions des changements climatiques et de la déforestation, mais aussi de la concurrence des abeilles mellifères et des maladies qu'elles transmettent : selon certaines études, le nombre de ruches d'abeilles sans aiguillon indigènes gérées a chuté de 90 % au cours des 40 dernières années (Organisation pour l'alimentation et l'agriculture, 2008). À certains endroits, les populations d'abeilles *Melipona* sans aiguillon ont considérablement diminué par suite des changements environnementaux et de la disparition de techniques de gestion traditionnelles (Villanueva-Gutiérrez et coll., 2005).

La destruction de leur habitat semble être le principal facteur des pertes de monarques, même si l'utilisation de pesticides et certains facteurs climatiques peuvent aussi être en cause (Thogmartin et coll., 2017). Des facteurs de déclin similaires pourraient être à l'œuvre au sein des populations de monarques de l'est et de l'ouest (Pelton et coll., 2019; Thogmartin et coll., 2017; US Fish and Wildlife Service, 2020). Le long parcours migratoire de ce papillon présente à la fois des occasions et des défis en matière de recherche et de conservation : la population de l'est hiverne au Mexique et se reproduit aux États-Unis et au Canada. Par conséquent, la perte d'habitats et de plantes nectarifères dans l'un ou l'autre de ces trois pays peut entraîner un déclin des populations; en fait, des déclins mesurés tiennent probablement aux changements environnementaux survenus d'un bout à l'autre du parcours migratoire de ce papillon (Inamine et coll., 2016). En revanche, toute mesure de restauration mise en œuvre le long du parcours migratoire et de reproduction pourrait être bénéfique pour d'autres espèces pollinisatrices.

Comme nous l'avons mentionné plus haut, les colonies d'*A. mellifera* affichent un déclin à l'échelle du continent. Plusieurs causes ont été mises de l'avant, et de récentes études ont mis en lumière de complexes interactions entre elles. Par exemple, l'exposition simultanée aux néonicotinoïdes et aux acariens parasites *Varroa destructor* réduit le taux de survie des abeilles mellifères au cours de l'hivernage (Straub et coll., 2019). Le syndrome d'effondrement des colonies s'est produit à un rythme accru à diverses périodes selon un mode classique de transmission par contagion, mais une combinaison de facteurs pourrait aussi être à l'origine de cette fluctuation (Nearman et van Engelsdorp 2019). L'intensification de l'agriculture et un accès réduit aux habitats naturels entraînent une perte de diversité des ressources florales et réduisent la valeur nutritionnelle des plantes fourragères des abeilles mellifères, ce qui les rend plus susceptibles aux parasites, aux maladies et aux pesticides (Klein et coll., 2017). Des protozoaires, les amibes et les acariens peuvent infecter les ruches, ce qui peut à la fois tuer directement les abeilles et affaiblir leur capacité à butiner et la santé des ruches (Bradbear, 1988). La production d'abeilles mellifères au Mexique souffre de la propagation de maladies et de parasites comme l'acarien *Varroa*, mais aussi des changements climatiques, qui provoquent des événements météorologiques imprévisibles, des changements dans la répartition des plantes fourragères essentielles et de la toxicité des pesticides. En Ontario, au Canada, les causes de mortalité des abeilles mellifères comprennent les éclosions de l'acarien *Varroa destructor*, les agents pathogènes fongiques du système digestif de l'espèce *Nosema*, et les bactéries *Paenibacillus larvae*; à ces facteurs s'ajoutent les fluctuations météorologiques et l'exposition aux pesticides (ministère ontarien de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales, 2018).

3.6 Résumé et déficit de connaissances

Les facteurs de changement ont un impact sur les pollinisateurs, tous taxons et types d'habitats confondus. Plusieurs dangers guettent les pollinisateurs : perte d'habitat, réduction des plantes fourragères, effets directs des pesticides, pollution, maladies et modification des régimes de concurrence. Des études distinctes ont documenté le déclin des pollinisateurs dans une grande variété de systèmes. Pourtant, nos connaissances sont encore très imparfaites. En raison de ressources limitées et de relations complexes entre compétences, les pollinisateurs ne reçoivent qu'une attention limitée, et seule une petite partie des habitats et des taxons de pollinisateurs ont été étudiés en Amérique du Nord. Comme les insectes sont particulièrement difficiles à identifier et à étudier, les renseignements de base manquent sur de nombreuses espèces; il est donc difficile de faire une détection quantitative du déclin des populations (National Research Council, 2007).

Les facteurs de changement peuvent agir en synergie entre eux (Brook et coll., 2008), ce qui a parfois des effets multiplicateurs ou non linéaires; en conséquence, les changements touchant de nombreuses populations de pollinisateurs demeurent incertains et difficiles à prédire. Pour résumer, les enjeux en matière de conservation communs aux trois pays sont : la perte et la dégradation des habitats, stimulées par l'expansion de l'agriculture et l'urbanisation; les pollinisateurs compétiteurs, prédateurs, maladies et parasites introduits; la contamination par les pesticides; le développement énergétique et les corridors de transport; et les changements climatiques (National Research Council, 2007).

3.7 Messages clés

- Un certain nombre de facteurs de changement sont à l'origine de déclin documentés de populations de pollinisateurs en Amérique du Nord, mais il reste encore bien des questions sans réponse et de nombreuses pistes de recherche et de surveillance. Les facteurs de changement comprennent la perte et la fragmentation des habitats; le changement d'affectation des terres; certaines pratiques agricoles; les espèces envahissantes; la pollution; les pesticides; les parasites et les maladies; les changements climatiques; les incendies et d'autres facteurs, ainsi que les interactions entre les multiples facteurs.
- La perte d'habitat attribuable au changement d'affectation des terres est le facteur de changement le plus répandu et le plus marquant touchant les pollinisateurs d'Amérique du Nord. Aux États-Unis, la perte ou de la dégradation de l'habitat a une incidence sur les abeilles non mellifères, les papillons, les chauves-souris et d'autres pollinisateurs gérés ou sauvages. Pour certaines espèces, tout porte à croire que la perte d'habitat a entraîné le déclin des populations. Pour les invertébrés d'Amérique du Nord inscrits sur la Liste rouge de l'UICN, la perte d'habitat généralisée représente la menace la plus souvent évoquée, suivie de la déforestation et des changements climatiques.
- La pollution, les pesticides et les parasites peuvent tous avoir un impact direct ou indirect sur les pollinisateurs, car ils influent sur la disponibilité des fleurs. Les espèces envahissantes peuvent avoir un impact sur les espèces indigènes en leur faisant concurrence pour les ressources, et en transmettant des maladies et des parasites.
- Les changements climatiques aussi semblent être un important facteur. Ils ont un impact direct sur les pollinisateurs et agissent aussi en synergie avec d'autres facteurs de changement. La modification des températures et des précipitations peut imposer un stress physiologique aux pollinisateurs et à leurs espèces fourragères.

- Cependant, il manque encore plusieurs pièces au casse-tête. En raison de ressources limitées et de relations complexes entre compétences, on n'a mené des études que dans une fraction des habitats, et seule une petite partie des habitats et des taxons de pollinisateurs ont été étudiés en Amérique du Nord. Comme les insectes sont particulièrement difficiles à identifier et à étudier, les renseignements de base manquent sur de nombreuses espèces; il est donc difficile de faire une détection quantitative du déclin des populations. Les changements se poursuivent, parfois en synergie, ce qui peut avoir des effets non linéaires ou multiplicateurs et rendre les conséquences difficiles à prédire.
- Les trois pays doivent relever des défis communs en matière de conservation : perte et dégradation des habitats causée par l'expansion de l'agriculture, l'urbanisation et les corridors énergétiques et de transport; pollinisateurs concurrents, prédateurs, maladies et parasites introduits; pollution et contamination par les pesticides; changements climatiques. C'est là l'occasion pour les trois pays de faire cause commune.

4 Pollinisateurs : services écosystémiques et dimensions humaines

Les pollinisateurs sont essentiels au bon fonctionnement des écosystèmes et aux services que ces écosystèmes offrent aux collectivités locales. Divers secteurs et diverses collectivités partout en Amérique du Nord tirent parti de la pollinisation. L'établissement de cadres et d'approches de conservation pour gérer les systèmes socioécologiques complexes exige l'adoption d'une vision globale qui reconnaît les divers aspects de ces systèmes de même que les dimensions humaines transversales et leur interaction avec ces systèmes. Les sciences sociales s'intègrent de plus en plus aux méthodes de conservation traditionnellement guidées par les sciences naturelles. Elles aident ainsi à surmonter les obstacles sociaux et institutionnels à la conservation. Les sciences sociales appliquées à la conservation sont un pont entre les théories, méthodes et analyses classiques des sciences sociales et les travaux appliqués. L'objectif est de comprendre la pertinence des phénomènes sociaux pour la conservation, par le biais des processus sociaux et des attributs individuels (Bennett et coll., 2017).

Les gouvernements du Canada, du Mexique et des États-Unis sont conscients des nombreux services écosystémiques et avantages socioécologiques qu'offrent les pollinisateurs aux collectivités locales en Amérique du Nord. Par l'intermédiaire du projet de la CCE intitulé « Intensification de la conservation des pollinisateurs à l'échelle continentale afin de procurer des avantages sur le plan local », voulaient aussi promouvoir la mobilisation des intervenants et mieux sensibiliser le public à ces avantages. Dans ce contexte, en décembre 2020, la CCE a organisé un atelier pour étudier les dimensions humaines de la conservation des pollinisateurs et les nombreuses façons dont les collectivités locales peuvent interagir avec les pollinisateurs et les écosystèmes qu'ils habitent.

Le présent chapitre examine l'importance des pollinisateurs en ce qui a trait aux services écosystémiques et aux avantages socioécologiques pour les collectivités. Il résume ensuite les principaux points abordés durant l'atelier d'introduction sur la façon dont les approches fondées sur les sciences sociales et les dimensions humaines peuvent aider la conservation des pollinisateurs.

4.1 Services écosystémiques

Les services écosystémiques sont les services qu'offrent les écosystèmes et qui procurent des avantages directs et mesurables aux humains (Daily, 1997; Mace et coll., 2012). Le programme

Évaluation des écosystèmes pour le millénaire (EM) a adopté un cadre composé de quatre catégories de services écosystémiques, chacune comprenant un ensemble de services distincts (EM, 2005) : services d'approvisionnement, services de régulation, services socioculturels et services de soutien.

En général, la pollinisation en tant que processus fait partie de la catégorie de services de régulation, puisqu'elle est essentielle au maintien de l'abondance et de la diversité des plantes qui contribuent à bien d'autres processus et services. Comme nous l'avons mentionné plus haut, les animaux pollinisent plus de 85 % des espèces végétales dans le monde, qui dépendent ou bénéficient des activités des pollinisateurs (Ollerton, 2017). Les pollinisateurs représentent une grande diversité de groupes fonctionnels selon la taille et la forme de leur corps et leur comportement. Ils forment ainsi des réseaux d'interactions complexes qui permettent de maximiser la diversité des caractéristiques des plantes et des animaux au sein d'un écosystème. À leur tour, les communautés écologiques diversifiées et interreliées procurent de nombreux avantages environnementaux aux collectivités locales. Les pollinisateurs permettent le transfert de gènes entre les plantes de manière à relier les populations et à faciliter ou à stimuler la reproduction. Les pollinisateurs offrent des services écosystémiques directs en pollinisant les cultures, les plantes récoltées de façon traditionnelle et les plantes non cultivées qui fournissent d'importantes ressources aux humains (Vanbergen et Insects Pollinator Initiative, 2013). À l'échelle mondiale, les animaux pollinisent le tiers des cultures commerciales (Organisation pour l'alimentation et l'agriculture, 2009).

Il est difficile de déterminer la valeur de la pollinisation comme service écosystémique; elle peut comprendre le calcul de la valeur marchande des cultures qui dépendent de la pollinisation, le coût de la location de pollinisateurs gérés à des fins commerciales, ou le coût du remplacement de la pollinisation en cas de disparition des pollinisateurs sauvages ou gérés d'un système (Allsopp et coll., 2008). Selon l'IPBES (2016), à l'échelle mondiale, les pollinisateurs fournissent des services écosystémiques dont la valeur oscille entre 235 et 577 milliard \$ US, et leur impact s'étend bien au-delà du secteur agricole. Les collectivités agricoles sont particulièrement dépendantes des activités et des fonctions des pollinisateurs.

La diversité des groupes fonctionnels de pollinisateurs est essentielle au maintien des services écosystémiques, à l'appui de diverses activités humaines et au soutien de l'activité économique des trois pays. Si les plus vastes terres cultivées en Amérique du Nord sont consacrées aux espèces pollinisées par le vent (maïs, blé, sorgho et autres céréales), l'agriculture qui dépend des pollinisateurs existe dans des collectivités à l'échelle du continent : grandes fermes industrielles ou constituées en société, fermes vivrières, agriculture biologique et de spécialité, jardinage amateur et plus encore. Parmi les récoltes d'importance pollinisées par les animaux, on trouve les vergers, le café, la culture de plantes à fleurs en rangées (luzerne, tomates, pommes de terre, tabac et coton), les cultures exigeant une main-d'œuvre intensive, ou les cultures de spécialité, comme les vignes, les tournesols, les fruits et les baies.

En 2015, les secteurs agricole et agroalimentaire ont contribué au PIB du Canada à hauteur de 49 milliards \$ CA, et ils sont un important moteur de l'économie de l'Ontario, du Québec, de l'Alberta et de la Saskatchewan (Statistique Canada, 2019). L'agriculture à grande échelle comprend les fermes d'élevage, la culture du blé et d'autres céréales, ainsi que d'oléagineux, qui ne dépendent pas directement des pollinisateurs (Everitt et coll., 1996). Néanmoins, les pollinisateurs sont essentiels pour les cultures occupant environ 13 % des terres cultivées au Canada, dont certaines servent à nourrir le bétail, qui compte lui-même pour près de la moitié de l'approvisionnement alimentaire du pays (Richards et Kevan, 2002). Au Canada, on trouve une grande diversité de cultures qui dépendent des pollinisateurs; elles sont concentrées dans le sud du pays, là où

l'ensoleillement est le plus important et les températures, les plus élevées. Le canola est la culture la plus précieuse au Canada; elle a contribué le plus au PIB en 2015, soit 4,6 milliards de dollars (Statistique Canada, 2019) et elle dépend des pollinisateurs (Alberta Biodiversity Monitoring Institute, 2018). Le Canada est premier producteur mondial de canola, et deuxième producteur de bleuets, culture qui compte elle aussi sur la pollinisation (Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2014).

Ainsi, les cultures pollinisées par les abeilles sont importantes pour l'économie canadienne (Richards et Kevan, 2002), et on évalue à quelque 2 milliards \$ CA la valeur de la pollinisation par les abeilles mellifères (Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2014). L'apiculture est d'ailleurs un important secteur de l'agriculture au Canada, tant pour la production de miel et d'autres produits de ruche. Elle offre de précieux services de pollinisation aux cultivateurs de fruits de vergers, de nombreuses baies, de légumes et de plantes fourragères, et pour la production de semences de canola hybride. On estime qu'en 2017, la contribution totale de la pollinisation par les abeilles mellifères à l'économie (grâce à la valeur ajoutée aux récoltes) était de 2,57 milliards de dollars, et s'élève à quelque 4 à 5,5 milliards de dollars par an si l'on y ajoute la production de semences de canola hybride (Agriculture et Agroalimentaire Canada 2019). Plus de 500 espèces d'abeilles indigènes assurent également la pollinisation au Canada, tout comme des pollinisateurs autres que les abeilles (Richards et Kevan, 2002). L'agriculture de spécialité ou d'agrément qui dépend des pollinisateurs est également importante, qu'elle soit pratiquée par de petites entreprises, dans des jardins ou sans but lucratif.

Selon le Department of Agriculture des États-Unis (2020), plus de 100 cultures aux États-Unis dépendent des pollinisateurs, et la production de ces cultures procure des revenus additionnels de 18 milliards de dollars. La valeur annuelle des ventes de produits et services provenant des abeilles mellifères atteint environ 700 millions de dollars US (US Department of Agriculture, 2020). Aux États-Unis, en 2009, la valeur des plantes agricoles pollinisées a atteint quelque 71,9 milliards de dollars (Calderone, 2012). Les abeilles mellifères gérées comptaient pour 17,1 milliards de ce montant, et d'autres insectes pollinisateurs gérés ou sauvages, pour le reste (Calderone, 2012). Cette valeur est plus élevée lorsqu'elle inclut la pleine contribution des pollinisateurs aux services et aux fonctions écosystémiques, notamment la santé et la productivité des pâturages libres, la rétention des sols et de l'eau et la séquestration du carbone. Les valeurs marchandes incluent tant les cultures qui dépendent directement des pollinisateurs, comme les fruits et les noix, que celles qui en dépendent indirectement et qui ne génèrent pas de produits dépendant des pollinisateurs, mais qui proviennent de semences produites par une pollinisation assistée par des animaux (p. ex., les légumes).

On cultive du canola dépendant des pollinisateurs dans le Midwest, le nord-ouest et le sud-est. Les pâturages libres représentent 31 % de la superficie des États-Unis (Havstad et coll., 2009), et l'industrie bovine a rapporté 391 milliards de dollars à l'économie américaine en 2021 (US Department of Agriculture, 2021b). La communauté de pollinisateurs est un élément crucial de la diversité des pâturages libres. Même si les graminées fourragères sont pollinisées par le vent, les pollinisateurs préservent la biodiversité des pâturages libres en favorisant la reproduction d'herbes non graminéennes qui retiennent le sol, maintiennent la faune et servent souvent d'espèces fourragères complémentaires (Gilbert et Vaughan, 2011).

Comme ailleurs sur le continent, on trouve au Mexique d'importants secteurs agricoles, mais aussi une grande diversité de cultures qui dépendent des animaux pollinisateurs : 236 des 316 cultures présentes au Mexique sont destinées à la consommation humaine, et les animaux pollinisent 85 % des cultures de fruits comestibles ou de semences (Ashworth et coll., 2009). Les avocats, les tomates

et le café sont pollinisés par des animaux et figurent parmi les dix principales exportations agricoles du pays (Rhoda et Burton, 2010). Les cultures pollinisées par des animaux offrent un rendement beaucoup plus élevé par volume et génèrent deux fois plus de revenus par acre que celles qui ne le sont pas (Ashworth et coll., 2009), de quoi rappeler l'importance de ces variétés agricoles pour les revenus et la subsistance des agriculteurs mexicains. Un intérêt croissant pour les pollinisateurs de ces cultures a mené à davantage de recherches, mais le déficit de connaissances persiste (p. ex., Castañeda-Vildózola et coll., 1999; Villegas et coll., 2000).

L'usage humain des plantes qui dépendent des pollinisateurs va bien au-delà des cultures commercialisées. Par exemple, 58 groupes autochtones qui parlent 291 langues vivent au Mexique, et des études ethnobotaniques ont recensé plus de 7 000 plantes indigènes utilisées par les humains (Casas et Parra, 2007). L'agriculture vivrière et les petites collectivités agricoles prédominent au Mexique, où la moitié de la population rurale travaille dans le secteur de l'agriculture, et où environ les trois quarts des fermes sont de petites exploitations (Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement, 2014). Bien que les revenus agricoles des petites exploitations aient diminué ces dernières décennies (Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement, 2014), l'agriculture demeure un important volet du tissu économique du Mexique rural, tout en renforçant la sécurité alimentaire.

Même si de nombreuses collectivités agricoles ont introduit et préservent des pollinisateurs gérés comme les abeilles mellifères, les pollinisateurs sauvages interagissent eux aussi avec les cultures (y compris avec les espèces végétales indigènes et non indigènes) et peuvent effectuer autant, sinon plus de transferts de pollen que les abeilles mellifères. Comme nous l'avons déjà mentionné, les pollinisateurs sauvages peuvent comprendre plusieurs taxons, comme les abeilles, les papillons et papillons nocturnes, les mouches, les colibris et les chauves-souris, et peuvent ainsi interagir avec divers types de cultures. Par exemple, les abeilles sauvages pollinisent certaines cultures essentielles comme les chilis (Landaverde-González et coll., 2017), la *Jatropha curcas* qui sert de biocarburant (Romero et Quezada-Euán, 2013) et diverses cultures de courges (Pinkus-Rendon et coll., 2005). L'activité des pollinisateurs sauvages est essentielle à la reproduction de nombreuses cultures et espèces de plantes indigènes, et la gestion de la pollinisation par les abeilles, les mouches et les papillons nocturnes sauvages est prometteuse pour l'agriculture. Par exemple, l'augmentation des populations d'abeilles sauvages a entraîné une augmentation mesurable du rendement des semences dans les champs de canola du Canada (Morandin et Winston, 2005), et la pollinisation par les abeilles sauvages a amélioré le rendement des cultures de fraises par rapport à celle par *A. mellifera* (MacInnis et Forrest, 2019). Ces constatations, ainsi que d'autres, similaires, ont stimulé les recherches sur les mécanismes pour accroître les populations d'abeilles sauvages et leur diversité au sein des systèmes agricoles partout au Canada (Brook et coll., 2008b; Moisan-DeSerres et coll., 2015; McKechnie et coll., 2017; Sheffield et coll., 2008).

Les pollinisateurs figurent dans les récits, l'art et les traditions autochtones des trois pays. Traditionnellement, les collectivités autochtones reconnaissent l'importance des pollinisateurs pour les plantes indigènes qui fournissent nourriture, médicaments, fibres et teintures. En outre, la migration des pollinisateurs tout comme leur émergence et leurs activités constituent d'importants événements saisonniers qui annoncent des changements de cycle annuels. Les pratiques agricoles des Autochtones dépendent d'espèces de pollinisateurs indigènes à la fois abondantes et diverses, ce qui souligne l'importance des pollinisateurs pour la diversité culturelle dans toute l'Amérique du Nord. Au Mexique, les Mayas pratiquaient une agriculture qui mélangeait les arbres et diverses cultures vivrières couvre-sol, de sorte qu'une région agricole donnée fournisse à la fois des produits alimentaires, des médicaments et des produits cérémoniaux (Nakao, 2017); les collectivités

autochtones d'aujourd'hui emploient des pratiques agricoles similaires. Les potagers familiaux sont d'ailleurs une source courante d'aliments supplémentaires au Mexique, pour les familles autochtones et non autochtones (Nakao, 2017). Comme nous l'avons déjà mentionné, depuis près de 2 000 ans, en remontant à l'époque des Mayas, les collectivités autochtones gèrent les abeilles *Melipona* sans aiguillon pour appuyer l'agriculture (Nakao, 2017). Les activités de conservation et de gestion des pollinisateurs peuvent tirer parti des connaissances écologiques traditionnelles, et la conservation des pollinisateurs est essentielle à la conservation du patrimoine culturel (Kennedy et Arghiris 2019; Wyllie de Echeverria et Thornton, 2019).

Une nouvelle tendance se dégage en Amérique du Nord : le développement de jardins communautaires pour pollinisateurs, la préservation des aires de fleurs sauvages et l'aménagement d'espaces publics avec des plantes à fleurs indigènes. Voilà qui contraste avec les pratiques antérieures, qui consistaient surtout à créer des pelouses parfaitement entretenues et à introduire des plantes de paysagement. Ce changement indique que les collectivités de tout le continent accordent plus de valeur aux pollinisateurs.

Il est important de comprendre comment les collectivités locales interagissent avec les pollinisateurs si l'on veut prendre des mesures pour conserver ces derniers. Ces collectivités peuvent influencer sur la disponibilité des ressources pour pollinisateurs à l'échelle de leur territoire; la connectivité des habitats pour pollinisateurs le long des parcours migratoires; la prévalence des menaces comme les pesticides; la concurrence avec les pollinisateurs gérés non indigènes; et l'exploitation directe des espèces de pollinisateurs, tout comme sur la probabilité d'efforts d'atténuation comme les activités de restauration d'habitats, l'adoption de techniques agricoles non conventionnelles et le retrait d'espèces non indigènes. Elles peuvent aussi imposer des pressions sociales et tenir les intervenants responsables lorsqu'ils n'appliquent pas les pratiques de gestion exemplaires.

4.2 Sciences sociales et dimensions humaines de la conservation — perspectives nord-américaines

On peut se servir des bases conceptuelles et théoriques des sciences sociales et les dimensions humaines pour promouvoir la conservation des pollinisateurs, éclairer les causes et la complexité des défis en matière de conservation, faciliter la mobilisation des intervenants, mieux comprendre les comportements en matière de conservation, et améliorer les processus de gestion et gouvernementaux (Hall et Martins, 2020). La conservation passe par la résolution des problèmes, donc la manière classique de réaliser la conservation consiste à élaborer une stratégie précise, puis à lier cette stratégie à des objectifs de conservation. Des compétences relatives aux dimensions humaines peuvent faciliter l'établissement de ces liens entre les facteurs sociaux et les résultats sur le plan biologique.

On peut considérer les « dimensions humaines » comme une combinaison de personnes, de processus et d'institutions, de leur incidence sur la façon dont la société mesure les succès et échecs, et de la façon dont elle s'y adapte. Différentes institutions peuvent juger différents résultats comme étant positifs. Les principes clés de l'inclusion des dimensions humaines dans les travaux de conservation comprennent la mobilisation de spécialistes en sciences sociales, l'établissement de relations avec les populations locales, la sensibilisation à des cultures différentes, la recherche d'influences et de facteurs moins évidents, un apprentissage continu et l'adaptation au changement.

En décembre 2020, des experts nord-américains dans ce domaine ont participé à une réunion virtuelle qui traitait de l'application des dimensions humaines à la conservation des pollinisateurs; la rencontre a donné lieu aux observations suivantes, basées sur leurs opinions.

La collaboration peut être complexe au sein d'un même pays, pour ne rien dire de celle entre plusieurs pays. Les variations observées au sein des pays et d'un pays à l'autre entrent donc en ligne de compte. On peut néanmoins définir des concepts généraux et abstraits qui seront pertinents une fois mis en pratique à l'échelle locale; ils feront alors le lien entre de grandes idées et leur mise en œuvre à l'échelle locale, quel que soit le pays concerné. Les sciences sociales n'offrent pas nécessairement de réponse définitive, mais elles permettent d'examiner les options et de relier les dimensions humaines aux résultats biologiques, de manière à nous aider à comprendre les problèmes et à trouver des pistes de solution.

Une compréhension du volet « humaines » doit inclure les perceptions, attitudes et comportements. Il faut tenir compte du rôle des particuliers, étant donné qu'un enjeu donné se manifestera différemment dans différents groupes sociaux. Il est important de consulter toutes les personnes, peu importe leur degré d'influence, pour aborder un enjeu particulier. Par exemple, les résidents ruraux influent parfois moins sur les politiques ou les ressources que les résidents urbains, mais peuvent avoir des connaissances sur la dynamique ou la diversité des pollinisateurs susceptibles d'informer la planification efficace de leur conservation. Les pratiques et les connaissances relatives à la terre sont un autre important volet : ce que font les gens, et les connaissances qu'ils acquièrent au fil des ans ou des générations en appliquant cette expérience. Par exemple, les personnes locales pourraient avoir des connaissances écologiques sur la façon dont certaines pratiques nuisent à l'environnement, ce qui pourrait informer la conservation des pollinisateurs.

Les processus comprennent des stratégies proactives et une mobilisation visant à promouvoir la constitution d'un capital social qui engendre un espace propice à l'expression de toutes les opinions, à la planification stratégique, à des activités préventives ou réactives, à la collaboration et à l'apprentissage. Les institutions, soit les règles et structures qui régissent les relations sociales, politiques et économiques, sont importantes pour influencer les comportements (et les comprendre), ainsi que pour comprendre et gérer la dynamique du pouvoir. Les institutions peuvent s'appuyer à la fois sur des règles formelles ou informelles. Les règles formelles comprennent les lois et les droits de propriété. Par exemple, le régime foncier indique quelles ressources peuvent être utilisées, pendant combien de temps et dans quelles conditions, et la façon dont les droits sont cédés. Les règles informelles comprennent les coutumes et les normes ou attentes culturelles. Elles peuvent être particulièrement importantes dans les collectivités rurales ou autochtones. Les règles formelles pèsent dans les décisions à savoir qui peut être exclu de l'accès aux ressources et qui participe à l'établissement des règles elles-mêmes. Les termes « titulaires de droits » (personnes et organisations qui possèdent le droit de prendre des décisions relativement à un objectif de conservation) ou « titulaires de responsabilités » sont préférables à « intervenants », car ils désignent plus exactement les personnes concernées par l'enjeu.

Les échelles et hiérarchies importent aussi. Les réseaux et relations doivent être établis dans une perspective à long terme pour être efficaces, et ils doivent durer plus longtemps que tout projet. Il peut être difficile d'établir et de préserver des réseaux et relations à long terme, en raison de la vaste superficie du continent et de la nature spatialement diffuse de la conservation des pollinisateurs à l'échelle de l'Amérique du Nord. Il peut aussi être difficile de convertir l'efficacité des relations locales à l'échelle continentale. Néanmoins, il existe déjà de nombreux groupes qui s'emploient à la conservation des pollinisateurs à qui on peut faire appel plutôt que de les supplanter (voir des exemples à l'Annexe 2), et la formation de coalitions entre acteurs établis

pourrait se révéler prometteuse. Une vision commune claire et précise est impérative pour que ces coalitions soient fructueuses; en effet, les efforts participatifs échouent s'ils ne répondent pas aux attentes. Il faut donc un espace-vision commun, soit des contraintes et limites à l'intérieur desquelles la visualisation, le remue-méninges et la génération d'idées fondamentales et mûries sont possibles. Une combinaison de coalitions à la fois novatrices et puissantes, et des progrès sur le plan social ou biologique pourraient bien être les plus importants ingrédients du succès.

L'intégration des dimensions humaines dans les activités de conservation peut compter sur des approches et des outils importants. Il sera essentiel à la fois de définir un public et une portée afin d'établir un objectif commun, et de trouver un cadre global convaincant (p. ex., les systèmes alimentaires et la sécurité alimentaire). Les futurs travaux devraient donc viser à définir des « vecteurs » (éléments ou thèmes communs ou constants qui transcendent les composantes, messages, événements et stratégies d'une campagne de conservation) qu'on pourra employer à l'échelle du continent pour promouvoir de façon cohérente et efficace la conservation des pollinisateurs. Il est également important, si l'on veut que les gens se sentent inclus, de définir les obstacles à la modification des perceptions du public, et de reconnaître et d'aborder, dans des messages particuliers, les multiples points de vue et besoins de différents intervenants. Par exemple, dans le cas de la conservation du monarque, on a cerné aussi bien les résultats sociaux attendus des projets que les techniques d'évaluation. Cette approche a permis à la fois d'élargir la conversation vers une analyse plus globale du problème et de préciser les questions de nature biologique.

Les intervenants (ou titulaires de droits) sont les personnes et organisations qui ont un intérêt dans l'issue d'une activité et participent à la conservation des pollinisateurs dans chaque pays. On verra l'enjeu différemment si l'on peut distinguer les acteurs qui sont engagés de ceux qui ne le sont pas. Les différences entre « pouvoir d'influence » (la capacité de persuader d'autres personnes d'agir), « pouvoir d'agir » (la capacité de faire) et « pouvoir partagé » (la capacité d'un groupe d'agir collectivement) sont à considérer pour déterminer qui participe ou non au dialogue et qui échange ou non des points de vue. Chaque pays compte de nombreux intervenants. Il sera difficile de les cartographier sur le plan trinational, et pour chaque intervention recommandée, il faudra cerner un nouvel ensemble d'acteurs et d'entités touchées. Il pourrait être utile de diviser un tel processus en étapes et selon le niveau auquel l'établissement de liens et des interventions sont nécessaires (p. ex., le partage d'information pourra suffire pour certains intervenants, tandis que pour d'autres, il faudra solliciter activement leur participation). Répétons-le : des vecteurs ainsi que des messages qui touchent toutes les cordes seront essentiels afin d'obtenir de bons résultats.

Au Canada, les intervenants comprennent des entités gouvernementales comme Agriculture et Agroalimentaire Canada, Environnement et Changement climatique Canada et Santé Canada, ainsi que d'autres organismes fédéraux et provinciaux responsables de la gestion de la faune et des espèces en péril; des intervenants publics comme les membres du secteur agricole, les Autochtones (agronomes, producteurs de miel commercial); des entités industrielles comme les producteurs de pesticides; le grand public. Les autres intervenants canadiens comprennent les représentants du milieu universitaire qui s'intéressent à la conservation des pollinisateurs, les gestionnaires de corridors énergétiques et de transport à l'échelle municipale et provinciale, et les sociétés d'État, mais aussi les gestionnaires privés des corridors énergétiques et de transport et de nombreuses organisations non gouvernementales, dont Pollinator Partnership Canada, l'Insectarium de Montréal et la Fédération canadienne de la faune, entre autres.

Au Mexique, les intervenants comprennent de nombreux petits producteurs de collectivités autochtones; des particuliers élevant des abeilles indigènes et des gouvernements locaux favorables

à la protection des pollinisateurs; à l'échelle fédérale, le *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural* (ministère de l'Agriculture) est l'organisme responsable de la stratégie nationale relative aux pollinisateurs, de concert avec le ministère de l'Environnement (Semarnat); les autres organismes sont le *Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria* (Senasica, Service national pour la sécurité sanitaire et la qualité des aliments), l'*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias* (INIFAP, Institut national de la foresterie, de l'agriculture et de la recherche sur le bétail) et le *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología* (Conacyt, Conseil national des sciences et technologies). Les autres intervenants comprennent les secteurs de l'agriculture et de la foresterie; les producteurs de miel; l'industrie des pesticides et des OGM; d'autres secteurs qui s'intéressent à la protection des pollinisateurs comme forme de philanthropie environnementale. Le milieu universitaire et les ONG spécialistes de la conservation et du développement durable sont autant d'intervenants importants au Mexique.

Aux États-Unis, les intervenants comprennent des organismes fédéraux comme le Fish and Wildlife Service, le Geological Survey et le Department of Agriculture des États-Unis; des organismes étatiques de gestion des ressources; plusieurs ONG, dont Pollinator Partnership et la Xerces Society; de nombreux établissements universitaires; la Monarch Joint Venture; la *North American Pollinator Protection Campaign* (Campagne nord-américaine de protection des pollinisateurs).

Il pourrait être utile de prendre en considération les principes transdisciplinaires pour combler le déficit de connaissances et faciliter le dialogue interdisciplinaire et intersectoriel. Une approche est « transdisciplinaire » lorsque les divers acteurs/intervenants collaborent pour résoudre un problème. Elle est axée sur le problème à résoudre, et les intervenants ne s'identifient pas à l'aide d'étiquettes – spécialistes des sciences sociales, écologistes, membres du secteur agricole, etc. On met plutôt ces étiquettes ou affiliations de côté pour mettre en commun les expertises, les expériences et leurs différents systèmes de connaissances afin de résoudre un problème. Il est important d'accepter son propre état d'esprit si l'on veut comprendre le point de vue de chacun. On pourra ainsi comprendre les causes profondes du conflit et les surmonter.

Le cadre du bien commun dont traite la littérature des sciences sociales pourrait servir de bon exemple pour la conservation des pollinisateurs en mettant l'accent sur la sécurité alimentaire, par exemple. Un des principaux avantages de ce cadre tient au fait qu'il coordonne le travail des divers intervenants au profit de la collectivité, plutôt que des intérêts individuels; il pourrait en outre fournir une vision qui inclut tous les intervenants. Un important corpus de littérature traite du bien commun, littérature qui porte sur les contextes pratiques. C'est là une vision potentiellement puissante qui pourrait rassembler des gens aux divers besoins et points de vue, les services qu'offrent les pollinisateurs étant compris et acceptés de tous, et qui rejoint leur droit à la sécurité alimentaire. La sécurité alimentaire est un droit humain fondamental qui est facile à comprendre (voir l'article 25 de la Déclaration universelle des droits de l'homme) et pourrait servir à recadrer le problème, d'un point de vue des politiques publiques, ce qui facilitera ensuite l'élaboration d'autres politiques et de solutions. Les sciences sociales peuvent retirer ce genre d'enjeux de la sphère privée pour le situer dans l'espace public et ainsi opérer un virage essentiel qui guidera des politiques publiques capables de servir le bien commun.

4.3 Résumé et déficit de connaissances

Les collectivités locales tirent parti des pollinisateurs, qui contribuent à tous les services écosystémiques par leur activité dans les communautés végétales qui sous-tendent la fonction écosystémique. Plus précisément, les pollinisateurs appuient l'agriculture, l'industrie récréative,

l'écotourisme ainsi que les plantes et communautés végétales importantes sur le plan culturel. En définitive, ils sont essentiels pour l'économie des collectivités locales et leur identité culturelle. Pourtant, les communautés de pollinisateurs fluctuent et la composition des espèces change, et on ne sait toujours pas quelle incidence ces changements auront sur les services écosystémiques. Si les services de pollinisation qu'offrent les espèces sont redondants, il se pourrait que des changements à la densité relative des espèces de pollinisateurs aient peu d'impact sur les communautés végétales et leurs fonctions. En revanche, là où les services de pollinisation ne sont pas redondants, la perte ou le déclin de certaines espèces pourrait profondément réduire l'efficacité de la pollinisation et la communauté végétale elle-même.

La CCE cherche à déterminer les besoins et les enjeux communs en matière de conservation que l'on peut gérer à l'échelle du continent. Le fait d'aborder la conservation des pollinisateurs davantage dans une perspective des sciences sociales pourrait mener à des solutions aux problèmes complexes, mais le manque de spécialistes des sciences sociales au sein d'organismes de conservation fait en sorte que les obstacles en matière de connaissances et de capacité persisteront.

4.4 Messages clés

- Les pollinisateurs sont essentiels au bon fonctionnement des écosystèmes et aux services que ces derniers offrent aux collectivités locales. L'élaboration de cadres et d'approches de conservation qui permettraient d'aborder des systèmes socioécologiques complexes passe par une perspective globale qui tient compte des divers aspects des systèmes écologiques, ainsi que des dimensions transversales que sont notre utilisation de ces systèmes et notre interaction avec ceux-ci.
- La pollinisation constitue un important service écosystémique, et les pollinisateurs contribuent énormément à l'agriculture des trois pays et à la sécurité alimentaire en général.
- La conservation ne repose pas uniquement sur les sciences naturelles. Nous devons admettre que les sciences sociales peuvent contribuer à son succès, en éclairant les causes et la complexité des défis de conservation, en facilitant la mobilisation des intervenants, en nous aidant à mieux comprendre les comportements en matière de conservation et en améliorant les processus de gestion et gouvernementaux.
- Les dimensions humaines sont une combinaison de personnes, de processus et d'institutions, de leur incidence sur la façon dont la société mesure les succès et échecs, et de la façon dont elle s'y adapte. Différentes institutions peuvent juger différents résultats comme étant positifs. Les principes clés de l'inclusion des dimensions humaines dans les travaux de conservation comprennent la mobilisation de spécialistes en sciences sociales, l'établissement de relations avec les populations locales, la sensibilisation à des cultures différentes, la recherche d'influences et de facteurs moins évidents, un apprentissage continu et l'adaptation au changement. La conservation passe par la résolution des problèmes, donc la manière classique de réaliser la conservation consiste à élaborer une stratégie précise, puis à lier cette stratégie à des objectifs de conservation. Des compétences relatives aux dimensions humaines peuvent faciliter l'établissement de ces liens entre les facteurs sociaux et les résultats sur le plan biologique.
- La collaboration peut être complexe au sein d'un même pays; elle l'est d'autant plus à l'échelle du continent. Il sera essentiel à la fois de définir un public et une portée afin d'établir un objectif commun, et de trouver un cadre global convaincant, par exemple les

systèmes alimentaires et la sécurité alimentaire. Les futurs travaux devraient donc viser à définir des vecteurs, c'est-à-dire des thèmes communs qui transcendent les composantes, messages, événements et stratégies d'une campagne de conservation, que nous pourrions employer à l'échelle du continent afin de promouvoir de façon cohérente et efficace la conservation des pollinisateurs. Il est également important d'aborder les points de vue et besoins de différents intervenants dans un message particulier afin de définir les obstacles à la modification des perceptions du public, si l'on veut que les gens se sentent inclus.

5 Conclusion et recommandations

L'état des pollinisateurs est préoccupant à l'échelle mondiale. Divers contextes, nationaux et internationaux, sont à l'origine de rapports et d'initiatives à cet effet. Compte tenu des conclusions du rapport de l'IPBES, des chercheurs ont formulé diverses recommandations politiques : mieux réglementer les pesticides et les cultures génétiquement modifiées; réduire la dépendance aux pollinisateurs gérés susceptibles de concurrencer les populations sauvages et de leur transmettre des maladies; intégrer davantage les principes écologiques dans les plantations agricoles afin d'améliorer la qualité de l'habitat des pollinisateurs dans les fermes; intégrer davantage les sciences sociales et humaines dans l'opérationnalisation de la conservation des pollinisateurs; répartir les refuges de pollinisateurs sur l'ensemble du territoire afin d'étendre et de stabiliser la fourniture de services écosystémiques; accroître les habitats de pollinisateurs en zones urbaines; intensifier les recherches sur les pollinisateurs et leur surveillance (Dicks et coll., 2016; Jia et coll., 2018; Vadrot et coll., 2018).

Les pollinisateurs offrent une occasion en or pour la conservation en Amérique du Nord, région où il est possible de mettre en œuvre des mesures constructives à pratiquement n'importe quelle échelle, dans pratiquement n'importe quelle région. Qu'il s'agisse de collaborations novatrices d'envergure continentale, de partenariats public-privé ou de projets résidentiels à petite échelle, les occasions d'aborder et de renverser les causes de déclin des pollinisateurs sont nombreuses et multidimensionnelles. Des stratégies pour lier ces mesures et secteurs pourraient du même coup aider les espèces de pollinisateurs menacées et exposer davantage de gens à la nature, de manière à préserver les fonctions essentielles des écosystèmes et à atténuer les futurs risques pour les systèmes alimentaires. La planification de la conservation des pollinisateurs doit être ample à l'échelle spatiale comme temporelle et doit englober divers habitats, écosystèmes et taxons de pollinisateurs. Il sera essentiel de coordonner la planification et les efforts entre pays ainsi que parmi et entre les pouvoirs, les organismes et les intervenants. La mission d'unir les intervenants autour de cette mission commune doit s'appuyer sur la coopération existante afin de garantir un avenir durable pour toutes les espèces de pollinisateurs comme pour les plantes, les personnes et la planète qui en dépendent. Les messages et le partage d'information sont également nécessaires pour appuyer la collaboration et prévenir toute confusion.

La conservation des pollinisateurs en Amérique du Nord nécessitera des mesures trinacionales auxquelles devront participer toutes sortes d'institutions, d'organisations et de personnes. Le présent chapitre porte sur les priorités établies pour la collaboration nord-américaine, fondées sur les sciences et pratiques biologiques nécessaires pour approfondir le savoir sur la diversité des pollinisateurs ainsi que leurs tendances et facteurs de changement. Il comprend aussi des recommandations en matière d'intégration accrue des dimensions humaines/sciences et pratiques sociales dans la conservation des pollinisateurs. Ces priorités et recommandations nécessitent un

financement, un flux de l'information et une orientation. Leur mise en œuvre nécessitera la participation et la collaboration d'un grand nombre d'acteurs et de secteurs, à l'échelle des trois pays.

5.1 Priorités pour la collaboration nord-américaine

Les travaux collaboratifs entrepris au cours du projet de la CCE (y compris la réunion des spécialistes à Oaxaca, au Mexique, en février 2020 et la réunion virtuelle des spécialistes de décembre 2020) et les chapitres précédents du présent rapport ont souligné divers déficits de connaissances qui tireraient parti d'une priorisation, ainsi que de nombreux domaines qui pourraient bénéficier grandement de mesures collaboratives ciblées à l'échelle de l'Amérique du Nord. Les mesures qui pourraient favoriser la collaboration régionale pour la conservation des pollinisateurs comprennent :

- **Prioriser la recherche et la surveillance**

Il est essentiel de recueillir des données de surveillance à long terme pour élaborer des programmes de conservation des pollinisateurs qui s'adaptent à l'évolution des populations par taxon, par région et par facteur de changement. La conservation des pollinisateurs en Amérique du Nord doit prioriser la recherche et la surveillance collaboratives. Les pays gagneraient à concevoir des programmes de surveillance continentaux fondés sur des **méthodes normalisées, des dépôts de données centralisés, et des mesures des moyens mis en œuvre**, afin de pouvoir établir des indices d'abondance de populations à partir de données de surveillance. Il faudrait pour cela financer la recherche et donner des orientations aux organismes afin qu'ils coordonnent avec leurs homologues des autres pays à des fins de surveillance trinationale. Les sujets de recherche sont très variés : **réaction des pollinisateurs aux espèces végétales non indigènes pour divers taxons et écosystèmes; décalage des aires de répartition des pollinisateurs en réaction aux changements climatiques; études physiologiques et phénologiques des réactions des pollinisateurs et plantes aux changements climatiques, et des effets probables sur les pollinisateurs et leurs interactions avec les plantes; maladies, parasites et modes de transmission entre espèces indigènes et espèces introduites; recherche de nouvelles méthodes d'échantillonnage efficaces, comme le métacodage à barres et les données ADN électroniques, pour combler le déficit de connaissances en histoire naturelle; collaboration avec les collectivités locales et autochtones; promotion de l'utilisation des données issues de la science participative dans la surveillance des pollinisateurs et plantes dans les trois pays.**

- **Renforcer les capacités scientifiques nécessaires pour intensifier les activités de surveillance sur de vastes régions**

Une expertise de haut niveau est souvent nécessaire pour identifier les pollinisateurs indigènes, particulièrement les insectes. Le nombre d'institutions existantes capables de traiter des échantillons ou d'identifier les pollinisateurs et documenter les occurrences demeurera sans doute un facteur restrictif. Les efforts de mobilisation à grande échelle en vue de recueillir des données pour surveiller l'état et les tendances des populations sur de vastes territoires risquent de se heurter à des capacités de traitement des données insuffisantes. Des approches innovatrices pourraient être requises afin d'aligner les gouvernements, ONG, musées et partenaires du milieu universitaire pour établir un bassin d'expertise technique et un réseau de collaborateurs capables d'identifier les pollinisateurs rapidement et à moindre coût.

- **Prioriser la protection et la restauration des habitats de pollinisateurs**

Que les habitats soient convertis en terres agricoles ou exploités d'une autre façon, modifiés par les changements climatiques ou dégradés par des espèces envahissantes, leur perte entraîne un déclin des populations de pollinisateurs. La collaboration est essentielle pour **protéger et restaurer les habitats de pollinisateurs**, notamment : **établir des cibles et des normes en matière de superficie; désigner les aires de protection et de restauration et les classer par ordre de priorité; prioriser l'utilisation de plantes indigènes; établir/promouvoir des pratiques de gestion exemplaires de conservation des pollinisateurs par divers secteurs et diverses industries; adopter des pratiques agricoles comme le travail du sol aux fins de conservation, les cultures de couverture, les clôtures vivantes, les haies et d'autres mécanismes de protection et de création d'habitats des pollinisateurs.**

- **Améliorer la recherche sur les pratiques agricoles et les effets des pesticides**

Il est nécessaire de recueillir de meilleures données qualitatives et quantitatives sur **l'impact des différentes pratiques agricoles** et sur **l'utilisation des pesticides existants et nouveaux**, ainsi que sur des solutions de rechange aux pesticides et des méthodes d'atténuation des pesticides qui répondent aux besoins des agriculteurs tout en étant moins nocives pour les pollinisateurs. Il faudrait élaborer des pratiques exemplaires d'utilisation des pesticides et d'**agriculture propice aux pollinisateurs**. Un suivi et la consignation de l'utilisation de pesticides (volume, concentration et taux d'application) devraient être formellement mis en place.

- **Étudier l'impact des pollinisateurs gérés**

Les activités de conservation des pollinisateurs comprennent une évaluation de l'impact qu'ont les abeilles mellifères gérées et d'autres espèces non indigènes sur les pollinisateurs indigènes. Les stratégies globales de conservation des pollinisateurs en Amérique du Nord doivent comprendre des mesures qui **améliorent les pratiques visant les abeilles gérées en milieux agricoles et ruraux, renforcent les populations et communautés d'abeilles indigènes dans tous les types d'habitats et toutes les régions, et protéger les refuges essentiels des abeilles indigènes et les centres de richesse et d'endémisme contre les changements que subit l'environnement**. Plus d'efforts sont requis pour suivre les déplacements et l'utilisation d'abeilles mellifères gérées et d'autres pollinisateurs gérés, afin de faciliter la gestion des risques et d'établir des pratiques exemplaires propres à chaque pays pour les pollinisateurs gérés de différentes espèces.

- **Étendre l'éducation et les pratiques de rechange**

En Amérique du Nord, la conservation des pollinisateurs doit prioriser la **communication de leur important rôle pour l'ensemble des services écosystémiques en général, et plus précisément pour la sécurité alimentaire, et l'élaboration et la mise en œuvre de programmes communautaires d'éducation sur les pollinisateurs et leur habitat**. La collaboration trilatérale doit en outre porter sur la promotion et l'expansion des programmes de science participative et de la sensibilisation des groupes communautaires locaux, y compris les groupes sous-représentés, et sur la promotion de l'élaboration de guides locaux et régionaux d'identification des pollinisateurs et des plantes qu'ils pollinisent.

- **Déterminer et élaborer des mesures incitatives et des ressources**

On doit étudier et possiblement mettre en place des mécanismes d'intervention pour promouvoir la conservation des pollinisateurs, par exemple : **inciter à la prise de mesures de conservation des pollinisateurs par les secteurs public et privé; financer les activités de sensibilisation des universités, jardins botaniques, organismes de conservation, entités faisant du transfert de connaissances et autres sources d'information relativement aux pollinisateurs; supprimer les**

obstacles (fiscaux et autres) aux activités de conservation des pollinisateurs; mettre en place des programmes de paiement pour services écosystémiques (programmes d'atténuation ou systèmes d'échange de marché écosystémique) axés sur le soutien aux pollinisateurs.

- **Soutenir la prise de décisions stratégiques**

Une meilleure compréhension des domaines où les efforts de conservation sont les plus urgents et où les déficits d'information sont les plus criants aidera la prise de décisions stratégiques. La localisation géospatiale des occurrences de pollinisateurs peut aider à définir des modèles géographiques à grande échelle et leurs changements dans le temps. De tels outils peuvent aussi appuyer les activités de surveillance coordonnées et promouvoir les pratiques de gestion des coordonnées et l'échange de données entre pays.

5.2 Recommandations sur l'application des dimensions humaines à la conservation des pollinisateurs

L'intégration intentionnelle des sciences sociales dans la conservation des pollinisateurs permet de lier directement la prise de décision aux facteurs sociaux de changement, aux structures sociales capables de mettre en œuvre des solutions, et aux comportements sociaux qui faciliteront ou entraveront les progrès effectifs. Ainsi, la conservation des pollinisateurs pourra mettre en valeur l'importance des dimensions humaines de la conservation comme outil de recherche des facteurs de changement moins évidents et d'adaptation au changement.

La présente section propose des recommandations issues d'échanges entre spécialistes des trois pays sur les dimensions humaines de la conservation des pollinisateurs dans le cadre du projet de la CCE, notamment de la rencontre virtuelle organisée en décembre 2020. Voici les recommandations globales des participants :

- **Intégrer les sciences sociales dans la conservation des pollinisateurs**

La première et principale recommandation touchant la dimension humaine concerne l'intégration des sciences sociales dès le début du processus de planification de conservation des pollinisateurs. **Les sciences sociales peuvent être indispensables au succès d'activités de conservation, car elles permettent de cerner les causes, les complexités et les répercussions sociales des enjeux de conservation, d'orienter la mobilisation des intervenants, d'aider à comprendre le comportement de ces derniers et de faciliter l'élaboration de solutions efficaces.** Les phénomènes et processus sociaux ainsi que les attributs individuels font tous partie des enjeux de conservation. La résolution des enjeux de conservation repose donc sur une compréhension théorique de ces éléments sociaux, que l'on pourra ensuite appliquer à des systèmes concrets.

- **Appliquer le principe du bien commun**

La deuxième recommandation propose d'étudier l'application du principe du bien commun, qui pourrait mener à des objectifs communs en matière de conservation des pollinisateurs et à une compréhension commune entre différentes cultures. Il s'agit de mettre en lumière ce qui est commun et bénéfique à tous les membres d'une collectivité. Ce principe peut offrir un concept fédérateur qui lie les intervenants aux avantages collectifs tirés des pollinisateurs et des services de pollinisation, et reconnaît le rôle fondamental des pollinisateurs dans la sécurité alimentaire. **Le principe du bien commun prôné par les sciences sociales peut être un « vecteur » fédérateur qui permet de mobiliser les intervenants pour la conservation des pollinisateurs, étant donné**

l'importance de ces derniers pour la sécurité alimentaire. À titre de bien collectif, la pollinisation n'appartient à personne et elle est essentielle pour les systèmes humains, nos collectivités et notre prospérité. Elle échappe ainsi à l'affectation traditionnelle de responsabilité de sa gestion, tout en étant d'une importance capitale, pertinente pour les droits de la personne et pour les objectifs globaux de conservation et de développement durable.

- **Cartographier les intervenants**

La troisième recommandation propose **de mener un rigoureux exercice de cartographie des intervenants afin de faciliter le réseautage, de partager des connaissances et d'élaborer des solutions réalistes pour la conservation des pollinisateurs.** Il est particulièrement difficile d'identifier les intervenants des diverses sphères sociales, économiques, politiques et institutionnelles dans le cadre de la conservation trinationale des pollinisateurs, ces derniers étant essentiels pour la sécurité alimentaire et les services écosystémiques qui touchent l'ensemble des collectivités et des écosystèmes sur tout le continent. Un programme officiel de cartographie des intervenants sera nécessaire afin d'étendre la conversation dans ces collectivités et écosystèmes, et pour trouver des solutions à la fois réalistes et efficaces. Compte tenu de la complexité d'une telle cartographie dans un seul pays, et du fait que les intervenants sont différents d'un pays à l'autre, on recommande d'entreprendre cet exercice à l'échelle nationale d'abord, ou à l'échelle régionale là où la conservation des pollinisateurs est prioritaire.

- **Évaluer l'efficacité**

La quatrième recommandation propose d'intégrer aux activités de conservation des pollinisateurs **une évaluation formelle de l'efficacité des stratégies qu'on décidera d'employer.** Il est important d'évaluer les résultats, cela permet une adaptation appropriée et l'assurance que les solutions correspondent aux enjeux. La conservation des pollinisateurs peut servir de « validation de principe » afin d'illustrer toute la valeur des approches socioécologiques intégrées pour résoudre des enjeux de conservation. Elle requiert néanmoins une évaluation de son efficacité.

5.3 Messages clés

- Les pollinisateurs offrent une occasion en or pour la conservation en Amérique du Nord, région où il est possible de mettre en œuvre des mesures constructives à pratiquement n'importe quelle échelle, dans pratiquement n'importe quelle région. Il faut planifier la conservation des pollinisateurs à une échelle spatiale et temporelle, en y intégrant divers habitats, écosystèmes et taxons de pollinisateurs. Il sera essentiel de coordonner la planification et les efforts entre pays ainsi que parmi et entre les pouvoirs, les organismes et les intervenants. Qu'il s'agisse de collaborations novatrices d'envergure continentale, de partenariats public-privé ou de projets résidentiels à petite échelle, les occasions d'aborder et de renverser les causes de déclin des pollinisateurs sont nombreuses et multidimensionnelles et représentent une occasion unique.
- La conservation des pollinisateurs en Amérique du Nord nécessitera des mesures trinacionales auxquelles doivent participer une grande diversité d'institutions, d'organisations et de personnes. Le présent document a cerné les priorités établies pour la collaboration nord-américaine, fondées sur les sciences et pratiques biologiques nécessaires pour approfondir le savoir sur la diversité des pollinisateurs ainsi que leurs tendances et facteurs de changement. Il fournit aussi des recommandations en matière d'intégration

- accrue des dimensions humaines/sciences et pratiques sociales dans la conservation des pollinisateurs. Ces priorités et recommandations nécessiteront un financement, un flux de l'information et une orientation. Leur mise en œuvre nécessitera la participation et la collaboration d'un grand nombre d'acteurs et de secteurs de la société, à l'échelle des trois pays.
- Les recommandations en matière d'une future collaboration à l'échelle de l'Amérique du Nord sont les suivantes : 1) prioriser la surveillance des pollinisateurs; 2) prioriser la conservation de leurs habitats; 3) étudier les pratiques agricoles et les effets des pesticides; 4) suivre et surveiller l'utilisation de pesticides; 5) étudier l'impact des pollinisateurs gérés; 6) surveiller le commerce et la vente de pollinisateurs gérés; 6) étendre l'éducation et les pratiques de rechange; 7) déterminer et élaborer des mesures incitatives et des ressources.
 - On recommande également ceci : 1) intégrer les sciences sociales dans la conservation des pollinisateurs; 2) appliquer le principe du bien commun; 3) cartographier les intervenants; 4) évaluer l'efficacité des mesures de conservation.

5.4 Conclusion

Dans le contexte nord-américain, nous en avons encore beaucoup à apprendre sur les pollinisateurs, l'évolution de leurs populations et les facteurs de changement, comme nous l'avons vu dans le présent document. Cependant, il ne fait aucun doute que les fondements écologiques, économiques et sociaux de la vie et de la société en Amérique du Nord dépendent de la pollinisation et d'autres services écosystémiques. Il est donc impératif d'assurer la conservation des pollinisateurs en Amérique du Nord, car il en va de la santé de notre environnement et du dynamisme de nos économies. Or, la conservation des pollinisateurs selon une approche continentale doit reposer sur la science, la gestion et l'élaboration de politiques et exigera une vision souple, globale et inspirée.

Les répartitions de nombreux pollinisateurs couvrent le territoire des trois pays; par conséquent, l'état de l'environnement et les activités humaines dans différents territoires et pays ont une incidence sur leurs populations. En outre, les pollinisateurs non indigènes et des pesticides qui sont utilisés en agriculture ne s'arrêtent pas aux frontières internationales. Une gestion et une conservation des pollinisateurs à grande échelle sont donc essentielles. Le partage de l'information, le suivi du commerce et des ventes, les données de base sur les pollinisateurs indigènes et non indigènes, et les enseignements tirés aident à combler les importants déficits de connaissances qui limitent la capacité de tout intervenant de prendre des décisions touchant la conservation des pollinisateurs aux grandes aires de répartition. Il est essentiel que les décideurs et les citoyens d'Amérique du Nord travaillent, collaborent et partagent leurs ressources et leurs capacités au-delà des frontières afin d'informer et de mettre en œuvre efficacement les mesures de conservation.

Le présent rapport a passé en revue l'état des connaissances sur la diversité des pollinisateurs, les tendances de leurs populations et les facteurs de changement en Amérique du Nord. Il a également résumé les échanges régionaux sur l'importance et la nécessité d'incorporer les sciences sociales et les dimensions humaines dans la conservation des pollinisateurs. Enfin, il a recommandé des façons d'aborder de façon collaborative la conservation des pollinisateurs en Amérique du Nord, en soulignant les mesures à prendre pour coordonner et améliorer la recherche sur les espèces de pollinisateurs et leur surveillance, ainsi que des façons de mieux intégrer les dimensions humaines dans les travaux de conservation des pollinisateurs.

Annexe 1 : Méthodes d'évaluation quantitative

Dans le cadre de leurs recherches pour préparer le présent rapport, des chercheurs de l'Université Northern Arizona ont réuni les documents publics existants traitant des pollinisateurs connus ou présumés, par pays, par habitat et par écorégion. Ils ont constitué une base de données sur les genres de pollinisateurs présumés et récupéré des relevés d'observation de ces genres depuis la page d'accueil du *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF, Système mondial d'information sur la biodiversité). À partir d'aperçus existants de la pollinisation en Amérique du Nord, ils ont dressé une liste de genres qui comprend des données provenant de Discover Life, de la *Biosystematic Database of World Diptera*, du site BugGuide.net et de sources publiées. Dans certains cas, les genres peuvent inclure des espèces qui butinent ou non les fleurs – souvent, on n'en a pas la certitude (les habitudes alimentaires détaillées de bon nombre d'espèces d'invertébrés sont méconnues). Ils ont toutefois inclus ces genres en vue d'évaluer les régions et les habitats avec une grande diversité de pollinisateurs afin de planifier leur conservation; en effet, une surestimation de cette diversité représente une approche plus conservatrice qui a de meilleures chances de donner des résultats positifs en matière de conservation qu'une sous-estimation.

Les chercheurs ont établi un code pour extraire les relevés d'occurrence du GBIF (un dépôt international de données sur l'occurrence des espèces) en utilisant la version R 3.6.2 (R Core Development Team, 2016). Le GBIF regroupe l'information provenant de diverses sources, notamment de spécimens muséaux et de photographies géocalisées issues de projets de science participative, en plus de conserver un billion d'observations d'espèces. Compte tenu de la couverture et du nombre d'observations, la base de données du GBIF est une ressource idéale où puiser de l'information sur les espèces peu étudiées qui sont peu mentionnées dans la littérature publiée, voire pas du tout. À l'aide du paquet « *rgbif* » (Chamberlain et coll., 2022), ils ont interrogé la base de données du GBIF et éliminé les points de données inexacts sur le plan spatial, en suivant un protocole normalisé de nettoyage des données (paquet R = « *CoordinateCleaner* ») (Yesson et coll., 2007).

Pour déterminer la rareté des espèces, ils ont extrait des données sur la répartition spatiale, le nombre d'observations, la période d'observation et les espèces faisant partie d'un genre donné (c.-à-d., comme mesure de la diversité taxonomique). On ne doit pas interpréter le nombre d'observations et leur fréquence comme une mesure directe de l'abondance des espèces, puisque ces données confondent abondance et observabilité, compte tenu du manque de données relatives aux études menées (c.-à-d. la tendance des principaux taxons à être présents près des populations humaines, visibilité, taille, etc.). En revanche, de faibles taux d'occurrence indiquent des espèces pour lesquelles des études plus approfondies sur leur état écologique sont justifiées. Les chercheurs ont également géoréférencé des points de données afin d'extraire l'information sur le type d'écorégion et type d'habitat à partir des couches de données « Régions écologiques de l'Amérique du Nord - Niveau I » et du Système nord-américain de surveillance des changements dans la couverture terrestre, 30 m (Landsat). Ces données de géocalisation ont permis d'examiner la répartition relative d'occurrences de pollinisateurs de manière à désigner les écorégions et habitats à la diversité de pollinisateurs particulièrement élevée.

Le même codage a été utilisé pour les pollinisateurs vertébrés, mais la liste complète des pollinisateurs connus se nourrissant de nectar en Amérique du Nord a été empruntée à Aslan et collaborateurs (2013) et téléchargée dans le système d'interrogation du GBIF relatif aux espèces. La base de données comptait 228 vertébrés : ictéridés, picidés, tanganas, colibris et chauves-souris se nourrissant de nectar. Comme dans le cas des invertébrés, les chercheurs ont utilisé le code

d'interrogation afin d'extraire le nombre d'observations et leur fréquence, la répartition spatiale, la période d'observation, l'écorégion et le type d'habitat pour la liste complète des vertébrés.

De plus, ils ont utilisé la version 3 de la Liste rouge de l'UICN pour extraire l'état de conservation de tous les vertébrés figurant dans la base de données. Cette liste s'appuie sur le consensus d'experts pour évaluer les espèces dans le monde entier et leur attribuer une catégorie de menace : Éteint, Éteint à l'état sauvage, En danger critique, En danger, Vulnérable, Quasi menacé, Préoccupation mineure et Données insuffisantes. Les évaluations quantifient l'ampleur du déclin de population ou du rétrécissement des aires de répartition que l'on a observée pour une espèce donnée, ou qu'on juge probable compte tenu des menaces pesant actuellement sur cette espèce.

Ils ont dressé la liste des espèces dont l'état de conservation est préoccupant dans les trois pays afin d'examiner leurs habitats et écorégions, et ainsi permettre une discussion sur les facteurs de changement pertinents dans ces sites. La Liste rouge de l'UICN a généré une liste initiale de 11 pollinisateurs vertébrés dont l'état de conservation est préoccupant en Amérique du Nord. Bien que cette liste soit beaucoup moins complète pour les invertébrés que pour les vertébrés, les chercheurs ont aussi extrait depuis la page Web de la Liste rouge l'état de conservation de tous les invertébrés établi par l'UICN pour les trois pays. Seuls 70 relevés sont ressortis, soit 40 *Coleoptera*, 19 *Hymenoptera* et 11 *Lepidoptera*. Vingt-cinq de ces invertébrés (35,7 %) affichaient l'état « quasi menacé » ou pire sur la Liste rouge.

La Liste rouge de l'UICN a une portée internationale et comprend des données fournies par des milliers de scientifiques; on peut donc la considérer comme la référence la plus fiable quant à l'état de toutes les espèces qui y sont répertoriées. Or, comme cette liste comprend un nombre si faible d'invertébrés, les chercheurs ont aussi examiné les évaluations de conservation nationales et étatiques/provinciales pour trouver d'autres espèces de pollinisateurs dont l'état de conservation est préoccupant. À l'échelle nationale, ces évaluations comprenaient les listes établies par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC), l'*US Endangered Species Act* et la norme officielle mexicaine NOM-059-SEMARNAT-2010 (*Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres*). À l'échelle étatique ou provinciale, ces évaluations comprenaient les listes établies par les provinces canadiennes (obtenues sur le site Web de chaque gouvernement provincial) et les États américains (obtenues sur le site Web de chaque gouvernement d'État, ainsi que dans les *State Wildlife Action Plans* (plans d'action étatiques visant la faune) si les sites Web en faisaient mention dans leurs listes), et l'*Estrategias Estatales de Biodiversidad* du Mexique (<https://www.biodiversidad.gob.mx/région/EEB/estrategias.html>).

Après avoir établi une liste des espèces dont l'état de conservation est préoccupant à partir des données internationales, nationales et étatiques/provinciales, les chercheurs ont appliqué le code d'interrogation du GBIF à chaque espèce afin d'obtenir le nombre d'observations et leur fréquence, la répartition spatiale, la période d'observation, l'écorégion et le type d'habitat. Ils ont ensuite saisi toute cette information dans la base de données afin de résumer l'occurrence d'espèces menacées sur le plan spatial et taxonomique.

Ensemble, ces méthodes ont généré le nombre de relevés par taxon par région géographique, de manière à permettre aux chercheurs d'examiner la diversité connue de pollinisateurs et leur occurrence selon leur état de conservation à l'échelle de la région trinationale. Les codes d'interrogation ont permis aux chercheurs de cerner les écorégions et les types d'habitats qui affichent une diversité d'espèces particulièrement élevée et contiennent des concentrations particulièrement élevées d'espèces menacées. Elles permettent d'examiner la période durant laquelle les divers taxons ont été relevés, de manière à déterminer ceux dont les observations ont

État des connaissances sur la conservation des pollinisateurs en Amérique du Nord : Priorités communes à l'échelle continentale

diminué avec le temps. Ces méthodes donnent un aperçu quantitatif de l'occurrence des pollinisateurs à partir d'un vaste ensemble de données composé de relevés fiables. Ces derniers sont constitués selon un rigoureux contrôle de la qualité et comprennent des taxons rares ou absents de la littérature révisée par des pairs. Combinée à un survol de la littérature sur les tendances relatives aux pollinisateurs, cette approche donne un aperçu de l'état des pollinisateurs en Amérique du Nord et sert de tremplin à une discussion sur l'incidence de l'actuel déclin des populations de pollinisateurs sur les services écosystémiques, la biodiversité, les valeurs socioculturelles et l'agriculture.

Annexe 2 : Relevés du GBIF précisant les ordres d'insectes pollinisateurs présumés en Amérique du Nord

Tableau 2. Relevés du GBIF précisant les ordres d'insectes pollinisateurs présumés d'Amérique du Nord

<i>Coleoptera</i>	Nbre de genres	<i>Diptera</i>	Nbre de genres	<i>Hemiptera</i>	Nbre de genres	<i>Hymenoptera</i>	Nbre de genres	<i>Lepidoptera</i>	Nbre de genres
<i>Anthicidae</i>	2	<i>Acroceridae</i>	6	<i>Coreidae</i>	1	<i>Andrenidae</i>	13	<i>Crambidae</i>	204
<i>Bruchidae</i>	4	<i>Agromyzidae</i>	22	<i>Lygaeidae</i>	3	<i>Apidae</i>	70	<i>Erebidae</i>	2
<i>Buprestidae</i>	3	<i>Anthomyiidae</i>	30	<i>Miridae</i>	1	<i>Colletidae</i>	8	<i>Gelechiidae</i>	74
<i>Cantharidae</i>	3	<i>Apioceridae</i>	1	<i>Pentatomidae</i>	1	<i>Halictidae</i>	28	<i>Geometridae</i>	237
<i>Carabidae</i>	1	<i>Asilidae</i>	104	<i>Reduviidae</i>	3	<i>Megachilidae</i>	26	<i>Hesperiidae</i>	101
<i>Cerambycidae</i>	16	<i>Bibionidae</i>	1	<i>Rhopalidae</i>	1	<i>Melittidae</i>	3	<i>Lycaenidae</i>	42
<i>Chrysomelidae</i>	4	<i>Bombyliidae</i>	49	<i>Scutelleridae</i>	1	<i>Vespidae</i>	14	<i>Noctuidae</i>	360
<i>Cleridae</i>	1	<i>Calliphoridae</i>	19					<i>Nymphalidae</i>	61
<i>Coccinellidae</i>	4	<i>Carnidae</i>	3					<i>Papilionidae</i>	17
<i>Cucujidae</i>	2	<i>Cecidomyiidae</i>	2					<i>Papilionoidea</i>	1
<i>Curculionidae</i>	6	<i>Ceratopogonidae</i>	3					<i>Pieridae</i>	12
<i>Dasytidae</i>	1	<i>Chironomidae</i>	136					<i>Prodoxidae</i>	6
<i>Dermestidae</i>	2	<i>Chloropidae</i>	56					<i>Pterophoridae</i>	27
<i>Elateridae</i>	1	<i>Culicidae</i>	1					<i>Riodinidae</i>	6
<i>Lycidae</i>	1	<i>Dolichopodidae</i>	52					<i>Sphingidae</i>	45
<i>Meloidae</i>	3	<i>Empididae</i>	25					<i>Zygaenidae</i>	12
<i>Melyridae</i>	2	<i>Ephydriidae</i>	58						
<i>Mordellidae</i>	3	<i>Heleomyzidae</i>	21						
<i>Nitidulidae</i>	35	<i>Hybotidae</i>	26						
<i>Oedmeridae</i>	1	<i>Lauxaniidae</i>	22						

État des connaissances sur la conservation des pollinisateurs en Amérique du Nord : Priorités communes à l'échelle continentale

<i>Coleoptera</i>	Nbre de genres	<i>Diptera</i>	Nbre de genres	<i>Hemiptera</i>	Nbre de genres	<i>Hymenoptera</i>	Nbre de genres	<i>Lepidoptera</i>	Nbre de genres
<i>Phalacridae</i>	1	<i>Lonchopteridae</i>	1						
<i>Rhizophagidae</i>	1	<i>Muscidae</i>	47						
<i>Scarabaeidae</i>	6	<i>Mycetophilidae</i>	1						
<i>Scraphiidae</i>	1	<i>Nemestrinidae</i>	3						
<i>Staphylinidae</i>	2	<i>Opomyzidae</i>	3						
		<i>Phoridae</i>	32						
		<i>Psychodidae</i>	1						
		<i>Rhagionidae</i>	7						
		<i>Rhinophoridae</i>	3						
		<i>Sarcophagidae</i>	50						
		<i>Scathophagidae</i>	31						
		<i>Scatopsidae</i>	17						
		<i>Sciaridae</i>	35						
		<i>Sciomyzidae</i>	21						
		<i>Sepsidae</i>	7						
		<i>Sphaeroceridae</i>	40						
		<i>Sphecidae</i>	10						
		<i>Syrphidae</i>	65						
		<i>Tabanidae</i>	32						
		<i>Tachinidae</i>	225						
		<i>Tephritidae</i>	48						
		<i>Therevidae</i>	23						
		<i>Tipulidae</i>	14						
Total Coleoptera	106	Total Diptera	1353	Total Hemiptera	11	Total Hymenoptera	162	Total Lepidoptera	1207

Source : University of Northern Arizona Landscape Conservation Initiative, 2021

Bibliographie

- Abatzoglou, J.T. et C.A. Kolden (2011). Climate change in western US deserts: Potential for increased wildfire and invasive annual grasses. *Rangeland Ecology & Management*, 64(5), p. 471 à 478.
- Agence canadienne d'inspection des aliments (2013a). *Guide à l'intention des producteurs d'abeilles découpeuses de la luzerne pour la norme nationale de biosécurité à la ferme pour l'industrie apicole*. Consulté en ligne : <https://inspection.canada.ca/sante-des-animaux/animaux-terrestres/biosecurite/normes-et-principes/abeilles-decoupeuses-de-la-luzerne/fra/1379967333142/1380030729469?chap=0>.
- Agence canadienne d'inspection des aliments (2013b). *Guide du producteur inspecteur des bourdons – Norme nationale de biosécurité à la ferme pour l'industrie apicole*. Consulté en ligne : <https://inspection.canada.ca/sante-des-animaux/animaux-terrestres/biosecurite/normes-et-principes/guide-du-producteur-inspecteur-des-bourdons/fra/1378396751545/1378397236948?chap=0>.
- Agriculture et Agroalimentaire Canada (2014). *Les insectes pollinisateurs indigènes et l'agriculture au Canada*, Ottawa (Ont.), Agriculture et Agroalimentaire Canada. Accessible en ligne : https://publications.gc.ca/collections/collection_2014/aac-aafc/A59-12-2014-fra.pdf.
- Agriculture et Agroalimentaire Canada (2019). Aperçu statistique de l'industrie apicole canadienne, 2019. https://agriculture.canada.ca/sites/default/files/legacy/pack/pdf/honey_miel_2019-fra.pdf, consulté le 29 juin 2021.
- Aguirre, A. et R. Dirzo (2008). Effects of fragmentation on pollinator abundance and fruit set of an abundant understory palm in a Mexican tropical forest. *Biological Conservation*, 141, p. 375 à 384.
- Alberta Biodiversity Monitoring Institute (2018). *Ecosystem services assessment project: Pollination services report*, Edmonton (Alberta), Alberta Biodiversity Monitoring Institute. Accessible en ligne : <https://ecosystemservices.abmi.ca/resource/assessing-the-value-of-pollination/>.
- Allsopp, M.H., W.J. de Lange et R. Veldtman (2008). Valuing insect pollination services with cost of replacement. *PloS One*, 3(9), p. 3128. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003128>.
- Arita, H.T. et K. Santos-del-Prado. 1999. Conservation biology of nectar-feeding bats in Mexico. *Journal of Mammalogy*, 80(1), p. 31 à 41. <https://doi.org/10.2307/1383205>.
- Ashworth, L., M. Quesada, A. Casas, R. Aguilar et K. Oyama (2009). Pollinator-dependent food production in Mexico. *Biological Conservation*, 142(5), p. 1050 à 1057. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.01.016>.
- Aslan, C.E., E.S. Zavaleta, B. Tershy et D. Croll (2013). Mutualism disruption threatens global plant biodiversity: A systematic review. *PLoS ONE*, 8(6), e66993. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0066993>.
- Bahreini, R. et R.W. Currie (2015). The influence of *Nosema* (*Microspora: Nosematidae*) infection on honey bee (*Hymenoptera: Apidae*) defense against *Varroa destructor* (*Mesostigmata: varroidae*). *Journal of Invertebrate Pathology*, 132, p. 57 à 65. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2015.07.019>.

-
- Baxter-Gilbert, J.H., J.L. Riley, C.J.H. Neufeld, J.D. Litzgus et D. Lesbarrères (2015). Road mortality potentially responsible for billions of pollinating insect deaths annually. *Journal of Insect Conservation*, 19, p. 1029 à 1035. <https://doi.org/10.1007/s10841-015-9808-z>.
- Bedford, F.E., R.J. Whittaker et J.T. Kerr (2012). Systemic range shift lags among a pollinator species assemblage following rapid climate change. *Botany*, 90(7), p. 587 à 597. <http://dx.doi.org.proxy.ubishops.ca:2048/10.1139/B2012-052>.
- Bennett, N. J., R. Roth, S. C. Klain, K. Chan, P. Christie, D. A. Clark, G. Cullman, D. Curran, T. J. Durbin, G. Epstein, A. Greenberg, M. P. Nelson, J. Sandlos, R. Stedman, T. L. Teel, R. Thomas, D. Verissimo et C. Wyborn (2017). Conservation social science : Understanding et integrating human dimensions to improve conservation. *Biological Conservation*, 205, p. 93 à 108.
- Bradbear, N. (1988). World distribution of major honeybee diseases and pests. *Bee World*, 69(1), p. 15 à 39. DOI : 10.1080/0005772X.1988.11098943.
- Breed, G.A., S. Stichter et E.E. Crone (2013). Climate-driven changes in northeastern US butterfly communities. *Nature Climate Change*, 3, p. 142 à 145. <https://doi.org/10.1038/nclimate1663>.
- Brook, B.W., N.S. Sodhi et C.J.A. Bradshaw (2008). Synergies among extinction drivers under global change. *Trends in Ecology & Evolution*, 23(8), p. 453 à 460. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.03.011>.
- Buchmann, S.L. et G.P. Nabhan (2012). *The Forgotten Pollinators*, Washington, D. C., Islet Press.
- Buermann, W., J.A. Chaves, R. Dudley, J.A. McGuire, T.B. Smith et D.L. Altshuler (2011). Projected changes in elevational distribution and flight performance of montane Neotropical hummingbirds in response to climate change. *Global Change Biology*, 17(4), p. 1671 à 1680. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02330.x>.
- Burkle, L.A., J.C. Marlin et T.M. Knight (2013). Plant-pollinator interactions over 120 years: Loss of species, co-occurrence, and function. *Science*, 339(6127), p. 1611 à 1615. DOI : 10.1126/science.1232728.
- Calderone, N.W. (2012). Insect pollinated crops, insect pollinators and US agriculture: Trend analysis of aggregate data for the period 1992–2009. *PLoS ONE*, 7(5), e37235. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0037235>.
- Cameron, S.A., J.D. Lozier, J.P. Strange, J.B. Koch, N. Cordes, L.F. Solter et T.L. Griswold (2011). Patterns of widespread decline in North American bumble bees. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(2), p. 662 à 667. <https://doi.org/10.1073/pnas.1014743108>.
- Cane, J.H., R.L. Minckley, L.J. Kervin, T.H. Roulston et N.M. Williams (2006). Complex responses within a desert bee guild (*Hymenoptera: Apiformes*) to urban habitat fragmentation. *Ecological Applications*, 16(2), p. 632 à 644. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2006\)016\[0632:CRWADB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2006)016[0632:CRWADB]2.0.CO;2).
- Casas, A. et F. Parra (2007). Agrobiodiversidad, parientes silvestres y cultura. *LEISA Revista de Agroecología*, 23(2), p. 5 à 8. <https://www.leisa-al.org/web/index.php/volumen-23-numero-2/1799-agrobiodiversidad-parientes-silvestres-y-cultura>.
- Castañeda-Vildózola, A., A. Equihua-Martínez,, J. Valdés-Carrasco, A.F. Barrientos-Priego, G. Ish-Am et S. Gazit. 1999. Insectos polinizadores del aguacatero en los estados de México y Michoacán. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5: 129–136. Accessible en ligne : http://avocadosource.com/WAC4/WAC4_p129.pdf.

- CCE (1997). *Les régions écologiques de l'Amérique du Nord : Vers une perspective commune*. Montréal (Québec), Commission de coopération environnementale. Accessible en ligne : <http://www.cec.org/files/documents/publications/1701-ecological-regions-north-america-toward-common-perspective-fr.pdf>.
- CCE (2015). Couverture terrestre, 2015 (Landsat et RapidEye, 30 m). Accessible en ligne : <http://www.cec.org/fr/atlas-environnemental-de-lamerique-du-nord/couverture-terrestre-2015-landsat-et-rapideye-30m/>.
- CCE (2023). *Plan stratégique pour 2021 à 2025 : Reconduction de notre engagement trilatéral et mise en œuvre du nouvel accord commercial et de son accord parallèle*, l'Accord de coopération environnementale. Montréal (Québec), Commission de coopération environnementale. En ligne : http://www.cec.org/files/documents/plans_strategiques/cce-plan-strategique-2021-2025.pdf, consulté le 4 mai 2023.
- Chamberlain S., V. Barve, D. Mcglinn, D. Oldoni, P. Desmet, L. Geffert, K. Ram (2022). *rgbif: Interface to the Global Biodiversity Information Facility API*, R package version 3.7.2. <https://CRAN.R-projet.org/package=rgbif>.
- Colla, S.R., F. Gadallah, L. Richardson, D. Wagner et L. Gall (2012). Assessing declines of North American bumble bees (*Bombus* spp.) using museum specimens. *Biodiversity and Conservation*, 21, p. 3585 à 3595. <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0383-2>.
- Conseil canadien du miel (2018). Industry Overview – Canadian Beekeeping Industry. https://honeycouncil.ca/archive/honey_industry_oveview.php. Consulté le 28 juin 2021.
- Contreras-Escareño, F., C. Echazarreta, B. Pérez-Armendáriz, J. Cavazos Arroyo, J.). Macías-Macías et J.M. Tapia-González (2016). Beekeeping in Jalisco, Mexico, in *Beekeeping and Bee Conservation - Advances in Research*, E.D. Chambó, ed., Londres, IntechOpen. <https://www.intechopen.com/books/beekeeping-and-bee-conservation-advances-in-research/beekeeping-in-jalisco-m-xico>.
- Cutler, G.C., V.O. Nams, P. Craig, J.M. Sproule et C. Sheffield (2015). Wild bee pollinator communities of lowbush blueberry fields: Spatial and temporal trends. *Basic and Applied Ecology*, 16(1), p. 73 à 85. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2014.11.005>.
- Daily, G.C. (1997). Introduction : What are ecosystem services? in *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*, G.C. Daily, ed., 1-11, Washington, D.C., Islet Press.
- Dalsgaard, B. K. Trøjelsgaard, A. M. Martín González, D. Nogués-Bravo, J. Ollerton, T. Petanidou, B. Sandel, M. Schleuning, Z. Wang, C. Rahbek, W.J. Sutherland, J-C. Svenning et J.M. Olesen (2013). Historical climate-change influences modularity and nestedness of pollination networks. *Ecography*, 36, p. 1331 à 1340. DOI : 10.1111/j.1600-0587.2013.00201.x.
- Dicks, L.V., B. Viana, R. Bommarco, B. Brosi, M. del Coro Arizmendi,, S.A. Cunningham, L. Galetto, R. Hill, A.V. Lopes, C. Pires et H. Taki (2016) Ten policies for pollinators. *Science*, 354(6315), p. 975 et 976. DOI : 10.1126/science.aai9226.
- Dicks, L.V., T.D. Breeze, H.T. Ngo, D. Senapathi, J. An et coll. (2021). A global-scale expert assessment of drivers and risks associated with pollinator decline. *Nat Ecol Evol*, 5, p. 1453 à 1461. <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01534-9>
- Didham, R.K., Y. Basset, C.M. Collins, S.R. Leather, N.A. Littlewood, M.H.M. Menz, J. Müller, L. Packer, M.E. Saunders, K. Schönrogge, A.J.A. Stewart, S.P. Yanoviak et C. Hassall (2020).

-
- Interpreting insect declines: seven challenges and a way forward. *Insect Conservation and Diversity*, 13, p. 103 à 114. <https://doi.org/10.1111/icad.12408>.
- Douglas, M.R., D.B. Sponsler, E.V. Lonsdorf et C.M. Grozinger (2020). County-level analysis reveals a rapidly shifting landscape of insecticide hazard to honey bees (*Apis mellifera*) on US farmland. *Scientific Reports*, 10, p. 797. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57225-w>.
- Drewitt, A.L. et R.H.W. Langston (2006). Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis*, 148, p. 29 à 42. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2006.00516.x>.
- Ebersole, R. (2018). Inside the black market hummingbird love charm trade. <<https://www.nationalgeographic.com/news/2018/04/wildlife-watch-illegal-hummingbird-trade-love-charm-mexico-witchcraft/>>. Consulté le 22 juin 2021.
- Encarnação, J., M.A. Teodósio et P. Morais (2021). Citizen science and biological invasions: A review. *Frontiers in Environmental Science*, 8:303. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.602980>.
- Everitt, J.C., J. Welsted et C. Stadel (1996). *The Geography of Manitoba: its Land and Its People*, Winnipeg, University of Manitoba Press.
- Forister, M.L., B. Cousens, J.G. Harrison, K. Anderson, J.H. Thorne, D. Waetjen, C.C. Nice, M. De Parsia, M.L. Hladik, R. Meese, H. van Vliet et A.M. Shapiro (2016). Increasing neonicotinoid use and the declining butterfly fauna of lowland California. *Biology Letters*, 12, 20160475. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2016.0475>.
- Fox, R. (2013). The decline of moths in Great Britain: a review of possible causes. *Insect Conservation and Diversity*, 6(1), p. 5 à 19. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2012.00186.x>.
- Freitas, B.M., V.L. Imperatriz-Fonseca, L.M. Medina, A.D.M.P. Kleinert, L. Galetto, G. Nates-Parra et J.J.G. Quezada-Euán (2009). Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. *Apidologie*, 40, p. 332 à 346. <https://doi.org/10.1051/apido/2009012>.
- Fuentes-Ramirez, A., J.W. Veldman, C. Holzapfel et K.A. Moloney (2016). Spreaders, igniters, and burning shrubs: plant flammability explains novel fire dynamics in grass-invaded deserts. *Ecological Applications*, 26(7), p. 2311 à 2322. <https://doi.org/10.1002/eap.1371>.
- Gilgert, W. et M. Vaughan (2011). The value of pollinators and pollinator habitat to rangelands: Connections among pollinators, insects, plant communities, fish, and wildlife. *Rangelands*, 33(3), p. 14 à 19. <https://doi.org/10.2111/1551-501X-33.3.14>.
- Gill, R.J., K.C.R. Baldock., M.J.F. Brown., J. E. Cresswell., L.V. Dicks, M.T. Fountain, M.P.D. Garratt, L.A. Gough, M.S. Heard, J.M. Holland, J. Ollerton, G.N. Stone, C.Q. Tang, A.J. Vanbergen, A.P. Vogler, G. Woodward, A.N. Arce, N.D. Boatman, R. Brand-Hardy, T.D. Breeze, M. Green, C.M. Hartfield, R.S. O'Connor, J.L. Osborne, J. Phillips, P.B. Sutton et S.G. Potts (2016). Chapter Four - Protecting an ecosystem service: Approaches to understanding and mitigating threats to wild insect pollinators. *Advances in Ecological Research*, Partie 2, Vol. 54, G. Woodward and D. A. Bohan, eds., p. 135 à 206, Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2015.10.007>.
- Gray, M.E., B.G. Dickson et L.J. Zachmann (2014). Modelling and mapping dynamic variability in large fire probability in the lower Sonoran Desert of southwestern Arizona. *International Journal of Wildland Fire*, 23(8), p. 1108 à 1118.
- Graystock, P., E.J. Blane, Q.S. McFrederick, D. Goulson et W.O.H. Hughes (2016). Do managed bees drive parasite spread and emergence in wild bees? *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 5(1), p. 64 à 75. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2015.10.001>.

-
- Greenleaf, S.S., N.M. Williams, R. Winfree et coll. (2007). Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia*, 153, p. 589 à 596. <https://doi.org/10.1007/s00442-007-0752-9>
- Hall, D.M. et D.J. Martins (2020). Human dimensions of insect pollinator conservation. *Current Opinion in Insect Science*, 38, p. 107 à 114. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2020.04.001>.
- Hall, P.W. (2009). *Sentinels on the wing: The status and conservation of butterflies in Canada*. Ottawa, NatureServe Canada. Accessible en ligne : https://www.natureserve.org/sites/default/files/publications/files/natureserve_canada_-_hall_sentinels_on_the_wing_2009.pdf.
- Hallmann, C.A., M. Sorg, E. Jongejans, H. Siepel, N. Hofland, H. Schwan, W. Stenmans, A. Müller, H. Sumser, T. Hörren et D. Goulson (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS ONE*, 12(10), e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>.
- Hammerson, G.A., M. Kling, M. Harkness, M. Ormes et B.E. Young (2017). Strong geographic and temporal patterns in conservation status of North American bats. *Biological Conservation*, 212, Partie A, p. 144 à 152. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.05.025>.
- Hanula, J.L., M.D. Ulyshen et S. Horn. 2016. Conserving pollinators in North American forests: a review. *Natural Areas Journal*, 36(4), p. 427 à 439. <https://doi.org/10.3375/043.036.0409>.
- Havstad, K., D. Peters, B. Allen-Diaz, J. Bartolome, B. Bestelmeyer, D. Briske, J. Brown, M. Brunson, J. Herrick, L. Huntsinger, P. Johnson, L. Joyce, R. Pieper, T. Svejcar et J. Yao (2009). The Western United States rangelands: A major resource, in *Grasslands: Quietness and Strength for a New American Agriculture*, W.F. Wedin et S.L. Fales, ed., p. 75 à 93. Madison (Wisconsin), États-Unis,, American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc. <https://doi.org/10.2134/2009.grassland.c5>
- Hedtke, S.M., E.J. Blitzer, G.A. Montgomery et B.N. Danforth (2015). Introduction of non-native pollinators can lead to transcontinental movement of bee-associated fungi. *PLoS ONE*, 10(6), e0130560. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130560>.
- Hernández, D.L., D.M. Vallano, E.S. Zavaleta, Z. Tzankova, J.R. Pasari, S. Weiss, P.C. Selmants et C. Morozumi (2016). Nitrogen pollution is linked to US listed species declines. *BioScience*, 66(3), p. 213 à 222. <https://doi.org/10.1093/biosci/biw003>.
- Hernandez, R.R., A. Armstrong, J. Burney, G. Ryan, K. Moore-O'Leary, I. Diédhiou, S.M. Grodsky, L. Saul-Gershenz, R. Davis, J. Macknick, D. Mulvaney, G.A. Heath, S.B. Easter, M.K. Hoffacker, M.F. Allen et D.M. Kammen (2019). Techno-ecological synergies of solar energy for global sustainability. *Nature Sustainability*, 2, p. 560 à 568. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0309-z>.
- Herrerias-Diego, Y., M. Quesada, K.E. Stoner et J.A. Lobo (2006). Effects of forest fragmentation on phenological patterns and reproductive success of the tropical dry forest tree *Ceiba aesculifolia*. *Conservation Biology*, 20(4), p. 1111 à 1120. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00370.x>.
- Horth, L. et L.A. Campbell (2018). Supplementing small farms with native mason bees increases strawberry size and growth rate. *Journal of Applied Ecology*, 55, p. 591 à 599. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12988>.

-
- Inamine, H., S.P. Ellner, J.P. Springer et A.A. Agrawal (2016). Linking the continental migratory cycle of the monarch butterfly to understand its population decline. *Oikos*, 125, p. 1081 à 1091. DOI : 10.1111/oik.03196.
- IPBES (2016). *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 et H. T. Ngo (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Allemagne, 552 pages. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3402856>.
- Isaacs, R. et A.K. Kirk (2010). Pollination services provided to small and large highbush blueberry fields by wild and managed bees. *Journal of Applied Ecology*, 47(4), p. 841 à 849. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01823.x>.
- Janzen, D.H. et W. Hallwachs (2019). Perspective : where might be many tropical insects? *Biological Conservation*, 233, p. 102 à 108. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.02.030>.
- Jia, X., B. Bai, J. Zhang et Y. Huang (2018). The effects of IPBES deliverables on global biodiversity conservation strategy—an analysis based on the U. S. pollinator protection policy. *Biodiversity Science*, 26(5), p. 527 à 534. <https://doi.org/10.17520/biods.2017323>.
- Jinbo, U., T. Kato et M. Ito (2011). Current progress in DNA barcoding and future implications for entomology. *Entomological Science*, 14(2), p. 107 à 124. <https://doi.org/10.1111/j.1479-8298.2011.00449.x>.
- Johnson, S.D. et K.E. Steiner (2000). Generalization versus specialization in plant pollination systems. *Trends in Ecology & Evolution*, 15(4), p. 140 à 143. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(99\)01811-X](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(99)01811-X).
- Jose, S. (2012). Agroforestry for conserving and enhancing biodiversity, *Agroforest Syst*, 85, p. 1 à 8. <https://doi.org/10.1007/s10457-012-9517-5>
- Kadri, S.M., B.A. Harpur, R.O. Orsi et A. Zayed (2016). A variant reference data set for the Africanized honeybee. *Apis mellifera, Scientific Data*, 3, 160097. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.97>.
- Kardol, P. et D.A. Wardle (2010). How understanding aboveground–belowground linkages can assist restoration ecology. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(11), p. 670 à 679. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.09.001>.
- Kay, S., E. Kühn, M. Albrecht, L. Sutter, E. Szerencsits et F. Herzog (2020). Agroforestry can enhance foraging and nesting resources for pollinators with focus on solitary bees at the landscape scale. *Agroforestry Systems*, 94(2), p. 379 à 387. <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00400-9>.
- Keilsohn, W., D.L. Narango et D.W. Tallamy (2018). Roadside habitat impacts insect traffic mortality. *Journal of Insect Conservation*, 22(2), p. 183 à 188. <https://doi.org/10.1007/s10841-018-0051-2>.
- Kennedy, C.M., E. Lonsdorf, M.C. Neel, N.M. Williams, T.H. Ricketts, R. Winfree, R. Bommarco, C. Brittain, A.L. Burley, D. Cariveau, L.G. Carvalheiro, N.P. Chacoff, S.A. Cunningham, B.N. Danforth, J-H. Dudenhöffer, E. Elle, H.R. Gaines, L.A. Garibaldi, C. Gratton, A. Holzschuh, R. Isaacs, S.K. Javorek, S. Jha, A. M. Klein, K. Krewenka, Y. Mandelik, M.M. Mayfield, L. Morandin, L.A. Neame, M. Otieno, M. Park, S.G. Potts, M. Rundlöf, A. Saez, I. Steffan-Dewenter, H. Taki, B. Felipe Viana, C. Westphal, J.K. Wilson, S.S. Greenleaf et C. Kremen (2013). A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Ecology Letters*, 16, p. 584 à 599. <https://doi.org/10.1111/ele.12082>.

-
- Kennedy, J. et R. Arghiris (2019). *House of the Royal Lady Bee: Maya revive native bees and ancient beekeeping*, Mongabay. <https://news.mongabay.com/2019/01/house-of-the-royal-lady-bee-maya-revive-native-bees-and-ancient-beekeeping/>. Consulté le 28 juin 2021.
- Kerr, J.T. (2001). Butterfly species richness patterns in Canada: Energy, heterogeneity, and the potential consequences of climate change. *Conservation Ecology*, 5(1), 13 pages. <https://www.jstor.org/stable/26271787>
- Klein, S., A. Cabirol, J.M. Devaud, A.B. Barron et M. Lihoreau (2017). Why bees are so vulnerable to environmental stressors. *Trends in Ecology & Evolution*, 32(4), p. 268 à 278. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.12.009>.
- Koh, I., E.V. Lonsdorf, N.M. Williams, C. Brittain,, R. Isaacs, J. Gibbs et T.H. Ricketts (2016). Modeling the status, trends, and impacts of wild bee abundance in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(1), p. 140 à 145. <https://doi.org/10.1073/pnas.1517685113>.
- Köhler, H-R. et R. Triebkorn (2013). Wildlife ecotoxicology of pesticides: can we track effects to the population level and beyond? *Science*, 341(6147), p. 759 à 765. DOI : 10.1126/science.1237591.
- Kopec, K. et L.A. Burd (2017). *Pollinators in Peril: A Systematic Review of North American and Hawaiian native bees*. Tucson (Arizona), Center for Biological Diversity. https://biologicaldiversity.org/campaigns/native_pollinators/pdfs/Pollinators_in_Peril.pdf.
- Kuyah, S., I. Öborn et M. Jonsson (2017). Regulating ecosystem services delivered in agroforestry systems. In *Agroforestry: Anecdotal to modern science*, J.C. Dagar et V.P. Tewari, ed., p. 797 à 815. Singapour : Springer. DOI : 10.1007/978-981-10-7650-3_33.
- Lambe, C.M. (2018). What's all the buzz about? Analyzing the decision to list the rusty patched bumblebee on the Endangered Species List comments. *Villanova Environmental Law Journal*, 29(1), p. 129 à 154. Accessible en ligne : <https://digitalcommons.law.villanova.edu/elj/vol29/iss1/5>.
- Landaverde-González, P., J.J.G. 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 Yucatán Peninsula of tropical Mexico. *Journal of Applied Ecology*, 54, p. 1814 à 1824. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12860>.
- Langor, D.W., E. K. Cameron, C.J.K. MacQuarrie, A. McBeath, A. McClay, B. Peter, M. Pybus, T. Ramsfield, K. Ryall, T. Scarr, D. Yemshanov, I. DeMerchant, R. Footitt et G.R. Pohl (2014). Non-native species in Canada's boreal zone : diversity, impacts, and risk. *Environmental Reviews*, 22, p. 372 à 420. <https://doi.org/10.1139/er-2013-0083>.
- Larson, E.R., B. M Graham, R. Achury, J.J. Coon, M.K. Daniels, D.K. Gambrell, K.L. Jonasen, G.D. King, N. LaRacunte, T.I.N. Perrin-Stowe, E.M. Reed, C.J. Rice, S.A. Ruzi, M.W. Thairu, J.C. Wilson et A.V. Suarez (2020). From eDNA to citizen science: emerging tools for the early detection of invasive species. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 18(4), p. 194 à 202. <https://doi.org/10.1002/fee.2162>.
- Lázaro, A., T. Tscheulin, J. Devalez, G. Nakas et T. Petanidou (2016a). Effects of grazing intensity on pollinator abundance and diversity, and on pollination services. *Ecological Entomology*, 41, p. 400 à 412. <https://doi.org/10.1111/een.12310>.

-
- Lázaro, A, T. Tscheulin, J. Devalez, G. Nakas, A. Stefanaki, E. Hanlidou et T. Petanidou (2016b). Moderation is best: effects of grazing intensity on plant–flower visitor networks in Mediterranean communities. *Ecological Applications*, 26(3), p. 796 à 807. <https://doi.org/10.1890/15-0202>.
- Leather, S.R. (2017). “Ecological Armageddon” more evidence for the drastic decline in insect numbers. *Annals of Applied Biology*, 172(1), p. 1 à 3. <https://doi.org/10.1111/aab.12410>.
- LeBuhn, G., S. Droege, E.F. Connor, B. Gemmill-Herren, S.G. Potts, R.L. Minckley, T. Griswold, R. Jean, E. Kula, D.W. Roubik, J. Cane, K.W. Wright, G. Frankie et F. Parker (2013). Detecting insect pollinator declines on regional and global scales. *Conservation Biology*, 27(1), p. 113 à 120. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2012.01962.x>.
- Le Conte, Y. et M. Navajas (2008). Climate change : impact on honey bee populations and diseases. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*, 27(2), p. 485 à 497 et 499 à 510. Accessible en ligne : https://www.vtfarmtoplate.com/assets/resources/files/Climate%20Change_Honey%20Bees.pdf
- Lintott, P.R., S.M. Richardson, D.J. Hosken, S.A. Fensome et F. Mathews (2016). Ecological impact assessments fail to reduce risk of bat casualties at wind farms. *Current Biology*, 26(1), p. R 1135 et R1136. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.10.003>.
- Love, B.G. et J.H. Cane (2019). Mortality and flowering of great basin perennial forbs after experimental burning: implications for wild bees. *Rangeland Ecology & Management*, 72(2), p. 310 à 317.
- Mace, G.M., K. Norris et A.H. Fitter (2012). Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. *Trends in Ecology & Evolution*, 27(1), p. 19 à 26. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.08.006>.
- MacInnis, G. et J.R.K. Forrest (2019). Pollination by wild bees yields larger strawberries than pollination by honey bees. *Journal of Applied Ecology*, 56(4), p. 824 à 832. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13344>.
- Maher, S.P., A.M. Kramer, J.T. Pulliam, M.A. Zokan, S.E. Bowden, H.D. Barton, K. Magori et J.M. Drake (2012). Spread of white-nose syndrome on a network regulated by geography and climate. *Nature Communications*, 3, p. 1306. <https://doi.org/10.1038/ncomms2301>.
- Marques, A.T., H. Batalha, S. Rodrigues, H. Costa, M.J.R. Pereira, C. Fonseca, M. Mascarenhas et J. Bernardino (2014). Understanding bird collisions at wind farms: An updated review on the causes and possible mitigation strategies. *Biological Conservation*, 179, p. 40 à 52.
- Martin-Culma N.Y. et N.A. Arenas-Suárez (2018). Daño colateral en abejas por la exposición a pesticidas de uso agrícola. *Entramado*, 14, p. 232 à 240. <http://www.scielo.org.co/pdf/entra/v14n1/1900-3803-entra-14-01-232.pdf>.
- Mathiasson, M.E. et S.M. Rehan (2019). Status changes in the wild bees of north-eastern ANorth America over 125 years revealed through museum specimens. *Insect Conservation and Diversity*, 12(4), p. 278 à 288. <https://doi.org/10.1111/icad.12347>.
- McDonald, C.J., et G.R. McPherson (2013). Creating hotter fires in the Sonoran Desert: buffelgrass produces copious fuels and high fire temperatures. *Fire Ecology*, 9, p. 26 à 39. <https://doi.org/10.4996/fireecology.0902026>.

-
- McFrederick, Q.S., J.C. Kathilankal et J.D. Fuentes (2008). Air pollution modifies floral scent trails. *Atmospheric Environment*, 42(10), p. 2336 à 2348. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.12.033>.
- McKechnie, I.M., C.J.M. Thomsen et R.D. Sargent (2017). Forested field edges support a greater diversity of wild pollinators in lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium*). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 237, p. 154 à 161. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.12.005>.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment) (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis Report*. Islet Press, Washington, D.C. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>.
- Melhim, A., A. Weersink, Z. Daly et N. Bennett (2010). *Beekeeping in Canada: Honey and Pollination Outlook*. Canadian Pollination Initiative, Food, Agriculture and Resource Economics. <http://www.uoguelph.ca/canpolin/Publications/Outlook-Beekeeping-CANPOLIN06.pdf>.
- Meeus, I., M.J.F. Brown, D.C. De Graaf, et G. Smagghe (2011). Effects of invasive parasites on bumble bee declines. *Conservation Biology*, 25(4), p. 662 à 671. <https://www.jstor.org/stable/27976525>.
- Michener, C.D. (2000). *The Bees of the World*, Baltimore (Maryland), John Hopkins University Press.
- Ministère ontarien de l'Agriculture, de l'alimentation et des Affaires rurales (2018). *Rapport 2018 sur les pertes hivernales en apiculture*. Consulté en ligne : <https://www.ontario.ca/fr/document/rapport-sur-les-pertes-hivernales-en-apiculture/rapport-2018-sur-les-pertes-hivernales-en-apiculture>.
- Mitchell, M.G.E., E.M. Bennett et A. Gonzalez (2013). Linking landscape connectivity and ecosystem service provision: current knowledge and research gaps. *Ecosystems*, 16, p. 894 à 908. <https://doi.org/10.1007/s10021-013-9647-2>.
- Moisan-DeSerres, J., M. Chagnon et V. Fournier (2015). Influence of windbreaks and forest borders on abundance and species richness of native pollinators in lowbush blueberry fields in Québec, Canada. *The Canadian Entomologist*, 147, p. 432 à 442. DOI : 10.4039/tce.2014.55.
- Moisett, B. et S. Buchmann (2011). *Bee basics: An introduction to our native bees*. USDA Forest Service and Pollinator Partnership. Accessible en ligne : <https://www.fs.fed.us/wildflowers/pollinators/documents/BeeBasics.pdf>.
- Montgomery, G.A., R.R. Dunn, R. Fox, E. Jongejans, S.R. Leather, M.E. Saunders, C.R. Shortall, M.W. Tingley et D.L. Wagner (2020). Is the insect apocalypse upon us? How to find out. *Biological Conservation*, 241, 108327. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108327>.
- Morandin, L.A. et M.L. Winston (2005). Wild bee abundance and seed production in conventional, organic, and genetically modified canola. *Ecological Applications*, 15(3), p. 871 à 881. <https://doi.org/10.1890/03-5271>.
- Moroń, D., I.M. Grześ, P. Skórka, H. Szentgyörgyi, R. Laskowski, S.G. Potts et M. Woyciechowski (2012). Abundance and diversity of wild bees along gradients of heavy metal pollution. *Journal of Applied Ecology*, 49(1), p. 118 à 125. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02079.x>.
- Moroń, D., H. Szentgyörgyi, P. Skórka, S.G. Potts et M. Woyciechowski (2014). Survival, reproduction and population growth of the bee pollinator, *Osmia rufa* (Hymenoptera: Megachilidae), along gradients of heavy metal pollution. *Insect Conservation and Diversity*, 7(2), p. 113 à 121. <https://doi.org/10.1111/icad.12040>.

- Nakao, F. (2017). Intergovernmental platform on biodiversity et ecosystem services (IPBES): progress and challenges. *Journal of Rural Planning Association*, 36(1), p. 13 à 16. <https://doi.org/10.2750/arp.36.13>.
- Nanetti, A., L. Bortolotti et G. Cilia (2021). Pathogens spillover from honey bees to other arthropods. *Pathogens*, 10(8), p. 1044, 10.3390/pathogens10081044
- National Research Council (2007). *Status of Pollinators in North America*. Washington, D.C, The National Academies of Science Press. <https://doi.org/10.17226/11761>.
- Nearman, A. et D. van Engelsdorp (2019). What happened to colony collapse disorder? *Berliner und Munchener Tierarztliche Wochenschrift*, 132, p. 10 à 15. <https://www.vetline.de/what-happened-to-colony-collapse-disorder>
- Nieto, G. (2011). *Protecting Native Bee Populations in Mexico*. <https://ourworld.unu.edu/en/protecting-native-bee-populations-in-mexico>. Consulté le 28 juin 2021.
- O'Hara, J.E. et D.M. Wood (2004). Catalogue of the *Tachinidae* (Diptera) of America north of Mexico. *Memoirs on Entomology, International*, 18, iv + 410 pages.
- Olesen, J.M. et A. Valido (2003). Lizards as pollinators and seed dispersers: an islet phenomenon. *Trends in Ecology & Evolution*, 18, p. 177 à 181. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00004-1](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00004-1).
- Ollerton J. (2017). Pollinator diversity: Distribution, ecological function, and conservation. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48, p. 353 à 376. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110316-022919>.
- Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (2008). *Rapid assessment of pollinators' status: A contribution to the international initiative for the conservation and sustainable use of pollinators*. Rome, Italie, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Accessible en ligne : <http://www.fao.org/3/i1046e/i1046e.pdf>.
- Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (2009). *Los polinizadores: Su biodiversidad poco apreciada, pero importante para la alimentación y la agricultura*. Tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Accessible en ligne : <http://www.fao.org/3/be104s/be104s.pdf>.
- O'Shea, T.J., P.M. Cryan, D.T.S. Hayman, R.K. Plowright et D.G. Streicker (2016). Multiple mortality events in bats: a global review. *Mammal Review*, 46(3), p. 175 à 190. <https://doi.org/10.1111/mam.12064>.
- Paini, D.R. (2004). Impact of the introduced honey bees (*Apis mellifera*) (Hymenoptera: Apidae) on native bees: A review. *Austral Ecology*, 29(4), p. 399 à 407. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2004.01376.x>.
- Paudel, Y.P., R. Mackereth, R. Hanley et W. Qin (2015). Honey Bees (*Apis mellifera* L.) and pollination issues: Current status, impacts et potential drivers of decline. *Journal of Agricultural Science*, 7(6), p. 93 à 109. <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/jas/article/download/46259/26160>.
- Pelton, E.M., C.B. Schultz, S.J. Jepsen, S.H. Black et E.E. Crone (2019). Western monarch population plummets: status, probable causes, and recommended conservation actions. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, p. 258. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00258>.

-
- Pinkus-Rendon, M.A., V. Parra-Tabla et V. Meléndez-Ramírez (2005). Floral resource use and interactions between *Apis mellifera* and native bees in cucurbit crops in Yucatán, México. *The Canadian Entomologist*, 137(4), p. 441 à 449. DOI : 10.4039/n04-043.
- Pohl, G.R., J.-F. Landry, B.C. Schmidt, J.D. Lafontaine, J.T. Troubridge, A.D. Macaulay, E.J. van Nieuwerkerken, J.R. deWaard, J.J. Dombroskie, J. Klymko, V. Nazari et K. Stead (2018). Annotated Checklist of the Moths and Butterflies (*Lepidoptera*) of Canada and Alaska. Sofia, Bulgarie, Pensoft. Accessible en ligne : <https://ebooks.pensoft.net/books/13080>.
- Pohl, G.R., J.-F. Landry, B.C. Schmidt et J.R. deWaard (2019). *Lepidoptera* of Canada. *ZooKeys*, 24 (819), p. 463 à 505. DOI : 10.3897/zookeys.819.27259.
- Pollinator Health Task Force (2015a). Pollinator Research Action Plan: Report of the Pollinator Health Task Force. Washington, D.C., Maison-Blanche.
<https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/Pollinator%20Research%20Action%20Plan%202015.pdf>.
- Pollinator Health Task Force (2015b). National Strategy to Promote the Health of Honey Bees and Other Pollinators. Washington, D.C., Maison-Blanche.
<https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/Pollinator%20Health%20Strategy%202015.pdf>.
- Potts, S.G., J.C. Biesmeijer, C. Kremen, P. Neumann, O. Schweiger et W.E. Kunin (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), p. 345 à 353. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>.
- Pustkowiak, S., W. Banaszak-Cibicka, L.E. Mielczarek, P. Tryjanowski et P. Skórka (2018). The association of windmills with conservation of pollinating insects and wild plants in homogeneous farmland of western Poland. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(7), p. 6273 à 6284. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0864-7>.
- Put, J.E., G.W. Mitchell et L. Fahrig (2018). Higher bat and prey abundance at organic than conventional soybean fields. *Biological Conservation*, 226, p. 177 à 185. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.06.021>.
- Regal, P.J. (1982). Pollination by wind and animals: Ecology of geographic patterns. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13, p. 497 à 524.
<https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.es.13.110182.002433>.
- Rhoda, R. et T. Burton (2010). *Geo-Mexico : the Geography and Dynamics of Modern Mexico*. Ladysmith BC, Sombrero Books.
- Richards, K.W. et P.G. Kevan (2002). Aspects of bee biodiversity, crop pollination, and conservation in Canada. In *Pollinating Bees: the Conservation Link between Agriculture and Nature*, P. Kevan et V.L. Imperatriz-Fonseca, ed., p. 51 à 67. Brasilia, ministère de l'Environnement.
- Romero, M.J. et J.J.G. Quezada-Euán (2013). Pollinators in biofuel agricultural systems: the diversity and performance of bees (*Hymenoptera: Apoidea*) on *Jatropha curcas* in Mexico. *Apidologie*, 44, p. 419 à 429. <https://doi.org/10.1007/s13592-013-0193-x>.
- Rundlöf, M., G.K.S. Andersson, R. Bommarco, I. Fries, V. Hederström, L. Herbertsson, B.K. Klatt, T.R. Pedersen, J. Yourstone et H.G. Smith (2015). Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees. *Nature*, 521, p. 77 à 80. <https://doi.org/10.1038/nature14420>.

-
- Russo, L. (2016). Positive and negative impacts of non-native bee species around the world. *Insects*, 7(4), p. 69. <https://doi.org/10.3390/insects7040069>.
- Sachman-Ruiz, B., V. Narváez-Padilla et E. Reynaud (2015). Commercial *Bombus impatiens* as reservoirs of emerging infectious diseases in central Mexico. *Biological Invasions*, 17, p. 2043 à 2053. <https://doi.org/10.1007/s10530-015-0859-6>
- Sánchez-Bayo, F. et K.A.G. Wyckhuys (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232, p. 8 à 27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>.
- Schweitzer, D.F., N.A. Capuano, B.E. Young BE et S.R. Colla (2012). *Conservation and Management of North American Bumble Bees*. Washington, D.C. et Arlington (Virginie), USDA Forest Service and NatureServe. Accessible en ligne : <https://www.fs.fed.us/wildflowers/pollinators/documents/ConsMgmtNABumbleBees.pdf>.
- Semmens, B.X., D.J. Semmens, W.E. Thogmartin, R. Wiederholt, L. López-Hoffman, J.E. Diffendorfer, J.M. Pleasants, K.S. Oberhauser et O.R. Taylor (2016). Quasi-extinction risk and population targets for the Eastern, migratory population of monarch butterflies (*Danaus plexippus*). *Scientific Reports*, 6, p. 1 à 7. <https://doi.org/10.1038/srep23265>.
- Sheffield, C.S., P.G. Kevan, S.M. Westby et R.F. Smith (2008). Diversity of cavity-nesting bees (*Hymenoptera: Apoidea*) within apple orchards and wild habitats in the Annapolis Valley, Nova Scotia, Canada. *The Canadian Entomologist*, 140(2), p. 235 à 249. DOI : 10.4039/n07-058.
- Sheffield, C.S., S. Dumesht et M. Cheryomina (2011). *Hylaeus punctatus* (*Hymenoptera: Colletidae*), a bee species new to Canada, with notes on other non-native species. *JESO*, 142, p. 29 à 43. http://www.entsocont.ca/uploads/3/0/2/6/30266933/5_jeso_142_sheffield_et_al_29_43.pdf.
- Simmons, B.I., A. Balmford, A.J. Bladon, A.P. Christie, A. De Palma, L.V. Dicks, J. Gallego-Zamorano, A. Johnston, P.A. Martin, A. Purvis, R. Rocha, H.S. Wauchope, C.F.R. Wordley, T.A. Worthington et T. Finch (2019). Worldwide insect declines: An important message, but interpret with caution. *Ecology and Evolution*, 9, p. 3678 à 3680. <https://doi.org/10.1002/ece3.5153>.
- Sirois-Delisle, C. et J.T. Kerr (2018). Climate change-driven range losses among bumblebee species are poised to accelerate. *Scientific Reports*, 8, 14464. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32665-y>.
- Sivakoff, F.S. et M.M. Gardiner (2017). Soil lead contamination decreases bee visit duration at sunflowers. *Urban Ecosystems*, 20, p. 1221 à 1228. <https://doi.org/10.1007/s11252-017-0674-1>.
- Smithsonian Institute. s.d.-a. *Bug Info : Butterflies in the United States*. Information Sheet 189. Préparé par le Department of Systematic Biology, Entomology Section, National Museum of Natural History, en coopération avec les Public Inquiry Services. Accessible en ligne : <https://www.si.edu/spotlight/buginfo/butterflyus>.
- Smithsonian Institute. s.d.-b. *Bug Info : Moths*. Information Sheet 169. Préparé par le Department of Systematic Biology, Entomology Section, National Museum of Natural History, en coopération avec les Public Inquiry Services, Smithsonian Institution. Accessible en ligne : <https://www.si.edu/spotlight/buginfo/moths>.
- Spivak, M., E. Mader, M. Vaughn et N.H. Euliss (2011). The plight of the bees. *Environmental Science and Technology*, 45(1), p. 34 à 38. <https://doi.org/10.1021/es101468w>.

-
- Stanley, D.A., M.P.D. Garratt, J.B. Wickens, J.V. Wickens, S.G. Potts et N.E. Raine (2015). Neonicotinoid pesticide exposure impairs crop pollination services provided by bumblebees. *Nature*, 528, p. 548 à 550. <https://doi.org/10.1038/nature16167>.
- Statistique Canada (2019). Compte économique de l'agriculture et de l'agroalimentaire, 2015. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/190730/dq190730a-fra.htm>. Consulté le 29 juin 2021.
- Strange, J.P. (2015). *Bombus huntii*, *Bombus impatiens*, and *Bombus vosnesenskii* (Hymenoptera: Apidae) Pollinate Greenhouse-Grown Tomatoes in Western North America. *Journal of Economic Entomology*, 108(3), p. 873 à 879. <https://doi.org/10.1093/jee/tov078>.
- Straub, L., G.R. Williams, B. Vidondo, K. Khongphinitbunjong, G. Retschnig, A. Schneeberger, P. Chantawannakul, V. Dietemann et P. Neumann (2019). Neonicotinoids and ectoparasitic mites synergistically impact honeybees. *Scientific Reports*, 9, p. 8159. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44207-1>.
- Stubbs, C.S., F.A. Drummond et S.L. Allard (1997). Bee conservation and increasing *Osmia* spp. in Maine lowbush blueberry fields. *Northeastern Naturalist*, 4(3), p. 133 à 144. <https://doi.org/10.2307/3858708>.
- Suckling, D.M., D.E. Conlong, J.E. Carpenter, K.A. Bloem, P. Rendon et M.J.B. Vreysen (2017). Global range expansion of pest *Lepidoptera* requires socially acceptable solutions. *Biological Invasions*, 19, p. 1107 à 1119. <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1325-9>.
- Tadey, M. (2015). Indirect effects of grazing intensity on pollinators and floral visitation. *Ecological Entomology*, 40(4), p. 451 à 460. <https://doi.org/10.1111/een.12209>.
- Thogmartin, W.E., R. Wiederholt, K. Oberhauser, R.G. Drum, J.E. Diffendorfer, S. Altizer, O.R. Taylor, J. Pleasants, D. Semmens, B. Semmens, R. Erickson, K. Libby et L. Lopez-Hoffman (2017). Monarch butterfly population decline in North America: identifying the threatening processes. *Royal Society Open Science*, 4, 170760. <https://doi.org/10.1098/rsos.170760>.
- Thomas, J.A. (2016). Butterfly communities under threat. *Science*, 353(6296), p. 216 à 218. DOI : 10.1126/science.aaf8838.
- Thomson, D.M. (2016). Local bumble bee decline linked to recovery of honey bees, drought effects on floral resources. *Ecology Letters*, 19(10), p. 1247 à 1255. <https://doi.org/10.1111/ele.12659>.
- Thuiller, W. 2004. Patterns and uncertainties of species' range shifts under climate change. *Global Change Biology*, 10, p. 2020 à 2027. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2004.00859.x>.
- Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement (2014). *Mexico's agricultural development: perspectives and outlook*. New York et Genève, Nations Unies. https://unctad.org/system/files/official-document/ditctncd2012d2_en.pdf.
- University of Maryland (2021). US beekeepers continue to report high colony loss rates, no clear improvement. *ScienceDaily*. www.sciencedaily.com/releases/2021/06/210623193939.htm. Consulté le 25 juin 2021.
- Upton, J. (2014). Solar farms threaten birds. *Scientific American*. Consulté en ligne : <https://www.scientificamerican.com/article/solar-farms-threaten-birds/>.
- US Department of Agriculture et US Department of Interior (2015). *Pollinator-friendly Best Management Practices for Federal Lands*. USDA et US Department of Interior.

<https://www.fs.fed.us/wildflowers/pollinistateurs/BMPs/documents/PollinatorFriendlyBMPsFederalLands05152015.pdf>

- US Department of Agriculture (2020). *Pollinator Facts*. Accessible en ligne : <https://www.usda.gov/sites/default/files/documents/pollinisateur-week-factsheet-06.25.2020.pdf>.
- US Department of Agriculture (2021a). ARS Honey Bee Health. <https://www.ars.usda.gov/oc/br/ccd/index/>. Consulté le 21 juin 2021.
- US Department of Agriculture (2021b). Cattle & Beef: Sector at a Glance. <https://www.ers.usda.gov/topics/animal-products/cattle-beef/sector-at-a-glance/>. Consulté le 21 juin 2021.
- US Fish and Wildlife Service (2020). Monarch (*Danaus plexippus*) Species Status Assessment Report. Accessible en ligne : <https://www.fws.gov/savethemonarch/pdfs/Monarch-SSA-report.pdf>
- Vadrot, A.B.M., A. Rankovic, R. Lapeyre, P.-M. Aubert, et Y. Laurans (2018). Why are social sciences and humanities needed in the works of IPBES? A systematic review of the literature. *The Innovation: European Journal of Social Science Research*, 31, p. S78 à S100. <https://doi.org/10.1080/13511610.2018.1443799>.
- Vanbergen A.J. et Insects Pollinator Initiative (2013). Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(5), p. 251 à 259. <https://doi.org/10.1890/120126>.
- van der Sluijs, J.P., N. Simon-Delso, D. Goulson, L. Maxim, J.M. Bonmatin et L.P. Belzunces (2013). Neonicotinoids, bee disorders and the sustainability of pollinator services. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(3-4), p. 293 à 305. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.05.007>.
- van Klink, R., D.E. Bowler, K.B. Gongalsky, A.B. Swengel, A. Gentile et J.M. Chase (2020). Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances. *Science*, 368(6849), p. 417 à 420. DOI : 10.1126/science.aax9931.
- Velthuis, H.H.W. (2002). The historical background of the domestication of the bumble-bee, *Bombus terrestris*, and its introduction in agriculture. In *Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature*. Kevan P, Imperatriz Fonseca VL, eds., p. 177 à 184. Brasília, ministère de l'Environnement.
- Villanueva-Gutiérrez, R., D.W. Roubik et W. Colli-Ucán (2005). Extinction of *Melipona beecheii* and traditional beekeeping in the Yucatán peninsula. *Bee World*, 86(2), p. 35 à 41. DOI : 10.1080/0005772X.2005.11099651
- Villegas, G., A. Bolaños, J. Miranda et A. Zenón (2000). *Flora nectarífera y polinífera en el estado de Chiapas*. Secretaria de agricultura, ganadería y desarrollo rural, Primera Edición, México, Marzo.
- Vogel, G. (2017). Where have all the insects gone? *Science*, 356(6338), p. 576 à 579. DOI : 10.1126/science.356.6338.576.
- Wagner, D.L. (2012). Moth decline in the Northeastern United States. *News of The Lepidopterists' Society*, 54(2), p. 52 à 56. Accessible en ligne : <http://nationalmothweek.org/wp-content/uploads/2012/07/Moth-Decline.pdf>.

- Wagner, D. L., 2017. Trends in biodiversity: Insects. In *The Encyclopedia of the Anthropocene, Vol. 3: Biodiversity*, D. A. Dellasala et M. I. Goldstein, ed., p. 131 à 143. Amsterdam, Elsevier.
- Wagner, D.L. (2020). Insect declines in the Anthropocene. *Annual Review of Entomology*, 65, p. 457 à 480. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-025151>.
- Wagner, D.L., E.M. Grames, M.L. Forister, M.R. Berenbaum et D. Stopak (2021). Insect decline in the Anthropocene: Death by a thousand cuts. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(2). DOI : 10.1073/pnas.2023989118
- Walker, L. et S. Wu. (2017). Pollinators and pesticides. In *International Farm Animal, Wildlife and Food Safety Law*. G. Steier et K. K. Patel, ed., p. 495 à 513. Suisse, Springer International Publishing.
- Walther, G.-R., A. Roques, P.E. Hulme, M.T. Sykes, P. Pyšek, I. Kühn, M. Zobel, S. Bacher, Z. Botta-Dukát, H. Bugmann, B. Czúcz, J. Dauber, T. Hickler, V. Jarošík, M. Kenis, S. Klotz, D. Minchin, M. Moora, W. Nentwig, J. Ott, V.E. Panov, B. Reineking, C. Robinet, V. Semchenko, W. Solarz, W. Thuiller, M. Vilà, K. Vohlet et J. Settele (2009). Alien species in a warmer world: risks and opportunities. *Trends in Ecology and Evolution*, 24(12), p. 686 à 693. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.06.008>.
- Weiss, S.B. (1999). Cars, cows, and checkerspot butterflies: nitrogen deposition and management of nutrient-poor grasslands for a threatened species. *Conservation Biology*, 13(6), p. 1476 à 1486. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.98468.x>.
- Wepprich, T., J.R. Adrion, L. Ries, J. Wiedmann et N.M. Haddad (2019). Butterfly abundance declines over 20 years of systematic monitoring in Ohio, USA. *PLoS ONE*, 14(7), e0216270. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216270>.
- Wethington, S.M. et N. Finley (2008). Addressing hummingbird conservation needs: an initial assessment. Compte rendu de la quatrième conférence International Partners in Flight : Tundra to Tropics. Accessible en ligne : <https://www.partnersinflight.org/wp-content/uploads/2017/03/Wethington-S.-M.-and-N.-Finley-p-662-666.pdf>.
- Winfree, R., B.J. Gross et C. Kremen (2011). Valuing pollination services to agriculture. *Ecological Economics*, 71, p. 80 à 88. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.08.001>.
- Winsa, M., E. Öckinger, R. Bommarco, R. Lindborg, S.P.M. Roberts, J. Wärensberg et I. Bartomeus (2017). Sustained functional composition of pollinators in restored pastures despite slow functional restoration of plants. *Ecology and Evolution*, 7(11), p. 3836 à 3846. <https://doi.org/10.1002/ece3.2924>.
- Winter, K., L. Adams, R. Thorp, D. Inouye, L. Day, J. Ascher et S. Buchmann. (2006). Importation of non native bumble bees into North America: potential consequences of using *Bombus terrestris* and other non native bumble bees for greenhouse crop pollination in Canada, Mexico, and the United States. San Francisco : North American Pollinator Protection Campaign. Livre blanc.
- Wojcik, V.A. et S. Buchmann (2012). Pollinator conservation and management on electrical transmission and roadside rights-of-way: A review. *Journal of Pollination Ecology*, 7(3), p. 16 à 26. <http://dx.doi.org/10.26786/1920-7603%282012%295>.
- Woodcock, B.A., J.M. Bullock, R.F. Shore, M.S. Heard, M.G. Pereira, J. Redhead, L. Ridding, H. Dean, D. Sleep, P. Henrys, J. Peyton, S. Hulmes, L. Hulmes, M. Sárospataki, C. Saure, M. Edwards, E. Genersch, S. Knäbe et R.F. Pywell (2017). Country-specific effects of neonicotinoid pesticides

on honey bees and wild bees. *Science*, 356(6345), p. 1393 à 1395. DOI : 10.1126/science.aaa1190.

- Wyllie de Echeverria, V.R. et T.F. Thornton (2019). Using traditional ecological knowledge to understand and adapt to climate and biodiversity change on the Pacific coast of North America. *Ambio*, 48, p. 1447 à 1469. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01218-6>.
- Yesson, C., P. W. Brewer, T. Sutton, N. Caithness, J. S. Pahwa, M. Burgess, W. A. Gray, R. J. White, A. C. Jones, F. A. Bisby et A. Culham (2007). How global is the global biodiversity information facility? *PLoS ONE*, 2(11), e1124. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001124>.
- Young, B.E., S. Auer, M. Ormes, G. Rapacciuolo, D. Schweitzer et N. Sears (2017). Are pollinating hawk moths declining in the Northeastern United States? An analysis of collection records. *PLoS ONE*, 12(10), e0185683. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185683>.