

JUIN 2025

RAPPORT FINAL



DÉVELOPPEMENT D'UNE APPLICATION WEB HYBRIDE
COMBINANT INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET EXPERTISE
TAXONOMIQUE POUR L'IDENTIFICATION DES
POLLINISATEURS EN MILIEU AGRICOLE



PRÉPARÉ PAR: GAIL MACINNIS, PH.D,
DIRECTRICE EXÉCUTIVE, POLLINATURE INC

NUMÉRO DE PROJET: 2025-03-03-003

Plan d'intervention pour la protection des pollinisateurs en
milieu agricole du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et
de l'Alimentation du Québec

Avec la participation financière de :

Québec 

Pollipro rapport scientifique

Développement d'une application web hybride combinant l'intelligence artificielle et l'expertise taxonomique pour l'identification des pollinisateurs dans les cultures

Pollinature Inc.

Recherche & Conservation

www.pollinature.ca

Présenté à:

MAPAQ

(Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec)

Réalisé par:

Gail MacInnis, Ph.D

Date: 25 juin, 2025

Résumé Exécutif

Développement d'une application Web hybride pour l'identification des pollinisateurs

Les pollinisateurs jouent un rôle essentiel tant dans la production alimentaire que dans la résilience des écosystèmes. Pourtant, partout dans le monde, les espèces de pollinisateurs sauvages sont en déclin, notamment en raison de la perte d'habitats, de l'exposition aux pesticides et de l'expansion des monocultures. Bien que le Québec compte plus de 300 espèces d'abeilles sauvages, les efforts pour les protéger sont parfois freinés par le manque d'outils d'identification accessibles et fiables ainsi que par une pénurie d'expertise taxonomique spécialisée.

Pour combler cette lacune, ce projet visait à développer Pollipro, une application Web hybride combinant l'intelligence artificielle (IA) et la validation par des experts afin de permettre une identification précise et à grande échelle des pollinisateurs à partir de photographies prises sur le terrain. Conçue pour les chercheurs, les entreprises agricoles, les agronomes et les citoyens, la plateforme facilite la collecte de données robustes tout en rendant le savoir sur les pollinisateurs plus accessible et facilement applicable.

Le projet a soutenu plusieurs objectifs clés :

- Renforcer la capacité taxonomique et accroître l'accessibilité des outils d'identification des pollinisateurs auprès de divers groupes d'utilisateurs ;
- Amélioration de la précision et de l'efficacité du suivi, en répondant aux limites des outils existants ayant une faible précision d'identification des insectes ;
- Soutenir les évaluations de la biodiversité et les programmes d'éco-certification grâce à des données fiables recueillies sur le terrain.

Résultats clés :

- Plateforme Web hybride entièrement opérationnelle avec identification assistée par IA (pollipro.com).
- Système de supervision par des experts et infrastructure de données évolutive.
- Contenu éducatif et activités de sensibilisation menées, incluant une présentation lors d'un webinaire organisé par le MAPAQ ; d'autres événements sont prévus en 2025.
- Contrat de maintenance et de soutien à long terme pour l'application Web en place (2025–2028).

Bien que le déploiement initial de Pollipro soit achevé, l'adoption à grande échelle et l'utilisation sur le terrain représentent la prochaine étape cruciale pour maximiser l'impact du projet. La

plateforme a été conçue pour soutenir divers usages anticipés, notamment le suivi des pollinisateurs spécifiques à certaines cultures, l'évaluation de l'efficacité des aménagements favorables aux pollinisateurs et la contribution aux processus d'éco-certification grâce à l'amélioration des ensembles de données de référence sur la biodiversité dans les paysages agricoles.

En définitive, le projet vise à fournir des solutions pratiques et fondées sur les données pour une gestion durable des populations de pollinisateurs, en offrant des informations utilisables pour la conservation et l'aménagement du territoire. Grâce à l'engagement continu des producteurs agricoles, chercheurs, citoyens et praticiens de la conservation, la plateforme pourra évoluer en un outil largement utilisé pour le suivi des pollinisateurs au Québec et ailleurs. Son impact futur dépendra de l'élargissement de la base d'utilisateurs, du renforcement des efforts de sensibilisation et de l'encouragement à la contribution régulière de données sur le terrain. Avec ces prochaines étapes, Pollipro propose une voie concrète et évolutive pour intégrer l'identification et la protection des pollinisateurs au cœur des pratiques agricoles durables.

Table des matières

Résumé Exécutif	2
Rapport Final.....	5
Résumé	5
1. Aperçu du projet et objectifs.....	5
2. Méthodologie	7
Schéma du système – description des composantes clés et du flux de données	8
3. Résultats	12
4. Applications sur le terrain.....	14
5. Prochaines étapes : applications futures sur le terrain.....	15
6. Conclusion	16
7. Références.....	16

Rapport Scientifique

Titre du projet : Développement d’une application web hybride combinant l’intelligence artificielle et l’expertise taxonomique pour l’identification des pollinisateurs dans les cultures

Organisation : Pollinature – Recherche & Conservation

Responsables du projet : Etienne Normandin, Gail MacInnis, Ph.D

Date : 25 juin 2025

Résumé

Ce document présente le développement et la mise en œuvre d’une application web hybride conçue pour améliorer l’identification des pollinisateurs dans les paysages agricoles et au-delà. Reconnaissant l’importance vitale des pollinisateurs pour la santé des écosystèmes et la production alimentaire, en particulier au Québec où l’on recense plus de 300 espèces d’abeilles sauvages, le projet répond directement aux limites des outils et de l’expertise actuels en identification des pollinisateurs. En intégrant des algorithmes d’apprentissage automatique et une validation taxonomique par des experts humains, l’application vise à accroître l’accès à des données fiables sur les pollinisateurs pour les chercheurs, les producteurs agricoles, les gestionnaires de cultures et les citoyens. Les objectifs clés incluent l’amélioration de la précision de l’identification, avec pour ambition de dépasser la précision d’environ 65 % des outils existants, le renforcement de la capacité taxonomique, le soutien à l’agriculture durable par un suivi précis, ainsi que la facilitation des évaluations de la biodiversité et des processus de certification. Cette initiative vise ultimement à faire progresser la planification de la conservation et à positionner le Québec comme chef de file en recherche et protection des pollinisateurs, en offrant des solutions accessibles et concrètes pour une gestion durable des pollinisateurs.

1. Aperçu du projet et objectifs

Les pollinisateurs jouent un rôle fondamental tant dans la productivité agricole que dans la résilience des écosystèmes, contribuant à la pollinisation de plus de 75 % des cultures alimentaires mondiales ainsi qu’à la reproduction d’innombrables espèces de plantes sauvages (Klein et al., 2007). Malgré leur valeur écologique et économique, les populations de pollinisateurs sont en déclin partout dans le monde, une tendance particulièrement

préoccupante dans les paysages agricoles intensivement gérés où la fragmentation de l'habitat, l'exposition aux pesticides et la monoculture prédominent (Goulson et al., 2015).

Au Québec et partout au Canada, les efforts de suivi et de conservation des pollinisateurs sont entravés par le manque de données accessibles au niveau des espèces. De nombreux jeux de données sur la diversité des pollinisateurs demeurent grossiers en raison du manque d'expertise taxonomique nécessaire à l'identification des abeilles au niveau spécifique, ou bien ils sont inaccessibles aux praticiens et gestionnaires de territoires. Cette lacune limite à la fois la planification de la conservation et la recherche scientifique, notamment pour les abeilles sauvages, qui constituent la majeure partie de la diversité pollinisatrice indigène mais sont sous-représentées dans la plupart des systèmes de suivi.

Principaux défis ciblés

Ce projet a été conçu pour répondre à quatre obstacles majeurs freinant la surveillance efficace des pollinisateurs et la mobilisation des connaissances. Premièrement, il existe un manque important de capacité taxonomique en Amérique du Nord, particulièrement pour les espèces d'abeilles sauvages. Le nombre d'experts qualifiés capables d'identifier les abeilles au niveau de l'espèce est extrêmement limité, ce qui crée des goulots d'étranglement persistants dans le traitement des spécimens et l'acquisition de données. Deuxièmement, les outils d'identification existants sont souvent insuffisants pour classifier avec précision les insectes. Bien que des plateformes comme iNaturalist aient favorisé la participation du public au suivi de la biodiversité, l'exactitude de leur identification automatisée pour les insectes demeure modérée, estimée à 65-70 % pour de nombreux taxons de pollinisateurs (iNaturalist, 2023).

Troisièmement, il persiste un décalage entre les données sur la biodiversité et leur utilisation pratique en gestion du territoire. Les entreprises agricoles, agronomes et praticiens de la conservation manquent souvent d'accès à de l'information opportune et spécifique aux espèces, nécessaire pour orienter les décisions d'aménagement ou évaluer les efforts de restauration des habitats. Enfin, les méthodes actuelles d'identification par photo reposent largement sur la revue manuelle par des experts, un procédé long, peu cohérent et difficile à adapter à de grands ensembles de données. Ce projet répond directement à ces défis en développant un système d'identification hybride combinant intelligence artificielle et validation par des spécialistes, dans le but d'améliorer la précision, l'efficacité et l'applicabilité concrète de la surveillance des pollinisateurs.

Pour répondre à ces enjeux, le projet s'est concentré sur le développement de Pollipro (pollipro.com), une plateforme numérique robuste et adaptée au terrain qui combine

intelligence artificielle (IA) et validation structurée par des experts afin de permettre une identification des pollinisateurs précise, évolutive et accessible.

Les objectifs principaux de ce projet étaient :

- Améliorer la précision et la rapidité de l'identification des pollinisateurs grâce à la reconnaissance d'images optimisée par l'IA.
- Développer une plateforme numérique accessible et évolutive, adaptée aux utilisateurs des secteurs agricole, de la recherche et de la conservation.
- Augmenter le volume et la résolution des données sur la diversité des pollinisateurs collectées au Québec, notamment pour les espèces d'abeilles sauvages.
- Faciliter le transfert de connaissances par le biais d'interfaces conviviales, d'outils éducatifs et d'activités de sensibilisation, afin de rapprocher la science et la pratique.

2. Méthodologie

Pollinature Inc. a collaboré avec des développeurs web expérimentés pour concevoir et mettre en œuvre cette application web dédiée à l'identification des insectes. Cette application repose sur un système hybride d'identification intégrant la classification d'images par intelligence artificielle et une validation structurée par des spécialistes, en s'appuyant sur les meilleures pratiques issues de la recherche récente en informatique écologique (Valan et al., 2019; Terry et al., 2020). L'application a été développée comme une application monopage (SPA), en utilisant Laravel pour la partie serveur et VueJS pour l'interface utilisateur. La gestion des données a été assurée par une base de données relationnelle MySQL, qui stocke les informations des utilisateurs, les demandes d'identification et les résultats de classification. Pour garantir la sécurité et la continuité des données, un système de sauvegarde automatisé a été mis en place.

L'architecture de l'application comprend un module dédié à la validation par des experts. Ce système permet aux spécialistes de la taxonomie des abeilles de réviser et d'annoter les identifications générées par l'IA. Un système de gestion de contenu (CMS) personnalisé a été développé pour soutenir ce processus, incluant une interface d'administration pour la gestion et la navigation des demandes d'identification soumises. Pour améliorer la performance du modèle au fil du temps, un système d'apprentissage actif a été intégré à la chaîne de traitement, permettant à l'application de tenir compte des retours d'experts dans ses prédictions futures.

Un système d'authentification sécurisé avec gestion des accès selon les rôles (utilisateurs généraux, administrateurs, experts) a également été mis en place. Toutes les données principales sont stockées dans une base de données normalisée hébergée sur un serveur

informatique (ex. : AWS). L'identification des pollinisateurs est effectuée grâce à un modèle de vision par ordinateur développé par Kindwise (Kindwise, 2025), accessible via une API RESTful. Lorsqu'un utilisateur soumet une image, l'application la transmet au service Kindwise pour une classification préliminaire. L'interface utilisateur a été conçue suivant les standards contemporains d'UX/UI afin d'assurer accessibilité et facilité d'utilisation. Un prototype fonctionnel a été créé avec une interface modulaire permettant aux utilisateurs de téléverser des images, de consulter les résultats de classification et de suivre le statut de leurs soumissions. Ce prototype sert de base aux futures itérations de développement, notamment l'optimisation pour consultation sur téléphones mobiles.

Pour favoriser l'engagement des utilisateurs et le transfert de connaissances, un moteur de recommandations dynamique a été intégré. De plus, l'application a été intégrée à Explore Insectes, une plateforme complémentaire financée par le Ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie (MEI), en offrant des options de connexion fédérée. Cette intégration permet un accès élargi aux bases de données entomologiques et à des outils d'identification complémentaires.

Schéma du système – description des composantes clés et du flux de données

L'architecture du système et le flux de données sont décrits ci-dessous, mettant en avant les principales composantes et leurs interactions au sein de l'application.

1. Couche utilisateur (Interface frontale)

Les utilisateurs interagissent avec l'application via une application monopage (SPA) conçue avec VueJS.

Fonctionnalités :

- Soumettre des images d'insectes (Figure 1)
- Suivre le statut des demandes d'identification
- Recevoir les résultats de classification et des recommandations personnalisées

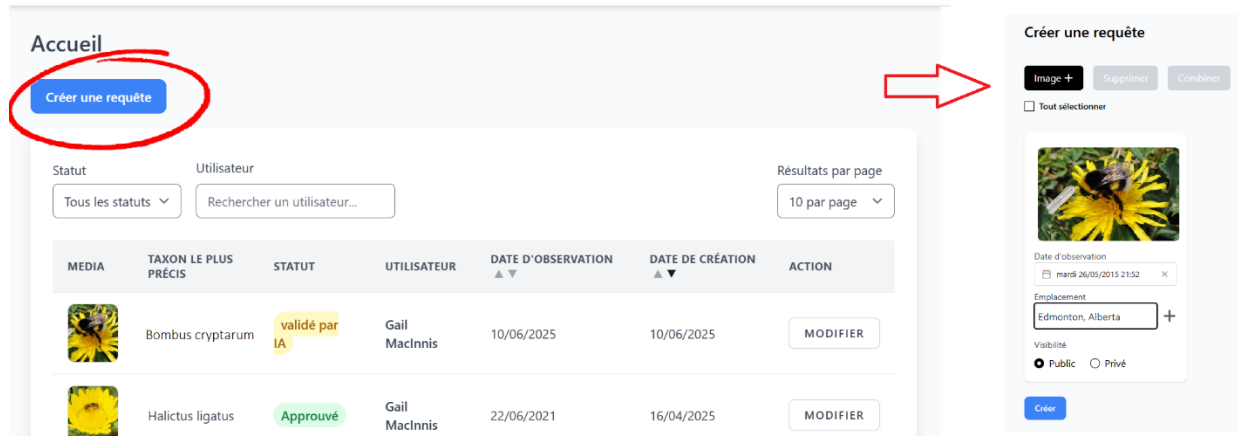


Figure 1 : L'utilisateur soumet une image sur Pollipro (Créer une requête), puis téléverse la photo et saisit l'emplacement ainsi que la date à laquelle l'image a été prise.


2. Couche logique applicative (Services d'arrière-plan)

- Développée avec Laravel
- Gère :
 - les requêtes API provenant de l'interface frontale
 - l'authentification et la gestion des sessions utilisateur
 - la communication avec Kindwise et les services de base de données

3. Couche d'intégration de l'IA

- Connectée au modèle de vision par ordinateur Kindwise via une API REST
- Flux de travail :
 - L'image soumise par l'utilisateur est envoyée à Kindwise
 - Kindwise retourne l'identification prédit de l'espèce, accompagnée d'une estimation de la précision (probabilité), Figure 2.
 - Le résultat est enregistré dans la base de données et transmis à la validation par un expert si cette option est activée

Observation



Gail Macinnis

mardi 10/06/2025 15:52


Validé par IA

Détails de la demande

Organisation: Pollinature

Date de l'observation: 10/06/2025

Coordonnées: 55.395752, -118.637696



Prédiction du modèle

Rang	Nom de l'espèce	Genre	Famille	Probabilité (%)
1	Bombus cryptarum	Bombus	Apidae	98%

Figure 2 : Image identifiée par l'IA Pollipro avec l'exactitude indiquée en bas à droite

4. Module de validation par expert

- Tableau de bord administrateur pour les taxonomistes afin de :
 - Examiner et annoter les résultats générés par l'IA
 - Approuver ou corriger les identifications
- Les corrections sont intégrées dans le système d'apprentissage actif afin d'améliorer la précision du modèle

Observation



Joel S.
mercredi 16/04/2025 12:50

Approuvé

Détails de la demande

Organisation: Parcs Hochelaga

Date de l'observation: 15/04/2025

Coordonnées: 45.541833, -73.552871

Identification

Espèce: Bombus impatiens

Genre: Bombus

Famille: Apidae



Prédiction du modèle

Rang	Nom de l'espèce	Genre	Famille	Probabilité (%)
1	Bombus impatiens	Bombus	Apidae	49%
2	Bombus griseocollis	Bombus	Apidae	30%
3	Bombus bimaculatus	Bombus	Apidae	17%
4	Bombus vagans	Bombus	Apidae	1%

Figure 3, système de validation par expert Pollipro. Lorsque la précision de prédiction de l'IA est faible, les images sont ensuite validées par un expert taxonomique, et le statut passe à « Approuvé » (coin supérieur droit).

5. Couche de gestion des données

Base de données MySQL hébergée sur AWS (ou un autre fournisseur infonuagique)

- Stocke :
 - Comptes utilisateurs et rôles
 - Images soumises et métadonnées
 - Prédictions de l'IA et résultats validés par des experts
 - Liens de ressources pour le moteur de recommandations

6. CMS & panneau d'administration

Pour la gestion du contenu et des soumissions

- Accès basé sur les rôles pour :

- Utilisateurs (fonctions de base)
- Experts (outils de validation)
- Administrateurs (supervision globale et paramètres du système)

7. Moteur de recommandation dynamique

- Fait correspondre les espèces identifiées à des ressources sélectionnées (ex. fiches d'information, renseignements sur l'habitat)
- Le contenu s'affiche dynamiquement dans le tableau de bord de l'utilisateur

8. Intégration externe

- *Exploration de l'intégration avec la plateforme Insectes*
 - Boutons de connexion fédérée / OAuth
 - Accès partagé à des ensembles de données et outils entomologiques

3. Résultats

Le projet a permis d'atteindre des jalons importants autour de quatre objectifs clés (présentés ci-dessous) et livrables (voir Tableau 1), allant de l'intégration technique de la reconnaissance des pollinisateurs par IA au développement d'une application web accessible et conviviale. Les résultats incluent également la mise en place d'un système hybride de validation combinant intelligence artificielle et supervision experte, ainsi que le déploiement d'outils de transfert de connaissances ciblés et d'activités de sensibilisation. Ensemble, ces réussites démontrent la faisabilité et la polyvalence de la plateforme Pollipro pour appuyer le suivi des pollinisateurs, l'éducation et la recherche appliquée.

Objectif 1 : Optimiser le flux de données grâce à la reconnaissance IA des pollinisateurs

La plateforme Pollipro a intégré avec succès le système d'identification d'images par IA Kindwise, permettant aux utilisateurs de recevoir des identifications préliminaires de pollinisateurs à partir de photos soumises. Cette fonctionnalité alimentée par l'IA réduit considérablement la nécessité d'une intervention experte initiale, simplifiant ainsi la saisie des données et le flux de classification. Le modèle hybride, combinant intelligence artificielle et validation experte, offre un cadre évolutif qui améliore la rapidité et la cohérence de l'identification des espèces d'abeilles.

Objectif 2 : Déployer une interface intuitive et accessible

Une application web bilingue à interface épurée et intuitive a été développée, accessible sur ordinateur et actuellement en cours d'optimisation pour une utilisation sur appareils mobiles. La plateforme permet aux utilisateurs de téléverser des photos de pollinisateurs, de suivre le statut de leurs soumissions et d'accéder à des informations sur les espèces à

distance, par simple connexion internet. Conçue pour des usagers non spécialistes, notamment les entreprises agricoles, les agronomes et les bénévoles scientifiques, l'application élargit la participation au suivi des pollinisateurs et dans les milieux agricoles.

Objectif 3 : Permettre la validation hybride (IA + expert)

Pour soutenir la validation experte, un système de gestion de contenu (CMS) dédié a été conçu, permettant à l'équipe Pollinature de valider, annoter et améliorer les identifications générées par l'IA. Cette approche intégrée améliore non seulement la qualité des données, mais contribue aussi à l'affinement progressif du modèle par l'entremise de boucles de rétroaction. L'infrastructure ainsi créée accroît la capacité de validation tout en réduisant progressivement la dépendance au temps des experts.

Objectif 4 : Transférer les connaissances, former et sensibiliser les utilisateurs

Le transfert de connaissances et la formation des utilisateurs ont été abordés par des stratégies multiples et complémentaires. L'application favorise l'apprentissage par des parcours guidés et des suggestions d'espèces générées par l'IA, aidant ainsi les utilisateurs à se familiariser avec les principaux groupes de pollinisateurs. De plus, une série de fiches éducatives sur les pollinisateurs du Québec, incluant les espèces vulnérables et spécialistes, a été créée. Celles-ci sont destinées à être largement diffusées lors d'ateliers, au sein de réseaux professionnels et comme ressources indépendantes.

Au-delà de la plateforme, la sensibilisation et la formation ont pris la forme d'ateliers académiques, de conférences et de webinaires. Notamment, Pollinature a présenté Pollipro lors d'un webinaire du MAPAQ sur les initiatives de biodiversité pour les professionnels agricoles et acteurs de la conservation ; lors d'un séminaire au John Abbott College dans le cadre de ses initiatives de développement durable au CÉGEP ; et la plateforme sera mise en vedette lors du Congrès annuel 2025 de la Société canadienne d'écologie et d'évolution à l'Université de Sherbrooke début juillet 2025. Cet événement offrira une vitrine précieuse pour accroître la visibilité et l'engagement auprès des milieux académiques et de la recherche écologique. Bien que les données analytiques précises sur l'engagement des utilisateurs soient encore en développement, les prochaines phases de l'application intégreront des mesures pour quantifier les usages et évaluer l'impact pédagogique des ressources intégrées.

Tableau 1. Résumé des livrables du projet et état d'avancement pour le déploiement initial de la plateforme Pollipro. Chaque livrable est indiqué comme complété, avec des notes détaillant la fonctionnalité, l'intégration et les volets de sensibilisation. Le tableau reflète les progrès accomplis tant pour l'infrastructure technique (application web, modèle IA, système de

validation expert) que pour les éléments complémentaires, tels que les contenus éducatifs, les activités de rayonnement et la maintenance continue.

Livrable	Statut	Notes
Application web (Pollipro)	Terminé	SPA entièrement fonctionnelle avec connexion, CMS et classification IA en direct
Intégration du modèle IA	Terminé	Connecté au modèle Kindwise avec mécanisme de secours
Système de validation par des experts	Terminé	CMS personnalisé pour la supervision experte, l'étiquetage et la capture des métadonnées
Base de données des pollinisateurs du Québec	Terminé	Espèces, images et métadonnées; prête pour l'expansion
Contenu éducatif	Terminé	Fiches d'information et glossaire intégrés à l'application
Activités de sensibilisation	Terminé	Webinaire sur la biodiversité organisé par le MAPAQ (présentation de Pollipro), atelier UdeM, conférences d'entomologie SEQ/C
Contrat de maintenance (2025–2028)	Terminé	Couvrir l'hébergement, la sécurité, les mises à jour et le support utilisateur

4. Applications sur le terrain

À cette étape, la première version de l'application Pollipro a été développée et déployée avec succès. Bien que les fonctionnalités principales soient pleinement opérationnelles, la courte durée du projet n'a pas encore permis une mise en œuvre sur le terrain à grande échelle ni des efforts soutenus d'adoption par les utilisateurs. Plusieurs améliorations sont en cours, notamment l'optimisation de l'affichage sur téléphone mobile, l'enrichissement des fonctionnalités conviviales et la refonte de la page d'accueil. Malgré ces limitations mineures, la plateforme possède un fort potentiel d'application concrète dans les contextes agricoles, de recherche et de conservation à mesure qu'elle entre dans la prochaine phase de déploiement.

Les utilisations prévues de l'application comprennent le suivi ciblé des pollinisateurs selon les cultures, où l'application peut servir à monitorer la présence et l'activité des principaux pollinisateurs associés à des cultures particulières, par exemple les espèces *Andrena* dans les bleuetières ou les espèces *Osmia* dans les vergers de pommiers, en collaboration avec les productrices et producteurs ainsi que les agronomes. L'application offre également un potentiel pour le suivi des aménagements favorables, tels que les bandes fleuries, haies ou hôtels à abeilles, en comparant les soumissions de photos prises avant et après

l'installation, afin d'évaluer l'évolution de l'activité des pollinisateurs dans le temps. De plus, Pollipro pourrait servir d'outil d'appui aux programmes de certification en agriculture durable, en fournissant des données de pollinisateurs spécifiques à chaque site, qui complèteraient la documentation éco-certifiée et les évaluations de gestion responsable des terres.

D'un point de vue biodiversité et conservation, la plateforme peut contribuer à alimenter les bases de données régionales ou nationales avec des observations de grande qualité, aidant à établir des jeux de données de référence et à détecter les changements potentiels dans la distribution ou l'abondance des pollinisateurs indigènes, rares ou en déclin. Ces cas d'usage mettent en valeur le potentiel de Pollipro comme outil polyvalent pour le suivi appliqué aussi bien que scientifique. Toutefois, la concrétisation de ce potentiel nécessitera des efforts ciblés de sensibilisation, le renforcement des partenariats avec les parties prenantes et une mobilisation élargie des utilisatrices et utilisateurs. Par ces initiatives, Pollinature vise à positionner Pollipro comme un outil fiable et évolutif pour le suivi des pollinisateurs dans divers contextes de terrain au Québec et ailleurs.

5. Prochaines étapes : applications futures sur le terrain

Bien que le déploiement complet sur le terrain en soit encore à ses débuts, la plateforme pose des bases techniques et conceptuelles solides pour de potentielles applications futures, incluant :

- Une meilleure visibilité de la répartition des espèces selon les types de cultures, notamment à mesure que les données s'accumulent grâce aux utilisateurs agricoles et aux contextes de terrain spécifiques.
- Le suivi des améliorations de l'habitat (ex. : bandes fleuries, haies, sites de nidification) à l'aide d'observations répétées avant et après intervention.
- Le soutien à l'établissement de bases de référence pour la biodiversité et aux révisions du statut de conservation, en contribuant des signalements d'occurrences vérifiés.
- L'apport de données d'entraînement pour la modélisation scientifique, particulièrement via des ensembles de photos sélectionnés et révisés par des experts.

Cependant, il est important de souligner que toutes ces futures applications dépendent fortement de la participation des utilisateurs, incluant entreprises agricoles, techniciens et citoyens, qui doivent prendre le temps de photographier les pollinisateurs, de téléverser des images et d'interagir avec l'outil. Sans contributions régulières du terrain, la qualité et la quantité des données resteront limitées. Ainsi, la réalisation de ces applications

nécessitera des efforts soutenus de sensibilisation, d'éducation et d'établissement de partenariats afin d'élargir la base d'utilisateurs et d'encourager une utilisation régulière dans tous les secteurs. Ces prochaines étapes sont essentielles pour libérer toute la valeur de la plateforme en matière de conservation appliquée et de prise de décisions écologiques.

6. Conclusion

Le projet Pollipro a atteint avec succès son objectif principal : le développement et le déploiement d'une application web hybride qui améliore l'identification des pollinisateurs en combinant intelligence artificielle et validation par des experts. La plateforme répond directement aux principaux défis de la surveillance des pollinisateurs, incluant la capacité taxonomique limitée et les obstacles à l'accès pour les utilisateurs non experts.

Au-delà de ses réalisations techniques, le projet a également livré des composantes éducatives et de sensibilisation complémentaires, telles que des fiches d'information, des présentations et un webinaire, qui constituent une base solide pour un transfert de connaissances élargi et un engagement accru des utilisateurs. Bien que ces composantes restent distribuées sous différents formats, elles complètent la plateforme et étendent sa portée auprès de divers groupes d'utilisateurs. Le succès à long terme de Pollipro dépendra de l'engagement continu des communautés agricoles, académiques et citoyennes. Son plein potentiel, en matière de suivi de la biodiversité, de planification durable de l'utilisation des terres et d'évaluation des habitats, ne pourra être réalisé que grâce à une participation soutenue et à une sensibilisation stratégique. Pour l'avenir, des efforts ciblés seront essentiels pour élargir l'adoption, améliorer l'expérience utilisateur et maintenir un flux constant de données de haute qualité. Avec ces prochaines étapes, Pollipro est bien positionné pour devenir un outil précieux pour la conservation des pollinisateurs au Québec, et un modèle élargi pour la surveillance de la biodiversité basée sur les données.

7. Références

Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., & Rotheray, E. L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229), 1255957

iNaturalist. (2023). *A citizen science platform for biodiversity observation and species identification*. Récupéré depuis <https://www.inaturalist.org>

Kindwise. (2025). *AI-powered species identification platform*. Récupéré depuis <https://www.kindwise.ai>

Klein, A. M., et al. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303–313.

Terry, J. C. D., Roy, H. E., August, T. A., & Pocock, M. J. O. (2020). *Thinking like a naturalist: Enhancing computer vision-based species identification using contextual data. Ecological Informatics*, 57, 101059.

Valan, M., Makonyi, K., Maki, A., Vondráček, D., & Ronquist, F. (2019). *Automated taxonomic identification of insects with expert-level accuracy using effective feature transfer from convolutional networks.*