

Combinaison des connaissances d'experts et de l'information géospatiale pour la modélisation et la cartographie du potentiel apicole du Québec

Guy Armel Fotso Kamga¹, Yacine Bouroubi¹, Mickaël Germain¹, Philippe Doyon¹, Georges Martin² et Hassina Yacini²

¹ Département de géomatique appliquée, Université de Sherbrooke (UdeS)

² Centre de recherche en sciences animales de Deschambault (CRSAD)

Le déclin des populations d'abeilles mellifères « *Apis mellifera* », essentielles pour la pollinisation et l'apiculture, est principalement dû aux changements climatiques, à la réduction des habitats naturels et à l'usage excessif des pesticides. Pour pallier cette problématique, la production de cartes de potentiel apicole devient nécessaire. Ces cartes permettent d'identifier les zones les plus adaptées pour installer des ruchers, contribuant ainsi à la préservation et au développement des populations d'abeilles. Un projet de recherche mené par l'Université de Sherbrooke (UdeS) et le Centre de recherche en sciences animales de Deschambault (CRSAD) a abouti au développement d'une approche de cartographie du potentiel apicole qui combine les données géospatiales et les connaissances d'experts.

L'impact des conditions environnementales sur la production apicole

Les caractéristiques des environnements naturels définissent les milieux de vie des abeilles, et affectent la santé des colonies. Les conditions climatiques impactent les cycles de floraison et la production de nectar et de pollen, tandis que l'expansion des monocultures intensives réduit et fragmente les habitats naturels. Ceci complique la recherche de nourriture augmentant ainsi le stress dans les ruchers. Ces facteurs ont été étroitement liés au phénomène d'effondrement des colonies (*Colony Collapse Disorder*). Dans ce contexte, il devient essentiel de combiner les connaissances scientifiques, l'expertise locale et les technologies modernes de collecte et l'analyse des données pour identifier les meilleurs habitats pour de nouveaux ruchers.

Données géospatiales multi-sources pour décrire les conditions environnementales

L'accès à des données fiables et la combinaison de diverses sources de connaissance sont essentiels pour guider une gestion durable des ressources naturelles. Un territoire donné est caractérisé par des données géospatiales, y compris pour produire de cartes de potentiel apicole. Ainsi, le projet UdeS-CRSAD intègre des données climatiques, des cartes d'occupation du sol et la topographie dans un modèle d'IA. Il s'agit des données météorologiques quotidiennes provenant de stations et de modèles climatiques exploités par ECCC¹, fournissant la température, l'humidité relative de l'air, la vitesse du vent, les précipitations et le rayonnement solaire. Les variations quotidiennes de ces variables représentent les fluctuations climatiques, qui sont intégrées dans la modélisation du potentiel apicole développé dans notre projet. Pour la qualité de l'occupation du sol, notre modèle s'appuie sur plusieurs sources de données, notamment la carte d'occupation du sol du MELCCFP², enrichie par la carte des types de

¹ Environnement et Changement Climatique Canada

² Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs du Québec

cultures fournie par la FADQ³. De plus, un modèle numérique de terrain (à 1 m de résolution) fourni par le MRNF⁴ a été utilisé pour dériver les variables topographiques comme la pente et l'orientation du terrain. Enfin, des variables des proximités des sources d'eau et des infrastructures de transport ont permis de tenir compte de ces autres paramètres pertinents pour l'activité apicole. Le choix des variables climatiques et cartographiques retenus pour le modèle de potentiel apicole s'est basé sur les connaissances scientifiques (une revue de littérature) et les savoirs locaux des apiculteurs (un sondage auprès de la AADQ⁵).

Modélisation et cartographie du potentiel apicole du Québec

La modélisation par Systèmes d'Inférence Floue nous a permis d'implémenter un modèle basé les variables retenues et les connaissances d'experts (scientifiques et apiculteurs), sous forme de règles explicites. Par exemple, les apiculteurs savent que certaines zones et certaines plages de température favorisent la production de nectar. Ce savoir se traduit par une règle qui mentionne que : « SI l'occupation du sol est favorable ET la température est optimale, ALORS le potentiel apicole est élevé ». Le modèle global intègre 13 variables et 43 règles, organisés sous forme de système d'inférence floue hiérarchique [1]. Ce même modèle a été simplifié pour améliorer son interprétabilité, et ce après l'avoir appliqué à la zone d'étude située dans la MRC de Portneuf, Québec. Le nouveau modèle a retenu les 5 variables et les 6 règles les plus importantes [2]. En outre, des données de rendements des ruchers du CRSAD ont permis de raffiner le modèle par rapport aux variations temporelles de la météo et des cultures agricoles, et ce à l'aide d'un système neuro-flou adaptatif [3].

Système d'aide à la décision sous forme de SIG-Web

Un prototype de système d'aide à la décision (SAD) a été réalisé pour fournir les cartes de potentiel apicole pour la zone d'étude située dans la MRC de Portneuf. Ce SAD se présente sous la forme d'un système d'information géographique (SIG), conçu pour permettre aux apiculteurs et aux décideurs de visualiser les zones à fort ou faible potentiel apicole, ainsi que les propriétés du territoire qui ont servi à calculer ce potentiel à l'aide du modèle développé. Le lien est le suivant : cartepotentiellapicole.igeomedia.com/

Références

- [1] Kamga, Guy A. Fotso, Yacine Bouroubi, Mickaël Germain, A. Mengue Mbom, and Madeleine Chagnon. "Expert knowledge-based modelling approach for mapping beekeeping suitability area." *Ecological Informatics* 80 (2024): 102530.
- [2] Kamga, Guy A. Fotso, Yacine Bouroubi, Mickaël Germain, Georges Martin, and Laurent Bitjoka. "Beekeeping suitability prediction based on an adaptive neuro-fuzzy inference system and apiary level data." *Ecological Informatics* (2025): 103015.
- [3] Fotso, G. A. K., Bouroubi, Y., Jones, H., & Germain, M. Integration of Expert Knowledge with Data-Driven Insights to Develop an Interpretable Beekeeping Suitability Model. *Soumis, expert systems with application*.

³ Financière agricole du Québec

⁴ Ministère des Ressources naturelles et des Forêts

⁵ Apiculteurs et apicultrices du Québec