
Proposition postdoctorale KIM 2021

DeepHornetBehaviour : détection des comportements du frelon asiatique dans des vidéos de ruches

Mots clé : frelon asiatique, espèce invasive, agriculture numérique, deep learning, suivi d'insectes, vidéosurveillance, big data

Contexte et enjeux

Le frelon asiatique, redoutable prédateur d'insectes pollinisateurs, a été introduit accidentellement en France en 2004 et est rapidement devenu une espèce invasive en Europe. Sa cible favorite est l'abeille domestique, maillon essentiel de la biodiversité et pollinisateur principal de nombreuses cultures vivrières. En chassant à l'affût en vol stationnaire devant les ruches, ce frelon participe au syndrome d'effondrement des colonies d'abeilles, au même titre que les pesticides, les parasites et le changement climatique. Le frelon asiatique entrave donc les services de pollinisation des abeilles, et par là outre toute une biodiversité, ce sont bien l'agriculture et notre sécurité alimentaire qui sont menacées. Alors que les recherches engagées pour le contrôler sont multiples et pour l'instant peu écologiques, sa dynamique de vol et son comportement de prédation vis-à-vis de l'abeille domestique restent peu étudiés. Notamment on ne connaît pas les paramètres biotiques et abiotiques susceptibles d'influer sur sa trajectoire de vol et son succès de prédation. Par ailleurs, son impact sur les populations d'abeilles n'a jamais été précisément quantifié. Seize ans après son introduction, il est nécessaire de mettre au point une méthodologie fiable et automatisable comptabilisant les événements de prédation à l'entrée des ruches afin de quantifier l'impact du frelon sur les ruchers et analyser son évolution au cours du temps. Le traitement automatique de données acquises en masse à l'échelle du pays permettrait d'évaluer le coût économique de ce prédateur et de connaître les types de ruchers les plus impactés et d'alerter sur les moments et conditions propices d'intervention ou de piégeage.

Le Post-doc s'inscrit dans un projet d'Ecologie appliquée visant à évaluer le taux de prédation d'abeilles domestiques journalier par le frelon asiatique au niveau d'un petit rucher (installé au CIRAD dans le cadre des projets CNRS CarniVesp 2016 et MUSE CarniVespa 2017-2021 [1] dévolus au développement d'un piège bioinspiré à l'encontre du frelon).

Il s'agit d'étudier le comportement des frelons et de dénombrer, de manière automatisée, à partir de données de vidéosurveillance sur les ruches le ratio captures/attaques dont sont victimes les abeilles au cours du temps et de tester si le taux de prédation des abeilles varie en fonction de l'année, de la saison, de l'heure de la journée, des conditions météorologiques, des protections physiques ou des pièges installées aux abords des ruches (muselière, piège à bec, etc.). De 2016 à

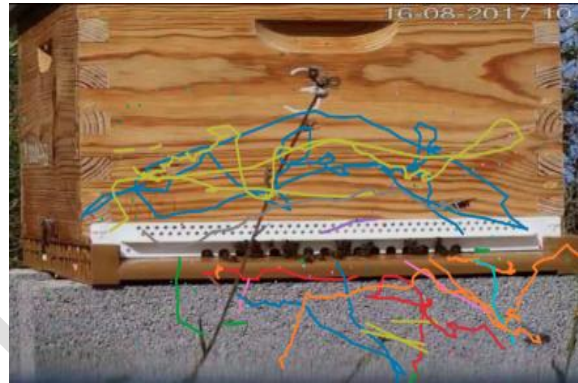
2019, des ruches ont été équipées de caméras basse définition (environ 4Mpx) ; des films pris en continu une journée par semaine pendant 4 mois de juillet à novembre de 2016 à 2018 totalisant plus de 360 heures d'acquisition ont pu être exploités à dire d'expert avec plus ou moins de succès et d'efforts.

Etudes numériques concomitantes

En 2020, un stage de Master 2, financé par l'I-Site MUSE était engagé sur *la détection et la quantification des attaques de frelons asiatiques sur l'abeille domestique* par couplage de méthodes de deep-learning et de vidéo-surveillance.



Détection des objets par le CNN YoloV4 : les abeilles se regroupent pour protéger l'entrée de la ruche ; détection des abeilles en vol en bleu, des frelons en orange, et des capture d'abeille en rouge.



Suivi des objets par le tracker V-OUI : le suivi des objets au fil de la vidéo donne des trajectoires représentant le comportement des différents individus détectés. Ces trajectoires peuvent être fragmentées comme le laisse supposer la présence de pointillés, voire entachées d'erreur de suivi comme le laisse supposer la complexité de certaines d'entre elles.

Les premiers résultats obtenus [2] ont permis d'identifier et de valider des solutions fonctionnelles, tout en pointant leur limite respective, liées aux trop faibles vitesses d'acquisition des caméras.

A l'automne 2020, les dispositifs initiaux étaient remplacés par des caméras Go Pro Hero9 UHD produisant de 100 000 à 800 000 images par heure d'enregistrement.

En 2021, un stage de Master 2, financé par l'institut de convergences Agriculture Numérique #DigitAg, sera engagé pour étudier la transposition et l'adaptation du couplage (détecteur YoloV4, tracker V-OUI) au contexte particulier du Big Data. Outre les aspects méthodologiques, il trouver les bons compromis entre fréquences d'acquisition des vidéos, taux de compression des images au regard de la taille des objets cibles et des temps de calcul.

Description du projet postdoctoral

L'étude engagée en 2020 sur les données 2016-2019 a montré l'absence de publications scientifiques sur la détection et le suivi d'objets à déplacement rapide et apparemment « erratique ». Le projet postdoctoral complète et oriente les études conduites au cours des différents stages en abordant les questionnements scientifiques fondamentaux.

Jeux d'apprentissage et hétérogénéité des données

Les ruches sont extrêmement variables en termes de formes, de textures, de couleurs et de cadre d'observation. Cette hétérogénéité intrinsèque au domaine d'étude est par ailleurs accentuée par le positionnement de la caméra aux abords de la ruche ; ainsi les vidéos prises face à la ruche sont

potentiellement plus complexes à traiter que celles prises de dessus : les insectes sont alternativement vus de profil, de $\frac{3}{4}$ avant, de $\frac{3}{4}$ arrière : le réseau doit apprendre différentes 'expressions' de l'objet, un peu comme s'il devait traiter les objets de scènes 3D. Mais c'est bien dans les vues de face que peuvent être détectées et suivies les captures d'abeille ou appréciés les comportements du frelon. L'un des enjeux scientifiques du projet postdoctoral porte sur la stratégie d'apprentissage du réseau de neurones pour lui permettre d'être le plus « générique » possible sans provoquer l'effondrement de sa capacité à bien détecter les différents objets d'intérêt : un seul et unique réseau « hétérogène » vs plusieurs réseaux « contextualisés ».

De la capture des abeilles au comportement des frelons

L'enjeu du stage de 2021 est de pouvoir suivre le plus précisément possible les captures d'abeille, c'est-à-dire de produire des trajectoires d'objets détectés pertinentes et continues (et ce indépendamment du nombre d'objets suivis). Un autre enjeu capital du projet postdoctoral est d'aborder l'analyse de ces trajectoires en termes de comportements successifs du frelon – *visite, vol stationnaire, attaque, capture, fuite* – et d'étudier dans quelle mesure l'annotation des différentes parties des trajectoires pourraient permettre de spécialiser un réseau de neurones à la détection des comportements du frelon, car in fine, c'est bien cet aspect qu'aborde les études des écologues. Cela pourrait permettre probablement de réduire significativement les étapes et par voies de conséquence les coûts de traitement des vidéos.

De la validation d'un réseau à l'extrapolation de ses performances

Il s'agit là d'un questionnement important mais sommes toutes classiques lors du passage d'un contexte purement scientifique à un contexte appliqué. Estimer les performances d'un réseau de neurones est au final assez simple ; garantir sa constance, i.e. sa capacité à répondre avec un taux de fiabilité constant sur des jeux de données est plus compliqué dans la mesure où il faut pouvoir évaluer le degré de similarité des données à traiter. C'est d'autant plus nécessaire dans des domaines à forte hétérogénéité. Le projet postdoctoral devra donc étudier particulièrement cet aspect en évaluant la solution dans différentes conditions applicatives et essayant de corrélérer les variations de réponse du réseau à des spécificités des jeux de données.

Vers des outils intégrés

C'est le lien entre l'aspect scientifique et l'aspect applicatif. Le projet devra *in fine* fournir une solution intégrée permettant aux écologues d'extraire des vidéos les informations nécessaires à la conduite de leurs différentes études statistiques sur de grands échantillons de données.

Aspects pratiques

Le projet postdoctoral relève de l'axe « Big data analysis in agriculture » et s'inscrit dans la logique des investissements successifs consentis autour de l'étude de la prédation du frelon asiatique. Il vient directement en appui au projet MUSE CarniVespa porté par Laurence GAUME [1], écologue de l'UMR Amap. De part son orientation, il chapeaute naturellement les stages en (bio-)informatique réalisés ou à venir centrés sur l'utilisation du deep-learning pour traiter les vidéos de ruches [2]. Sa forte coloration « numérique » et les questions scientifiques qui y seront aborder justifie une collaboration entre le groupe I2P (*Imagerie pour les Plantes et les Paysages*) de l'UMR Amap (*botAnique et Modélisation de l'Architecture des Plantes et des végétations*) [3,4] et l'équipe-projet ICAR (*Images et Interaction*) du Lirmm (Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier) [5,6] : le premier est spécialisé en analyse d'images appliquée, le second en analyse d'images fondamentale. Le projet postdoctoral renforcera ainsi l'interaction

entre ces deux unités membres de l'I-Site MUSE, collaborant par ailleurs depuis 3 ans sur des aspects deep-learning [7,8].

Le post-doc se déroulera dans les locaux de l'UMR Amap à Montpellier.

Références :

- [1] Gaume L, Gomez D, Villemant C, Le Conte Y, Delon J-L, et al. (2017) CARNIVESPA - Recherche de signaux visuels et olfactifs attirant spécifiquement le frelon asiatique chez une plante carnivore pour le développement d'un piège biomimétique - (Programme Investissements d'Avenir, ANR-16-IDEX-0006, I-Site MUSE): 13 pp.
- [2] Lemièrre, L. (2020). DeepHornet : détection et caractérisation des attaques de frelons asiatiques aux abords immédiats des ruches. Rapport de master 2 (master 2 SIAD, ISIMA, Institut d'Informatique, Université Clermont Auvergne). Encadrement : P. Borianne et L. Gaume – Financement : AAP-M2_KIM-Data&LifeScience, I-Site MUSE).
- [3] Borianne, P., Borne, F., Sarron, J., & Faye, E. (2019). Deep Mangoes: from fruit detection to cultivar identification in colour images of mango trees. *arXiv preprint arXiv:1909.10939*.
- [4] Viennois G., Borne F., Jaeger M., Borianne P. (2018). Quelle vérité terrain pour les réseaux de neurones en imagerie drone ? Application à la détection de palmier Raphia en forêts au Gabon. Marne-la-Vallée : s.n., 3 p. Conférence Française de Photogrammétrie et de Télédétection, 2018-06-26/2018-06-27, Marne-la-Vallée (France).
- [5] Chaumont, M. (2020). Deep learning in steganography and steganalysis. In *Digital Media Steganography* (pp. 321-349). Academic Press.
- [6] Villon, S., Mouillot, D., Chaumont, M., Darling, E. S., Subsol, G., Claverie, T., & Villéger, S. (2018). A deep learning method for accurate and fast identification of coral reef fishes in underwater images. *Ecological Informatics*, 48, 238-244.
- [7] Zegaoui, Y., Chaumont, M., Subsol, G., Borianne, P. and Derras, M. (2019) Urban object classification with 3D Deep-Learning, JURSE'2019, Joint Urban Remote Sensing Event, Co-sponsored by IEEE GRSS and ISPRS, Vannes, France, May 22-24, 2019
- [8] Zegaoui, Y., Chaumont, M., Subsol, G., Borianne, P. and Derras, M. (2018) First Experiments of Deep Learning on LiDAR Point Clouds for Classification of Urban Objects, Congrès CFPT'2018 (Congrès de la société Française de Photogrammétrie et de Télédétection