



Contacts

Christophe Bouget

christophe.bouget@inrae.fr

Bernard Benet

bernard.benet@inrae.fr

Mots clefs

Capteurs photographiques

Automatisation

Métabarcoding

Biodiversité forestière

Agrilus

Bryophytes

Disciplines impliquées

Biodiversité forestière

Entomologie

Intelligence artificielle

Métabarcoding

Robotique

Taxonomie des Bryophytes

Départements concernés

ECODIV

MATHNUM

Unités impliquées

UR EFNO

UR TSCE

USC Ecodiv – Université de Rouen

Normandie

UR P2E – Université d'Orléans

Partenaires

Laboratoire IRBI CNRS - Université

de Tours

Nouveaux outils pour évaluer automatiquement la population de coléoptères en forêt

BIOC@PT a testé et adapté un prototype de capteur photographique de coléoptères et la création et entraînement d'un réseau de neurones pour la reconnaissance visuelle automatisée de ces insectes. Il s'est montré performant avec 90 % de reconnaissance sur des espèces d'*Agrilus* et de *Scolytes*.

BIOC@PT – Capteurs automatiques de biodiversité en forêt

Depuis plusieurs décennies, en raison du déclin rapide et alarmant de la biodiversité, la surveillance des changements environnementaux est devenue un enjeu crucial. Les méthodes classiques de suivi de la biodiversité ne sont plus adaptées et il est nécessaire d'envisager une automatisation de la collecte d'échantillons par images, vidéos et sons.

Grâce aux avancées réalisées durant la dernière décennie dans les domaines de la génomique, de l'informatique et de l'intelligence artificielle, les capteurs peuvent maintenant être associés à des technologies de barcoding d'ADN environnemental, de reconnaissance visuelle ou sonore autonome pour identifier ou dénombrer les espèces.



© INRAE - Christophe Bouget

Démarches

Le projet BIOC@PT a exploré de nouveaux moyens d'acquérir des données de biodiversité, plus rapides et moins coûteux que la détermination morphologique classique en laboratoire, en automatisant les relevés sur le terrain (par des capteurs) et la détermination des espèces (par des techniques d'intelligence artificielle appliquées à la reconnaissance photographique), dans une triple optique de biovigilance, de suivis de biodiversité et d'étude des patrons spatiotemporels de biodiversité. Cette démarche exploratoire a concerné deux groupes taxonomiques forestiers importants et relativement mal connus (insectes et bryophytes) et pourra être adaptée à d'autres groupes.

Études bryologiques et mycologiques

Un test de faisabilité de reconnaissance visuelle autonome par apprentissage profond a été conduit sur des photos de spores de bryophytes, échantillonnées en forêt par aspiration active de particules aéroportées avec un capteur Cyclone Sampler automatique. Nous avons développé un algorithme de type CNN apte à discriminer des objets de type « spore » et constitué une banque photo des diaspores de 54 espèces de Bryophytes, incluant les espèces recensées par inventaire naturaliste sur les sites d'échantillonnage par aspiration.

Prototype de capteur entomologique photographique

Un prototype de capteur d'insectes à piège photographique automatique a été mis au point et testé en forêt sur un groupe d'espèces de coléoptères xylophages (*buprestes Agrilus sp.*). En collaboration avec la société Cap2020 pour l'ingénierie mécatronique du capteur (boîtier, capteur optique rétro-éclairage, communication, sauvegarde, autonomie énergétique), nous avons transformé un piège Lindgren vert, sélectif à l'égard des buprestes, en un prototype de capteur photographique sélectif, non destructif, automatique et connecté.

Reconnaissance visuelle autonome des photos de coléoptères *Agrilus*

L'objectif à moyen terme est un piège photographique automatique avec algorithme embarqué de traitement des photos. Dans BIOC@PT nous avons travaillé sur un outil de tri automatique de laboratoire capable d'assurer la reconnaissance automatique (classification par apprentissage profond) de coléoptères photographiés au laboratoire, de façon à automatiser le dépouillement d'échantillons provenant de pièges classiques.

Résultats

Études bryologiques et mycologiques

Sur les données d'apprentissage, le taux de reconnaissance global est insuffisant, entre 63 % et 80 %, et la sensibilité et la précision moyenne sont faibles pour l'ensemble des espèces, avec des confusions fréquentes entre certaines espèces.

Prototypage de capteur entomologique photographique

La mise à jour à distance du script pilotant la fréquence régulière des prises de vue et la télétransmission des clichés sont opérationnelles. La géométrie d'une nouvelle chambre de prise de vue, avec collerette anti-retour, optimisée après observation du comportement des insectes piégés, a été intégrée à la version 2 du boîtier de capteur Cap2020 et testée avec succès en forêt à l'été 2024 (photo).



Reconnaissance visuelle autonome des photos de coléoptères *Agrilus*

Un réseau de neurone personnalisé a été créé puis entraîné pour discriminer les classes (espèces) d'une photothèque d'apprentissage constituée de plusieurs milliers de clichés des 7 principales espèces régionales du genre *Agrilus* et d'une espèce d'*Agrilus* exotique envahissante. Puis 8 espèces de scolytes ont été ajoutés. Le réseau de neurones montre de bonnes performances à discriminer les taxa. Avec la photothèque d'apprentissage augmentée, le taux de reconnaissance global atteint 90 %.

L'algorithme entraîné avec la photothèque de laboratoire s'est montré capable de discriminer les espèces d'*Agrilus* sur des photos provenant du capteur de terrain, pourtant moins qualitatif au niveau optique que le microscope numérique de labo.

Publications

[Le Borgne, H. & Bouget, C. \(2023\) Suivis de biodiversité par la reconnaissance automatique des espèces sur photographies : perspectives et défis. *Naturae*, 6, pp.75-96](#)

[Le Borgne, H. & Bouget, C. \(2023\) Suivis acoustiques de biodiversité : perspectives et défis en milieu continental terrestre. *Naturae*, 8, pp.129-150](#)

[Le Borgne, H. & Bouget, C. \(2024\) La reconnaissance des espèces basée sur l'ADN : applications, perspectives et défis en milieu continental terrestre. *Naturae*, 3, pp.31-67](#)

[Caruso, V., Shirali, H., Bouget, C., Cerretti, P., Curletti, G., de Groot, M., Groznic, E., Gutowski, J.M., Pyliatuk, C., Plewa, R., Roques, A., Sallé, A., Sweeney, J., Wühl, L., Rassati, D. \(2026\) Image-based recognition using advanced neural networks can aid surveillance of *Agrilus* \(Coleoptera, Buprestidae\) jewel beetles. *NeoBiota*, 105, pp.319-336 \(accepted 23/01/2026\)](#)