

TITRE DE LA THESE :

Proxidétection et intelligence artificielle pour l'aide au diagnostic de maladies du dépérissement de la vigne

Laboratoire d'accueil et directeur de thèse :

IMS, CNRS UMR 5218

Adresse : 351, Cours de la Libération, 33405 Talence cedex

Directeur de thèse : Pr. Jean-Pierre Da Costa, Bordeaux Sciences Agro, Laboratoire IMS

Laboratoires et chercheurs partenaires :

- Laboratoire EGFV, INRA UMR 1287
Dr. Marc Greven
- Plant & Food Research, Department Sustainable Production, New Zealand.
Dr. Andrew McGlone, BioEngineering Technologies Group
Dion Mundi, Viticulture & Oenology Group

RESUME DU PROJET :

Le dépérissement de la vigne est une problématique mondiale, aux conséquences économiques majeures pour l'industrie viticole. Il ne peut être endigué que par une prospection systématique, chronophage et coûteuse, qui nécessite un haut niveau d'expertise. Motivées par les potentialités récemment démontrées de la proxidétection en matière d'observation de la vigne, deux équipes française et néozélandaise proposent, par ce projet de thèse, de développer des solutions alliant imagerie embarquée et intelligence artificielle pour l'aide au diagnostic de maladies du dépérissement.

La solution envisagée repose sur l'utilisation conjointe d'un système d'imagerie embarquée et d'approches d'intelligence artificielle afin de parvenir non seulement à la détection de symptômes individuels mais aussi au diagnostic de la maladie à l'échelle d'une plante. Trois pathologies sont principalement ciblées : la flavescence dorée, le virus de l'enroulement de la vigne (Leaf Roll) et l'eutypiose dont le diagnostic nécessite l'observation simultanée de symptômes multiples et leur différenciation de facteurs confondants.

La thèse proposée se place dans un cadre international de coopération entre équipes de recherche françaises et néo-zélandaises, à l'interface entre numérique et viticulture. Elle s'appuiera sur trois piliers que sont (i) l'acquisition d'images, menée en France et en Nouvelle-Zélande, (ii) l'annotation d'images et la constitution de vérités terrain, (iii) le développement et la validation de solutions algorithmiques pour la reconnaissance des maladies. Les points (i) et (ii) s'appuieront sur des projets tiers mais aussi sur le doctorant qui participera à la proposition de protocoles d'acquisition et d'annotation de données. Le point (iii), cœur de la thèse, portera sur la mise en œuvre d'approches neuronales convolutionnelles (deep learning). Ces dernières seront appliquées soit directement sur les images acquises (pour la détection des symptômes individuels), soit sur des graphes formés par spatialisation des détections individuelles (Graph Neural Networks).

Profil recherché

Diplôme d'ingénieur agronome avec une spécialisation en Numérique ou en Data Science pour l'agriculture

ou

Diplôme d'ingénieur ou de master 2 en électronique ou informatique avec une spécialisation en traitement d'image et un intérêt marqué pour les sciences agronomiques.

Anglais : lu, écrit, parlé, niveau B2 requis.

Contact

Pour toute information, contacter J.P. Da Costa :

- par email : jean-pierre.dacosta@ims-bordeaux.fr
- ou par téléphone : +33 5 4000 2634 / +33 5 5735 4234.

Pour candidater, envoyer un CV et une lettre de motivation par email.

1. CONTEXTE

Le dépérissement de la vigne est un problème majeur affectant l'ensemble du vignoble mondial. Il réduit les rendements et augmente les coûts de production. Causé par des champignons (e.g. esca, eutypiose), des bactéries (maladie de Pierce), des virus (Leafroll, Fanleaf) ou des phytoplasmes (Flavescence dorée ou FD), son développement est accentué par différents facteurs dont le réchauffement climatique. La prospection, indispensable, est très chronophage et coûteuse. Elle requiert un niveau d'expertise important, nécessaire à la bonne différenciation entre maladies et facteurs confondants, biotiques et abiotiques, et ne peut s'appuyer à ce jour sur des outils d'aide au diagnostic.

Cependant, les technologies d'imagerie embarquée et les développements récents en intelligence artificielle pourraient être mis à profit pour accompagner, sinon suppléer, l'expert dans sa prospection et sa prise de décision. En effet, tout stress chez la plante peut avoir un effet sur les propriétés optiques de ses organes, potentiellement détectable par imagerie. Différents capteurs optiques, dans le spectre visible ou proche-infrarouge, permettent de décrire la composition de la feuille voire de quantifier l'activité photosynthétique, selon la longueur d'onde et le type de mesure effectuée.

L'imagerie visible ou Rouge Vert Bleu (RVB) permet de détecter les symptômes visibles comme des couleurs ou des motifs caractéristiques. Différentes applications au champ sont associées aux techniques les plus récentes d'intelligence artificielle comme le Deep Learning, qui prennent en compte la variabilité rencontrée dans les conditions réelles et rendent la détection plus robuste aux perturbations (angle de vue, enchevêtrement de feuilles...) [8, 12]. En viticulture, l'imagerie visible embarquée a l'avantage de nécessiter un matériel peu coûteux fournissant des images haute-résolution. Elle est utilisée pour la recherche de pieds manquants [7] ou la reconstitution du couvert [6]. Enfin, bien qu'elle ne permette pas de détection précoce, elle montre un fort potentiel en matière de détection de maladie en particulier sur l'esca et ses symptômes confondants [9].

En comparaison de travaux menés dans d'autres contextes [3-5], les résultats obtenus récemment à l'IMS sur l'esca [20] et le mildiou [1,2] ont montré que la proxidtection visible était la voie la plus prometteuse pour résoudre les problèmes d'identification et de différenciation des symptômes à l'échelle de la plante et de ses organes. Pour autant, les approches développées à ce jour n'ont montré qu'une capacité à détecter certains symptômes isolés, relatifs à des modifications de couleur ou de texture (tâches, décolorations, nécroses), visibles sur la surface des feuilles. Leur capacité à capturer des déformations géométriques telles que l'enroulement des feuilles (caractéristique de différentes pathologies) ou le rabougrissement de rameaux (cas de l'eutypiose) reste à démontrer. Il en va de même pour ce qui est de détecter, à l'échelle de la plante, voire du rameau, la présence simultanée de symptômes de natures variées (décolorations, non-aoûtement, dessèchements, enroulement, comme dans le cas de la FD). De ces interrogations découle la problématique de la thèse proposée :

Peut-on tirer parti des potentialités démontrées de la proxidtection, de la vision et de l'intelligence artificielle pour aider au diagnostic de maladies du dépérissement se manifestant par des expressions complexes de symptômes variés ?

2. OBJECTIFS

La thèse proposée se place dans un cadre international de coopération entre équipes de recherche française et néo-zélandaise, à l'interface entre numérique et viticulture. Les objectifs ciblés sont de nature à faire émerger des solutions génériques pour l'aide au diagnostic multifactoriel de maladies de la vigne :

- Proposer des stratégies d'acquisition, d'annotation d'images et de recueil de vérité terrain permettant d'alimenter des bases d'apprentissage pour l'entraînement d'algorithmes de reconnaissance
- Proposer des algorithmes pour la reconnaissance (bas niveau) de symptômes unitaires : enroulement, décoloration, dessèchements...
- Proposer des algorithmes et modèles pour l'aide au diagnostic (haut-niveau) de la maladie par la mise en relation de symptômes multiples à l'échelle du rameau, de la plante ou du groupe de plante.

Une attention particulière sera portée à des maladies du dépérissement faisant apparaître une combinaison de symptômes, cf. Tab 1. L'esca, déjà couverte par des travaux réalisés à l'IMS [9,10] sera prise en compte comme facteur confondant pouvant perturber la détection d'autres maladies.

Tab. 1 : Pathologies ciblées, nature et période d'apparition des symptômes.

Pathologie	Saison	Symptômes
Eutypiose	FR : mai NZ : novembre	Décoloration et enroulement des feuilles ; rabougrissement des rameaux .
Flavescence dorée	FR : août-sept.	Décoloration et enroulement des feuilles ; non aoûtement des rameaux ; dessèchement des grappes.
Leaf Roll	NZ : février-mars	Enroulement ; motifs colorés sur les feuilles.

3.3 Projets en lien avec la thèse

La thèse s'appuiera sur différents projets en cours auxquels, en retour, il viendra apporter un renforcement méthodologique.

Labo	Projet	Financement	Objectifs
IMS	Prospect FD 2020-2023	ANR EcoPhyto-Maturation	Développement d'un OAD pour l'aide à la prospection de la FD.
PFR	Vineyard Ecosystems	Financement NZ Wine	Acquisition de références sur maladies dont Eutypiose

BIBLIOGRAPHIE

- [1] F. Abdelghafour, F. Rançon, B. Keresztes, Ch. Germain, J.P. Da Costa, "On-board colour imaging for the detection of downy mildew". ECPA 2019, Montpellier, France.
- [2] F. Abdelghafour, "Potentialités de l'imagerie couleur embarquée pour la détection et la cartographie des maladies fongiques de la vigne". Thèse de doctorat, Université de Bordeaux, 2019.
- [3] H. Al-Saddik, A. Laybros, B. Billiot et F. Cointault, "Using image Texture and Spectral Reflectance Analysis to Detect Yellowness and Esca in Grapevines at Leaf-Level". *Remote Sensing* 10, p. 618, 2018.
- [4] J. Albetis, S. Duthoit, F. Guttler, A. Jacquin, M. Goulard, H. Poilvé, J-B. Féret, G. Dedieu, "Detection of Flavescence dorée Grapevine Disease Using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Multispectral Imagery". *Remote Sens.* 2017, 9(4), 308.
- [5] J. Albetis et M. Goulard. "On the potentiality of UAV multispectral imagery to detect Flavescence dorée and Grapevine trunk" In: *Recent Advances in Quantitative Remote Sensing*. 2017.
- [6] A. I. de Castro, F. M. Jiménez-Brenes, J. Torres-Sánchez, J. M. Peña, I. Borra-Serrano, F. López-Granados, "3-D Characterization of Vineyards Using a Novel UAV Imagery-Based OBIA Procedure for Precision Viticulture Applications". *Remote Sensing* 10.4 (2018)
- [7] N. Puletti, R. Perria, P. Storchi, "Unsupervised classification of very high remotely sensed images for grapevine rows detection". *European Journal of Remote Sensing* 47.1, 2014, p. 45–54.
- [8] A. Ramcharan, K. Baranowski, P. McCloskey, B. Ahmed, D. P Hughes, "Deep Learning for Image-Based Cassava Disease Detection". *Frontiers in Plant Science* 8, oct. 2017, p. 1–7.
- [9] F. Rançon, L. Bombrun, B. Keresztes, Ch. Germain, "Comparison of SIFT encoded and Deep Learning features for the classification and detection of esca disease in Bordeaux vineyards". *Remote sensing journal*, 11(1), 1-26, Janv. 2019.
- [10] F. Rançon, "Imagerie couleur et hyperspectrale pour la détection et la caractérisation des maladies du bois de la vigne". Thèse de doctorat, Université de Bordeaux, 2019, confidentielle jusqu'en Fév. 2021.
- [11] Z. Wu, S. Pan, F. Chen, G. Long, C. Zhang, P. S. Yu, "A Comprehensive Survey on Graph Neural Networks". [arXiv.org>cs>arXiv:1901.00596](https://arxiv.org/abs/1901.00596).
- [12] C. Xie, Y. He, "Spectrum and Image Texture Features Analysis for Early Blight Disease Detection on Eggplant Leaves". *Sensors* 16.5, 2016, p. 676.
- [13] D. Zhu, Y. Liu, "Modelling Spatial Patterns Using Graph Convolutional Networks". *International Conference on Geographic Information Science*, vol 114, 2018, pp. 73:1-73:7.
- [14] Z. Zhang, P. Cui, W. Zhu, "Deep Learning on Graphs: A survey". [arXiv:1812.04202v1](https://arxiv.org/abs/1812.04202v1)