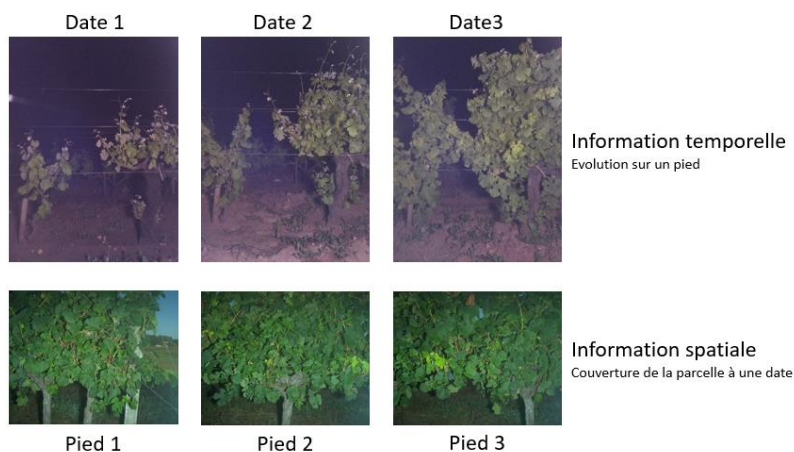


« Fusion de données spatialement et temporellement résolues : application au traitement d'images de proxidétection en viticulture. »

Contexte global

Les parcelles agricoles sont le siège de nombreux phénomènes s'exprimant à la fois par une forte hétérogénéité spatiale et temporelle. Ces phénomènes sont naturellement structurés et dépendent entre autres des caractéristiques locales du sol. Plus spécifiquement, la viticulture de précision tente de prendre en compte ces hétérogénéités au vignoble afin d'apporter une réponse objective et quantifiée dans la conduite intra-parcellaire.

L'offre actuelle en capteurs imageurs permet la mesure de variables d'intérêt résolues dans le temps (via des capteurs fixes de surveillance) et dans l'espace (le plus souvent via des capteurs mobiles montés sur engins agricoles ou des images aériennes/satellites) à bas coût. Cette multiplication des sources de données s'accompagne de nouveaux développements méthodologiques (apprentissage profond, faiblement supervisé, transfer learning [1], etc.). La prise en compte simultanée de sources hétérogènes dans un contexte agronomique contraignant reste cependant à ce jour un défi majeur, bien qu'indispensable pour la conception d'Outils d'Aide à la Décision performants.



Exemple d'acquisition de série temporelle sur un pied de vigne par un capteur fixe (première rangée) et de pieds voisins à une date par un capteur mobile (seconde rangée)

Description de la thèse

L'objectif principal de la thèse proposée est l'apport de développements méthodologiques et applicatifs pour la fusion de données issues d'images agricoles en proxidétection résolues dans le temps et dans l'espace, avec une application principale à la vigne.

Plus particulièrement, deux objectifs méthodologiques sont successivement attendus lors de la thèse. Le premier objectif, intermédiaire, concerne l'extraction préalable des variables d'intérêt (surface foliaire, nombre de feuilles symptomatiques d'une maladie etc.) sur les images acquises par le capteur mobile et le capteur fixe à l'aide de méthodes développées par le passé dans l'équipe (par analyse de texture, apprentissage profond, etc.). L'évaluation de la robustesse des algorithmes d'extraction de l'information sur les différentes sources de données image constitue un enjeu important pour les applications agricoles et sera donc au cœur de cet objectif.

L'objectif principal concerne la fusion des variables d'intérêt résolues spatialement et temporellement. Les possibilités de prédiction de séries temporelles complètes en tout point d'une parcelle mais aussi l'estimation des incertitudes liées à la fusion seront ainsi par exemple évaluées. Deux types de méthodologies pourront être considérés pour répondre à la question.

Dans un premier temps la **modélisation multivariée** conjointe des variables d'intérêt au sein **d'approches géostatistiques à l'échelle de la parcelle** sera au cœur des attentes méthodologiques. L'utilisation de deux variables régionalisées se retrouve couramment dans la littérature géostatistique théorique (co-krigeage [2], krigeage bayésien [3]) et a par exemple été explorée dans le domaine agricole pour la caractérisation des sols [4]. L'exploitation conjointe au champ de données images prises au sol par un capteur fixe et un capteur mobile reste cependant aujourd'hui à notre connaissance nouvelle. Une réalité agronomique forte devant être cependant prise en compte, ces préoccupations incluent les limitations de l'échantillonnage à la parcelle, la présence de phénomènes ne s'exprimant que ponctuellement (par exemple des symptômes foliaires) ainsi que le bruit et le biais des mesures (sous-estimation de la variable d'intérêt). Dans un second temps, d'autres méthodes de fusion, notamment issues de **l'apprentissage profond** seront de même explorées. Un intérêt tout particulier sera porté à la compréhension et la visualisation du fonctionnement interne des algorithmes de ce type. Les développements méthodologiques pourront s'inspirer d'approches de fusion en imagerie satellite couramment explorées au sein du laboratoire et dans la littérature [5].

Une première application sur une variable d'intérêt simple mesurable sur l'ensemble d'un vignoble du château Luchey-Halde (évolution de la surface foliaire) est d'abord envisagée. D'autres applications ciblées sur des données ponctuelles et/ou plus complexes pourront par la suite être développées sur la base des premiers travaux méthodologiques, afin d'en détourner les limites et améliorations nécessaires. Les liens temporels complexes entre cycle cultural de la vigne et expression des maladies pourront par exemple être explorés. Une première base de données acquise durant la campagne 2022 sera mise à disposition du doctorant lors de la première année afin de mettre en place les briques méthodologiques de la thèse. **Le doctorant participera ensuite, en collaboration avec Bordeaux Sciences Agro et son Digilab, à l'élaboration des plans d'expérimentation** des années suivantes et aux choix technologiques permettant de répondre aux questionnements agronomiques soulevés.

Profils et compétences recherchés :

La thèse se situe à l'interface entre trois domaines scientifiques : agronomie, statistiques et traitement de l'image. Sans devoir posséder obligatoirement des compétences dans ces trois disciplines, le doctorant devra manifester un esprit d'ouverture et des capacités d'adaptation lui permettant de s'approprier, avec l'aide de ses encadrants, les différents concepts et outils nécessaires au développement du sujet de la thèse.

- Le candidat devra justifier d'un diplôme de master ou ingénieur (équivalent bac +5) dans un domaine lié au sujet de la thèse (agronomie, traitement du signal et des images ou statistiques)
- Une double compétence dans les domaines non couverts par le diplôme du candidat ainsi qu'une appétence particulière pour l'autoformation seront favorablement considérés. Une expérience significative en imagerie agricole sera de même valorisée.
- Afin d'assurer la réalisation du travail de terrain, la possession du permis B est importante, une voiture personnelle serait un plus
- Un niveau d'utilisation opérationnel dans l'un des langages de programmation suivants est exigé : Python, R. Le doctorant aura l'occasion de développer ses compétences de programmation durant la thèse. Les traitements pourront inclure la manipulation de structures de données et d'images, des traitements géostatistiques, la production de figures et l'adaptation de nouvelles méthodes issues de l'état de l'art. La maîtrise d'un logiciel de SIG (QGis, ArcGIS) serait aussi un plus.
- Goût pour l'expérimentation de terrain et faculté d'adaptation aux imprévus
- Bonne maîtrise de l'anglais (lecture, écriture et oral)

Cadre de travail et rémunération

La thèse sera basée au laboratoire IMS à Talence (UMR 5218, Université de Bordeaux) dans lequel le doctorant sera intégré au sein de l'équipe Signal et Image. Des déplacements réguliers sont à prévoir en région bordelaise, notamment à Bordeaux Sciences Agro (Gradignan) et son château Luchey-Halde (Mérignac), ainsi que pour la valorisation scientifique des travaux lors de conférences.

Directeur de thèse : Jean-Pierre Da Costa (Laboratoire IMS – Bordeaux Sciences Agro)
Encadrant de thèse : Florian Rançon (Laboratoire IMS – Bordeaux Sciences Agro)

Le doctorant bénéficiera d'un contrat doctoral de 36 mois et percevra une **bourse mensuelle de 1866 € bruts, soit 1500 € nets**. Des possibilités d'activités complémentaires rémunérées pourront lui être proposées (enseignement, expertise, valorisation).

Date prévue de **début de la thèse : 03/10/2022**

Pour postuler (joindre CV et lettre de motivation) ou pour toute question, contacter Florian Rançon (florian.rancon@agro-bordeaux.fr). Date limite de candidature : 12/06/2022

Bibliographie

- [1] F. Rançon, L. Bombrun, B. Keresztes, et C. Germain, « Comparison of SIFT Encoded and Deep Learning Features for the Classification and Detection of Esca Disease in Bordeaux Vineyards », *Remote Sens.*, vol. 11, n° 1, 2019, doi: 10.3390/rs11010001.
- [2] A. Castrignanò *et al.*, « A Combined Approach of Sensor Data Fusion and Multivariate Geostatistics for Delineation of Homogeneous Zones in an Agricultural Field », *Sensors*, vol. 17, n° 12, p. 2794, déc. 2017, doi: 10.3390/s17122794.
- [3] P. J. Diggle et P. J. Ribeiro, « Bayesian Inference in Gaussian Model-based Geostatistics », *Geogr. Environ. Model.*, vol. 6, n° 2, p. 129-146, nov. 2002, doi: 10.1080/1361593022000029467.

- [4] E. Walker, P. Monestiez, C. Gomez, et P. Lagacherie, « Combining measured sites, soilscales map and soil sensing for mapping soil properties of a region », *Geoderma*, vol. 300, p. 64-73, août 2017, doi: 10.1016/j.geoderma.2016.12.011.
- [5] M. Belgiu et A. Stein, « Spatiotemporal Image Fusion in Remote Sensing », *Remote Sens.*, vol. 11, n° 7, p. 818, avr. 2019, doi: 10.3390/rs11070818.