

Offre de stage 2025 – Niveau Ingénieur 3A / Master 2

Analyse d'images issues de drones et caméras statiques pour l'étude des systèmes viticoles biodiversifiés

1 Contexte de l'étude

Les systèmes viticoles font face à des enjeux menaçant leur durabilité, notamment en ce qui concerne la qualité et l'érosion des sols (Coll et al., 2012, 2011; Prosdocimi et al., 2016) dans un contexte de changement climatique affectant la production viticole (Naulleau et al., 2021; Santillán et al., 2019; van Leeuwen et al., 2019). L'augmentation de la biodiversité dans et autour des vignobles est une stratégie clé pour répondre à ces défis (Coll et al., 2011; Rusch et al., 2017, 2016; Winter et al., 2018). Les cultures de services (ou couverts végétaux), qu'elles soient semées ou spontanées, offrent des services écosystémiques tels que la protection des sols, la régulation des adventices, et l'augmentation de l'activité biologique des sols (Garcia et al., 2018). Cependant, en région méditerranéenne, ces cultures peuvent entrer en compétition avec la vigne pour les ressources hydriques et azotées, ce qui peut affecter le rendement et le stress de la vigne (Celette and Gary, 2013). Le risque de perte de rendement et le stress de la vigne sont les deux premiers facteurs de non-adoption de cette pratique en viticulture (Fernández-Mena et al., 2021; Schütte and Bergmann, 2019), et l'identification de leviers de gestion permettant de piloter cette biodiversité associée est un enjeu important en viticulture.

L'utilisation de capteurs embarqués et d'imagerie aérienne améliore notre connaissance fine des agrosystèmes viticoles, notamment pour la vigueur de la vigne (Pádua et al., 2019), les maladies (Matese et al., 2013; Pañitruur-De la Fuente et al., 2020), le statut hydrique (Acevedo-Opazo et al., 2008; Santesteban et al., 2017), et le rendement (Ferrer et al., 2020). Ces études utilisent principalement des images multispectrales, hyperspectrales ou thermiques de satellites ou drones, générant des indicateurs comme le NDVI ou le LAI (Mathews and Jensen, 2013). L'imagerie visible, moins coûteuse, peut également prédire le rendement (Matese and Di Gennaro, 2021; Pichon et al., 2019). Cependant, peu de travaux dynamiques couvrent tout le cycle de culture de la vigne (Pichon et al., 2019). La télédétection et les images de caméras statiques connectées offrent un potentiel pour développer des outils d'aide à la décision, améliorant la gestion des cultures de services et l'évaluation des systèmes viticoles agroécologiques (Brunel et al., 2021).

Comment l'utilisation de drones et de caméras statiques pour la surveillance continue des vignobles peut-elle aider à évaluer les systèmes viticoles agroécologiques, et identifier des indicateurs de gestion des cultures de services permettant de trouver des compromis entre services de régulation et maintien de la production viticole ?

2 Démarche du stage

Le travail du stage sera basé sur l'analyse i) d'images et variables agronomiques déjà acquises en 2023 et 2024, ainsi que ii) l'acquisition de données (images + variables agronomiques) à partir du semis des couverts végétaux (octobre 2024) jusqu'à l'été 2025. En 2023 et 2024, des vols de drone ont été effectués mensuellement sur une parcelle de 2 ha du Domaine du Chapitre (Villeneuve-lès-Maguelone), qui combine différents systèmes agroécologiques et types d'entretien du sol : 1) non-travail du sol et enherbement spontané permanent, 2) semis de cultures de services, 3) désherbage mécanique total. Chaque système est implanté sur une surface de 6000 m², divisée en 3 blocs (2000 m² chacun) suivant un gradient de sol (pierrosité, matière organique).

Deux drones (DJI Phantom 4 Pro V2 et DJI Phantom 4M) équipés de capteurs (RGB et multispectral 5 bandes, respectivement) ont été utilisés pour réaliser les vols, à 48 m de hauteur, permettant une résolution de 1,8 et 2,5 cm/pixel, respectivement. En 2024, une caméra statique a également été installée dans chacun des systèmes, pour une acquisition quotidienne d'images intégrant la plante de vigne, le rang et l'inter-rang, et permettant de suivre le développement des végétaux à une haute résolution temporelle. Parallèlement à l'acquisition d'images, des mesures de biomasse, hauteur des cultures de services (semées et spontanées), et diversité taxonomique des communautés ont été réalisées à deux périodes au printemps (mars et mai). L'ensemble des mesures a été géolocalisé à une précision centimétrique (RTK). La vigueur de la vigne a également été caractérisée autour de sa floraison, via des mesures non destructives sur les rameaux (diamètre, longueur, nombre par cep) et à l'échelle de la canopée à l'aide de capteurs piétons (SPAD, GreenSeeker).

En 2024-2025, l'acquisition de cet ensemble de données sera reconduite, dans l'objectif de constituer une base de données de 3 années intégrant des données issues des capteurs optiques (vecteur drone et caméras statiques) et données agronomiques (cultures de services et vigne).

Après s'être approprié la bibliographie nécessaire à la compréhension des enjeux agroécologiques en viticulture, et liés aux technologies numériques en agriculture, plusieurs phases de travail sont prévues :

1. Constitution de la base de données

- Constitution de la BDD intégrant les données issues de l'imagerie (images drone et caméras statiques) ainsi que les données agronomiques collectées sur le terrain (e.g. biomasse, diversité, vigueur de la vigne).

2. Traitement des images

- Création d'orthomosaïques et de modèles numériques à partir des images RGB et multispectrales à l'aide d'Agisoft Metashape et de la méthode TIME-SIFT (Feurer and Vinatier, 2018).
- Extraction des indicateurs clés (biovolume, indices de végétation) à l'aide de CloudCompare (Cheraïet et al. 2024).

3. Analyse des données

- Étude des relations entre les indicateurs issus de l'imagerie et les données de terrain.
- Sélection des indicateurs les plus pertinents à travers des analyses statistiques multivariées (méthode SO-PLS, Cheraïet et al. 2024).

3 Profil recherché

- Niveau Ingénieur 3A ou M2 en data science, bio statistiques, ou agronomie
- Compétences en statistique, traitement et analyse de données
- Intérêt pour les outils numériques en agriculture, l'analyse d'images
- Intérêt pour l'agroécologie
- Mise en forme de résultats scientifiques et rédaction

4 Conditions de réalisation du stage

- Période de stage souhaitée : entre mars-septembre 2025
 - Accueil à l'UMR ITAP (collaboration avec UMR ABSys)
 - Tarif étudiant au réfectoire de l'Institut Agro Montpellier
 - Indemnités de stage selon les règles en vigueur

Contacts pour la candidature :

- leo.garcia@supagro.fr
- anice.cheraiet@inrae.fr
- guilhem.brunel@supagro.fr

5 Bibliographie

- Acevedo-Opazo, C., Tisseyre, B., Guillaume, S., Ojeda, H., 2008. The potential of high spatial resolution information to define within-vineyard zones related to vine water status. *Precision Agric* 9, 285–302. <https://doi.org/10.1007/s11119-008-9073-1>
- Brunel, G., Moinard, S., Pichon, L., Tisseyre, B., 2021. Potential of time series of VIS images from connected static camera for decision support in vineyard, in: *Precision Agriculture'21*. Wageningen Academic Publisher, p. 252. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-916-9_98
- Celette, F., Gary, C., 2013. Dynamics of water and nitrogen stress along the grapevine cycle as affected by cover cropping. *European Journal of Agronomy* 45, 142–152. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.10.001>
- Coll, P., Le Cadre, E., Blanchart, E., Hinsinger, P., Villenave, C., 2011. Organic viticulture and soil quality: A long-term study in Southern France. *Applied Soil Ecology* 50, 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.07.013>
- Coll, P., Le Velly, R., Le Cadre, E., Villenave, C., 2012. La qualité des sols : associer perceptions et analyses des scientifiques et des viticulteurs. *Etude et Gestion des Sols* 79–89.
- Fernández-Mena, H., Frey, H., Celette, F., Garcia, L., Barkaoui, K., Hossard, L., Naulleau, A., Métral, R., Gary, C., Metay, A., 2021. Spatial and temporal diversity of service plant management strategies across vineyards in the south of France. Analysis through the Coverage Index. *European Journal of Agronomy* 123, 126191. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126191>
- Ferrer, M., Echeverría, G., Pereyra, G., Gonzalez-Neves, G., Pan, D., Mirás-Avalos, J.M., 2020. Mapping vineyard vigor using airborne remote sensing: relations with yield, berry composition and sanitary status under humid climate conditions. *Precision Agric* 21, 178–197. <https://doi.org/10.1007/s11119-019-09663-9>
- Garcia, L., Celette, F., Gary, C., Ripoche, A., Valdés-Gómez, H., Metay, A., 2018. Management of service crops for the provision of ecosystem services in vineyards: A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 251, 158–170. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.09.030>
- Matese, A., Di Gennaro, S.F., 2021. Beyond the traditional NDVI index as a key factor to mainstream the use of UAV in precision viticulture. *Sci Rep* 11, 2721. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81652-3>

- Matese, A., Primicerio, J., Di Gennaro, F., Fiorillo, E., Vaccari, F.P., Genesio, L., 2013. Development and application of an autonomous and flexible unmanned aerial vehicle for precision viticulture. *Acta Hort.* 63–69. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.978.5>
- Mathews, A., Jensen, J., 2013. Visualizing and Quantifying Vineyard Canopy LAI Using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Collected High Density Structure from Motion Point Cloud. *Remote Sensing* 5, 2164–2183. <https://doi.org/10.3390/rs5052164>
- Naulleau, A., Gary, C., Prévot, L., Hossard, L., 2021. Evaluating Strategies for Adaptation to Climate Change in Grapevine Production—A Systematic Review. *Front. Plant Sci.* 11, 607859. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.607859>
- Pádua, L., Marques, P., Adão, T., Guimarães, N., Sousa, A., Peres, E., Sousa, J.J., 2019. Vineyard Variability Analysis through UAV-Based Vigour Maps to Assess Climate Change Impacts. *Agronomy* 9, 581. <https://doi.org/10.3390/agronomy9100581>
- Pañitrur-De la Fuente, C., Valdés-Gómez, H., Roudet, J., Verdugo-Vásquez, N., Mirabal, Y., Laurie, V.F., Goutouly, J.P., Acevedo Opazo, C., Fermaud, M., 2020. Vigor thresholded NDVI is a key early risk indicator of Botrytis bunch rot in vineyards. *OENO One* 54, 279–297. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2020.54.2.2954>
- Pichon, L., Leroux, C., Macombe, C., Taylor, J., Tisseyre, B., 2019. What relevant information can be identified by experts on unmanned aerial vehicles' visible images for precision viticulture? *Precision Agric* 20, 278–294. <https://doi.org/10.1007/s11119-019-09634-0>
- Prosdocimi, M., Cerdà, A., Tarolli, P., 2016. Soil water erosion on Mediterranean vineyards: A review. *CATENA* 141, 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.02.010>
- Rusch, A., Chaplin-Kramer, R., Gardiner, M.M., Hawro, V., Holland, J., Landis, D., Thies, C., Tschardtke, T., Weisser, W.W., Winqvist, C., Woltz, M., Bommarco, R., 2016. Agricultural landscape simplification reduces natural pest control: A quantitative synthesis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 221, 198–204. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.039>
- Rusch, A., Delbac, L., Thiéry, D., 2017. Grape moth density in Bordeaux vineyards depends on local habitat management despite effects of landscape heterogeneity on their biological control. *J Appl Ecol* 54, 1794–1803. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12858>
- Santesteban, L.G., Di Gennaro, S.F., Herrero-Langreo, A., Miranda, C., Royo, J.B., Matese, A., 2017. High-resolution UAV-based thermal imaging to estimate the instantaneous and seasonal variability of plant water status within a vineyard. *Agricultural Water Management* 183, 49–59. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.08.026>
- Santillán, D., Iglesias, A., La Jeunesse, I., Garrote, L., Sotes, V., 2019. Vineyards in transition: A global assessment of the adaptation needs of grape producing regions under climate change. *Science of The Total Environment* 657, 839–852. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.079>
- Schütte, R., Bergmann, H., 2019. The attitudes of French and Spanish winegrowers towards the use of cover crops in vineyards. *Journal of Wine Research* 30, 107–121. <https://doi.org/10.1080/09571264.2019.1568975>
- van Leeuwen, Destrac-Irvine, Dubernet, Duchêne, Gowdy, Marguerit, Pieri, Parker, de Rességuier, Ollat, 2019. An Update on the Impact of Climate Change in Viticulture and Potential Adaptations. *Agronomy* 9, 514. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090514>
- Winter, S., Bauer, T., Strauss, P., Kratschmer, S., Paredes, D., Popescu, D., Landa, B., Guzmán, G., Gómez, J.A., Guernion, M., Zaller, J.G., Batáry, P., 2018. Effects of vegetation management intensity on biodiversity and ecosystem services in vineyards: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13124>