

Thèse : Méthodes d'intelligence artificielle multimodales pour l'identification variétale du blé et du sorgho à partir d'images de plantes vivantes et de spécimens d'herbiers

Durée : 36 mois

Rémunération : financement assuré dans le cadre du PEPR Agroécologie et Numérique sous la forme d'un contrat doctoral conforme aux barèmes réglementaires en vigueur.

Période de la thèse : entre le 01/10/2026 et le 30/09/2029

Localisation principale : Le doctorant sera inscrit en thèse à l'université Lyon 2 et rattaché au [laboratoire LIRIS](#) (équipe [Imagine](#)). Cependant, la thèse sera réalisée sur le **campus de Saint-Priest à Montpellier**, au sein de [l'équipe IROKO](#). Le/la doctorant(e) évoluera dans un environnement interdisciplinaire à l'interface entre agroécologie, vision par ordinateur et intelligence artificielle. Des déplacements ponctuels seront à prévoir au laboratoire LIRIS à Lyon.

Profil recherché :

Le/la candidat(e) devra être titulaire d'un **Master 2 ou d'un diplôme d'ingénieur avec une spécialisation en vision par ordinateur, intelligence artificielle ou traitement d'images**. Un intérêt pour les enjeux liés à l'agroécologie et aux sciences du végétal sera apprécié. Le poste requiert également de bonnes capacités rédactionnelles, un bon niveau d'anglais scientifique, de la curiosité, de l'autonomie ainsi qu'un goût pour le travail en équipe. Le/la candidat(e) devra être capable d'évoluer dans un environnement interdisciplinaire associant informatique, intelligence artificielle et sciences agronomiques.

- Compétences indispensables
 - maîtrise de Linux
 - maîtrise de Python
 - maîtrise en *deep learning* (PyTorch, TensorFlow ou équivalent)

- Les plus
 - notions en morphométrie géométrique
 - connaissance en botanique ou en morphologie végétale

Encadrants :

- [Laure Tougne Rodet](#), professeure d'informatique à l'Université Lumière Lyon 2 au [LIRIS](#) dans [l'équipe Imagine](#)
- [Benjamin Bourel](#), chargé de Recherche à [l'Inria](#) dans [l'équipe Iroko](#)

Candidature : Merci d'envoyer votre CV et une lettre de motivation (<400 mots) à laure.tougne@univ-lyon2.fr et benjamin.bourel@inria.fr **avant le 7/06/2026**.

Contexte : La thèse s'inscrit dans le PEPR Past2ECO ([page web](#)) qui vise à élucider les mécanismes génétiques et évolutifs d'adaptation des cultures au changement climatique en intégrant la diversité historique et contemporaine du blé et du sorgho. L'enjeu est de relier les diversités génétiques, phénotypiques, environnementales et pratiques agricoles afin de prédire et de mobiliser l'adaptation

pour des systèmes agroécologiques durables. Dans ce cadre, il faut valoriser les ressources biologiques anciennes et contemporaines liées au blé et du sorgho. Au niveau des ressources anciennes, les herbiers représentent à cet égard une ressource exceptionnelle, permettant d'accéder à la biodiversité des cultures passées sur plusieurs siècles (Meineke et *al.*, 2018). Cependant ces données restent peu exploitables, car vérifier (*e.g.* identification approximative dans certain herbier), traiter et extraire ces données anciennes n'est pas réalisable manuellement du fait de la quantité de données et le niveau d'expertise taxonomique nécessaire. Une identification à l'échelle des variétés par IA permettrait à la fois de réaliser un curage de ces herbiers et d'extraire des informations taxonomiques et morphologiques sur ces cultures au cours des siècles. Cela offrirait une opportunité unique pour caractériser les anciennes variétés cultivées et d'identifier l'impact des variations climatiques et anthropiques sur ces dernières. Pour les ressources contemporaines, l'identification des variétés dans les cultures actuelles permet d'analyser la plasticité phénotypique dans les systèmes cultivés, notamment dans les mélanges variétaux et les agroécosystèmes complexes. C'est là aussi une tâche difficilement faisable manuellement de par la quantité de données et le niveau d'expertise requis pour l'identification. Une identification taxonomique à l'échelle des variétés par IA permettrait donc d'extraire et d'exploiter des informations complémentaires issues des herbiers et des cultures modernes afin d'identifier des traits d'intérêt agronomique et mieux comprendre les réponses du blé et du sorgho aux changements environnementaux.

Objectifs : La thèse vise à faire progresser la vision par ordinateur pour l'identification taxonomique des plants à l'échelle variétale à partir d'image de plantes vivantes et d'herbiers. Elle cherche à améliorer significativement l'identification taxonomique et à mieux comprendre les mécanismes d'attention des réseaux de neurones impliqués dans l'identification. Elle pourra en particulier aider à la curation de l'Herbier utilisé dans le contexte du projet Past2ECO. Pour ce faire, cette thèse se concentre sur le blé et le sorgho dont l'identification et la caractérisation des variétés sont particulièrement complexes.

Tâches principales : La thèse s'articule autour de 4 tâches principales dont la réalisation pourra évoluer au cours du temps en fonction des affinités du doctorant et des avancés de l'état de l'art.

1. Résoudre les problèmes d'adaptation de domaines entre les images de plantes vivantes et celle des herbiers via des approches de génération supervisée (Goodfellow et *al.*, 2020 ; Jing et *al.*, 2019 ; Shorten et Khoshgoftaar, 2019) et non supervisées (Ajakan et *al.*, 2014 ; Wang et *al.*, 2020).
2. Utiliser les données et les modèles de Pl@ntNet (Joly et *al.*, 2016 ; Lefort et *al.*, 2024) pour étendre la base de données du PEPR Past2ECO et mettre en œuvre différentes approches d'apprentissage par transfert (Azad et *al.*, 2024) afin de développer de nouveaux modèles et/ou de nouvelles branches de Pl@ntNet spécialisées dans l'identification des variétés du PEPR Past2ECO.
3. Étudier les mécanismes d'attention des modèles d'IA l'identification des variétés qui seront développées durant la thèse afin de mettre en avant les structures morphologiques propres à chaque variété (Covert et *al.*, 2023).
4. Étudier les liens entre le phénotype (images et données de morphométrie géométrique) et le génotype (ADN) à l'aide de modèles d'IA multimodaux comme CLIP (Radford et *al.*, 2021).

Intérêt scientifique et originalité : actuellement, les modèles d'identification de plantes sont capables d'obtenir des performances de classification à l'échelle de l'espèce proche de celle d'un expert humain (Bonnet et *al.*, 2018). Cependant, ces modèles restent fortement limités lorsqu'ils sont appliqués à des spécimens d'herbier (Ong et *al.*, 2025). Cette difficulté s'explique principalement par un problème de *domain adaptation* (Farahani et *al.*, 2021) entre des images de plantes vivantes utilisées pour entraîner les modèles d'IA et spécimens séchés et comprimés d'herbier à reconnaître avec les modèles d'IA (couleurs altérées, déformations, artefacts, absence de volume, etc.). Les méthodes de classification actuelles rencontrent également des limites dans la discrimination fine entre variétés proches, où les différences morphologiques sont subtiles et souvent localisées comme pour le blé (Ouaja et *al.*, 2021). Enfin, malgré l'existence de technologies permettant de visualiser les zones d'une image importantes

pour une IA dans son processus de classifications comme les cartes d'attributions (Covert et al., 2023), cela reste à notre connaissance peu ou pas exploité pour l'identification des plantes. Les modèles d'IA restent donc encore peu interprétables ; ce qui limite leur utilisation pour des questions biologiques fondamentales chez les plantes telles que le lien entre morphologie, taxonomie et génétique. Cela impacte fortement le repérage et la caractérisation des structures fines spécifiques à chaque variété.

- Ajakan, H., Germain, P., Laroche, H., Laviolette, F., & Marchand, M. (2014). Domain-adversarial neural networks. *arXiv preprint arXiv:1412.4446*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1412.4446>
- Azad, M. M., Kim, S., Cheon, Y. B., & Kim, H. S. (2024). Intelligent structural health monitoring of composite structures using machine learning, deep learning, and transfer learning: a review. *Advanced Composite Materials*, 33(2), 162-188. <https://doi.org/10.3390/technologies11020040>
- Bonnet, P., Joly, A., Faton, J.-M., Brown, S., Kimiti, D., Deneu, B., et al. (2020). How citizen scientists contribute to monitor protected areas thanks to automatic plant identification tools. *Ecological Solutions and Evidence*, 1, e12023. <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12023>
- Bonnet, P., Goëau, H., Hang, S., Lasseck, M., Sulc, M., Malécot, V., Jauzein, P., Melet, J.-C., You, C., & Joly, A. (2018). Plant Identification: Experts vs. Machines in the Era of Deep Learning (pp. 131–149). https://doi.org/10.1007/978-3-319-76445-0_8
- Covert, I., Kim, C. & Lee, S.-I. (2023). Learning to Estimate Shapley Values with Vision Transformers. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2206.05282>
- Farahani, A., Voghoei, S., Rasheed, K., & Arabnia, H. R. (2021). A brief review of domain adaptation. *Advances in data science and information engineering: proceedings from ICDATA 2020 and IKE 2020*, 877-894. https://doi.org/10.1007/978-3-030-71704-9_65
- Shorten, C., Khoshgoftaar, T.M. A survey on Image Data Augmentation for Deep Learning. *J Big Data* 6, 60 (2019). <https://doi.org/10.1186/s40537-019-0197-0>
- Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., ... & Bengio, Y. (2020). Generative adversarial networks. *Communications of the ACM*, 63(11), 139-144. <https://doi.org/10.1145/3422622>
- Jing, Y., Yang, Y., Feng, Z., Ye, J., Yu, Y., & Song, M. (2019). Neural style transfer: A review. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 26(11), 3365-3385. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2019.2921336>
- Joly, A., Bonnet, P., Goëau, H., Barbe, J., Selmi, S., Champ, J., et al. (2016). A look inside the PI@ntNet experience. *Multimedia Systems*, 22, 751–766. <https://doi.org/10.1007/s00530-015-0462-9>
- Lefort, T., Affouard, A., Charlier, B., Lombardo, J.-C., Chouet, M., Goëau, H., et al. (2024). Cooperative learning of PI@ntNet's Artificial Intelligence algorithm: how does it work and how can we improve it?. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.03356>
- Meineke, E. K., Davis, C. C., & Davies, T. J. (2018). The unrealized potential of herbaria for global change biology. *Ecological Monographs*, 88(4), 505-525. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13057>
- Ong, C. A., Tay, F. S., Then, Y. L., & McCarthy, C. (2025). An evaluation of a pre-trained transformer-based self-distillation model (DINOv2) for cross-domain plant species identification. *Neural Computing and Applications*, 37(26), 21969-21995. <https://doi.org/10.1007/s00521-025-11499-6>
- Oujaja, M., Bahri, B. A., Aouini, L., Ferjaoui, S., Medini, M., Marcel, T. C., & Hamza, S. (2021). Morphological characterization and genetic diversity analysis of Tunisian durum wheat (*Triticum turgidum* var. durum) accessions. *BMC Genomic Data*, 22(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s12863-021-00958-3>
- Ravi, N., Gabeur, V., Hu, Y.-T., Hu, R., Ryali, C., Ma, T., et al. (2024). SAM 2: Segment Anything in Images and Videos. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2408.00714>
- Radford, A., Kim, J.W., Hallacy, C., Ramesh, A., Goh, G., Agarwal, S., et al. (2021). Learning Transferable Visual Models From Natural Language Supervision. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2103.00020>
- Wang, W., Li, H., Ding, Z., & Wang, Z. (2020). Rethink maximum mean discrepancy for domain adaptation. *arXiv preprint arXiv:2007.00689*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2007.00689>