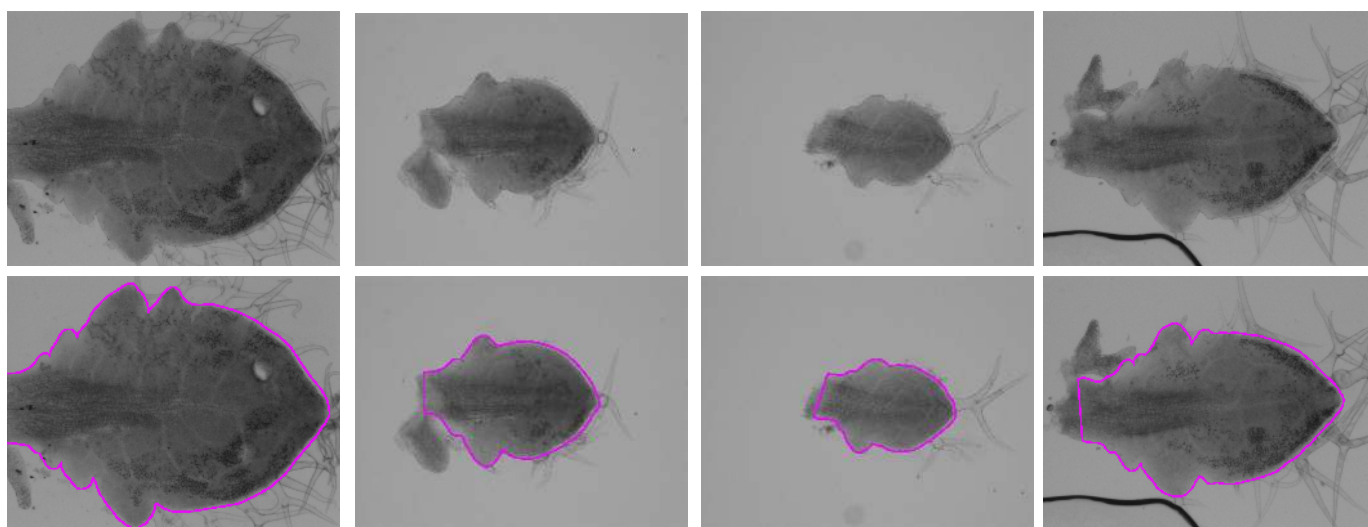


# Stage de 6 mois : Deep Learning pour la segmentation d'images de microscopie de feuilles 2D

## Présentation du sujet

Ce sujet se positionne dans une problématique générale de compréhension des processus biologiques impliqués dans la morphogenèse des organes, c'est-à-dire la mise en place de leur forme au cours de la croissance. Notre modèle d'étude est la feuille de la rosette de la plante modèle *Arabidopsis thaliana*. Pour des raisons techniques, il n'est pas possible de suivre une feuille unique durant toute la croissance. Notre stratégie consiste donc à tirer parti de collections d'images 2D acquises au microscope sur des feuilles prélevées sur différentes plantes à différents stades du développement, afin de reconstituer une trajectoire de croissance moyenne (Biot et al., 2016, Oughou et al., 2023). Dans cette optique, la segmentation des contours de chaque feuille numérisée est nécessaire. C'est un problème difficile (voir les exemples ci-dessous, l'image brute et avec le contour segmenté). La stratégie actuellement utilisée est basée sur la méthode classique de "Ligne de Partage des Eaux", et elle implique énormément de corrections manuelles. Or, ce travail est fastidieux et très chronophage car il concerne classiquement plusieurs dizaines ou centaines de feuilles pour chaque analyse. Ce sujet vise donc à explorer les possibilités offertes par le Deep Learning pour gagner un temps précieux dans l'étape de segmentation. La méthodologie développée durant ce stage sera rapidement appliquée et ses résultats seront probablement rapidement valorisés via plusieurs publications. Pour mener le projet à bien, de grands jeux d'images segmentées sont déjà disponibles dans les équipes d'accueil.



## Contexte du stage

Au sein de l'Institut de recherche Jean-Pierre Bourgin - Sciences du Végétal (IJPB-INRAE) situé dans l'environnement exceptionnel du parc du château de Versailles, vous intégrerez un centre de recherche de niveau international dans le domaine de la biologie des plantes faisant partie de l'Université Paris-Saclay. Ce sujet s'intègre dans un projet multidisciplinaire de recherche fondamentale visant à comprendre les processus biologiques impliqués dans la mise en place de la forme des organes durant leur développement, ici les feuilles dentelées de la plante modèle *Arabidopsis thaliana*. Vous serez encadré(e) par une ingénieure et une chercheuse de l'équipe *Modélisation et Imagerie Biologique* (MIN). L'équipe MIN regroupe des informaticiens et des mathématiciens et collabore étroitement avec une équipe de biologistes *Facteurs de Transcription et Architecture* (FTA) à l'origine des données qui seront analysées lors de ce stage. Vous échangerez également avec une doctorante qui utilisera à terme les outils développés durant ce stage.

## Objectifs du stage

- Réaliser un état de l'art des méthodes de segmentation d'images biologiques 2D par des approches de Deep Learning
- Proposer une/des stratégie(s) prometteuse(s) correspondant à nos objectifs de segmentation des feuilles
- Implémenter cette/ces stratégie(s)
- Mettre en forme les données disponibles
- Appliquer la/les méthode(s) implémentée(s) aux données mises en forme
- Évaluer les résultats

## Profil et compétences

Étudiant BAC+5 en école d'ingénieur ou Master 2, dans un ou plusieurs des domaines suivants : Informatique, Sciences des données, Intelligence Artificielle, ou statistiques/mathématiques appliquées.

- Programmation Python (bon niveau)
- Machine Learning
- Deep Learning (Tensorflow/PyTorch)
- Connaissances en traitement d'image appréciée
- Esprit d'analyse, autonomie, travail collaboratif
- Intérêt pour la recherche, notamment pluridisciplinaire

## Détails

- Début : à partir du 1er janvier 2025
- Fin : maximum jusqu'au 31 août 2025
- Pour candidater : CV + lettre de motivation à envoyer à [sandrine.lefranc@inrae.fr](mailto:sandrine.lefranc@inrae.fr) ou [jasmine.burguet@inrae.fr](mailto:jasmine.burguet@inrae.fr)

## Références

[1] Biot, E., Cortizo, M., Burguet, J., Kiss, A., Oughou, M., Maugarny-Calès, A., Gonçalves, B., Adroher, B., Andrey, P., Boudaoud, A., & Laufs, P. (2016). Multiscale quantification of morphodynamics: MorphoLeaf software for 2D shape analysis. *Development*, 143 (18): 3417–3428.

[2] Oughou, M., Biot, E., Arnaud, N., Maugarny-Calès, A., Laufs, P., Andrey, P., & Burguet, J. (2023). Model-based reconstruction of whole organ growth dynamics reveals invariant patterns in leaf morphogenesis. *Quantitative Plant Biology*, 4, E1. doi:10.1017/qpb.2022.23

