

Suivi du statut azoté d'une céréale en cultures associées par segmentation sémantique d'images visibles

Zexing YAO^{1*}, Emmanuel DENIMAL², Christelle GEE¹

¹Agroécologie, INRAE, Institut Agro, Univ. Bourgogne Franche-Comté, F-21000, Dijon, France,

² Institut Agro Dijon, direction scientifique, Cellule d'appui à la Recherche en Science des Données, 26 Bd Dr Petitjean, F-21000, Dijon, France

L'objectif de cette recherche est de développer une approche innovante combinant des technologies numériques avec des capteurs low-cost basés sur l'imagerie visible pour suivre le statut azoté des cultures de céréale, dans les associations céréales-légumineuses. En s'appuyant sur les techniques de Machine Learning et d'intelligence artificielle (IA), et notamment sur la segmentation sémantique avec le modèle DeepLabV3+, cette méthode vise à offrir une alternative aux outils traditionnels tels que les pinces ou les chlorophyllomètres (SPAD, N-Tester), qui sont coûteux en temps et en main-d'œuvre et qui nécessitent un contact direct avec les feuilles.

Dans ce cadre, l'algorithme DeepLabV3+ basé sur l'architecture ResNet50 a été évalué pour la segmentation sémantique de culture triticales en association avec un peuplement de féverole. L'expérimentation a été conduite sur des micro-parcelles de l'unité expérimentale d'Epoisses de l'INRAE composées d'une culture de triticales pure sans azote (Témoin) et sur-fertilisée (Référence), d'une association de cultures, « triticales féverole », semée en rang ou en mélange. Le suivi azoté repose sur une base de données de 948 images RGB, acquises à l'aide de smartphones en 2023 et 2024. L'annotation semi-automatique de ces images, facilitée par des modèles IA comme Yolo v5 et SAM, vise à optimiser le processus d'identification des cultures. Puis un indicateur agronomique, le Normalized Dark Green Color Index (nDGCI), a été développé pour évaluer l'état azoté de la culture. Ce nouvel indicateur permet de réduire l'influence des variations de luminosité, de s'affranchir des réglages smartphones et des conditions environnementales sur les mesures. Les résultats concernant l'état azoté sont conformes à la littérature : l'état azoté est plus faible pour le triticales sans azote par rapport à celui en association. Cette étude démontre ainsi le potentiel de l'imagerie visible associée à l'apprentissage profond pour offrir un suivi plus rapide et moins contraignant du statut azoté, favorisant ainsi le déploiement de cette technique à l'échelle d'une parcelle grâce à l'utilisation de drone low-cost.