

Le Corps professoral de
Gembloux Agro-Bio Tech - Université de Liège vous prie
de lui faire l'honneur d'assister à la défense publique de la dissertation originale que

Monsieur EYLENBOSCH Damien,

**Titulaire d'un diplôme de master bioingénieur : sciences agronomiques,
à finalité spécialisée,**

présentera en vue de l'obtention du grade et du diplôme de

DOCTEUR EN SCIENCES AGRONOMIQUES ET INGENIERIE BIOLOGIQUE,
le 12 septembre 2018, à 14 heures précises (personne ne sera admis après cette heure),
en l'auditorium ZT1 (Zootechnie, bât. 1),
Passage des Déportés, 2, à 5030 GEMBOUX.

Cette dissertation originale a pour titre :

« Evaluation des potentialités de l'imagerie hyperspectrale proche infrarouge et de la chimiométrie dans l'étude de systèmes racinaires ».

Le jury est composé comme suit :

Président : Prof. P. du JARDIN, Professeur ordinaire,
Membres : Prof. B. BODSON (Promoteur), Prof. G. COLINET, Dr B. DUMONT, Prof.
V. BAETEN (CRA-W, UCL), Prof. X. DRAYE (UCL), Dr J. A. FERNÁNDEZ PIERNA (CRA-
W), Prof. J.-P. DESTAIN.

Résumé

Les racines jouent un rôle vital dans le développement des plantes. Premier organe à se développer lors de l'installation des plantes, elles permettent l'ancrage des plantes et le prélèvement d'eau et de nutriments dans le sol. Les racines permettent aussi des relations entre plantes, de la même espèce ou non, et avec des microorganismes du sol. Enfin, les racines, par leurs exsudats et lors de leur décomposition, apportent des quantités importantes de carbone dans les sols. Leur étude est donc essentielle face aux défis agronomiques et climatiques actuels: diminution des ressources en eau, en fertilisants, compétition interspécifique, cultures associées, stockage de carbone dans les sols. Cette étude est d'autant plus intéressante lorsqu'elle est menée dans les conditions naturelles de croissance des plantes.

Parmi les techniques d'étude des racines, celle basée sur le prélèvement de carottes de sol semble être la plus utilisée. Cette méthode, dont la mise en place est relativement simple, permet d'acquérir rapidement, et en grand nombre, des échantillons de sol contenant des racines. Ce nombre élevé de prélèvements permet de répéter les mesures dans le temps et l'espace ce qui permet d'étudier la dynamique de développement racinaire et la distribution racinaire dans le sol. Cette technique est dès lors souvent utilisée comme référence.

Pour pouvoir observer, mesurer et quantifier les racines prélevées avec cette méthode, les carottes de sol doivent être lavées pour en extraire les racines. Ces racines doivent ensuite être séparées manuellement des autres éléments présents au sein des carottes de sol : racines mortes ou d'autres espèces, résidus de cultures, particules de sol, macroorganismes... Ces étapes de lavage et de tri prennent beaucoup de temps, sont fastidieuses, dépendent de l'habileté de l'opérateur et sont donc les principaux freins à la répétition des observations. De plus, certains éléments présents au sein des échantillons lavés sont difficilement séparables sur base de leur aspect visuel.

Afin de faciliter, d'objectiver et de réduire le temps nécessaire à l'étape de tri, une nouvelle méthode basée sur l'utilisation combinée de l'imagerie hyperspectrale proche infrarouge et de la chimiométrie a été proposée. L'imagerie hyperspectrale proche infrarouge est une technique d'analyse chimique qui, en combinant les techniques d'imagerie et de spectroscopie, permet l'acquisition d'un spectre proche infrarouge pour chaque pixel d'une image. Ce spectre est une signature liée à la nature physico-chimique de l'élément sur lequel il a été acquis. La chimiométrie est quant à elle la science qui permet d'extraire l'information pertinente des spectres.

Cette méthode a d'abord été utilisée pour discriminer des racines, des particules de sol et des résidus de cultures extraits par lavage de carottes de sol. Les modèles chimiométriques mis au point ont permis de classer, selon des classes prédéfinies, chaque pixels des images hyperspectrales acquises sur les échantillons de sol et dès lors de connaître la composition des échantillons étudiés. En liant un nombre de pixels de racines à une masse de racines, il a ensuite été possible de prédire la masse de racines présente au sein d'un échantillon sans devoir réaliser le tri manuel et la pesée de celui-ci. Sur base de leurs signatures spectrales, cette méthode a également permis de discriminer et de quantifier des racines de différentes espèces au sein d'échantillons de sol et d'étudier la composition de ces racines.

Dans le cadre des recherches menées dans cette thèse, l'imagerie hyperspectrale proche infrarouge a été utilisée pour étudier le développement racinaire du froment d'hiver selon différentes modalités de travail du sol, pour quantifier les racines de cultures de froment et de pois d'hiver cultivées en association et pour mesurer des teneurs en leghémoglobine, une protéine associée à la fixation de l'azote atmosphérique par les légumineuses, dans des nodosités de pois.

Les recherches ont également eu pour objectif d'étudier la qualité de différents modèles de discrimination, de caractériser la stabilité du système d'acquisition des images hyperspectrales et d'identifier les sources d'erreurs lorsque cette méthode était utilisée pour quantifier des masses de racines.

Avec ses avantages et ses limites, l'imagerie hyperspectrale proche infrarouge couplée à la chimiométrie peut être utilisée pour faire des estimations grossières de masses racinaires, ce qui permet d'étudier des distributions racinaires. Elle semble également être particulièrement intéressante pour étudier des teneurs en leghémoglobine à l'échelle de nodosités individuelles et pour étudier la distribution de ces teneurs sur des systèmes racinaires de légumineuses.