

Etude de l'influence de la fertilisation azotée sur le développement racinaire du blé d'hiver (*Triticum aestivum* L.)

Quantification de la densité racinaire réalisée par imagerie hyperspectrale proche infrarouge

Damien Eylenbosch¹, Juan Antonio Fernández Pierna², Vincent Baeten², Bernard Bodson¹

Avec la collaboration de Benjamin Dumont¹, Guillaume Fraipont et Rodrigo Meza¹.



¹ Phytotechnie tempérée, AgroBioChem, Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, Belgique. d.eylenbosch@uliege.be

² Qualité des produits, Département Valorisation des productions, Centre wallon de Recherches Agronomiques, Belgique.



Contexte:

La distribution des racines dans le sol détermine de manière importante l'accessibilité des éléments nutritifs pour la plante (Wang et al., 2014). Or, la manière dont les apports d'azote apportés en cours de culture influencent le développement racinaire est encore mal connue (Rasmussen et al., 2015). Ce manque de connaissances peut s'expliquer par la difficulté de suivre le développement racinaire des cultures en conditions de plein champ vu le travail et le temps nécessaire pour extraire les racines du sol et réaliser les mesures (Plaza-Bonilla et al., 2014). Une technique de mesure basée sur l'imagerie hyperspectrale proche infrarouge récemment mise au point afin de réduire le temps nécessaire à la quantification de racines (Eylenbosch et al., 2017) a été testée dans un essai sur la fertilisation azotée afin de déterminer le développement racinaire d'une culture de blé d'hiver (*Triticum aestivum* L.).

Dispositif expérimental:

Les racines ont été prélevées par carottage de sol sur 90 cm de profondeur. Le dispositif expérimental comprenait 5 modalités de fumure azotée (Tableau 1) appliquées sous forme d'ammonitrate 27% sur un blé précédé par une culture de betterave sucrière.

Tableau 1: Protocole de l'essai sur la fertilisation azotée du blé d'hiver. Les apports d'azote (kg N/ha) ont été réalisés à 3 stades clés de la culture.

Modalité	Stade tallage	Stade redressement	Stade dernière feuille	Total (kg N/ha)
1	0	0	0	0
2	60	60	60	180
3	30	60	90	180
4	30	90	60	180
5	90	30	60	180

180 kg N/ha équivaut à une fertilisation azotée raisonnée pour un blé d'hiver semé après betterave dans les sols limoneux de Wallonie (Belgique).

Mesure de la densité racinaire:

Une image hyperspectrale des éléments récupérés sur un tamis après lavage des échantillons de sol (Figure 1) a été acquise grâce à une caméra hyperspectrale (Figure 2) qui mesure un spectre proche infrarouge par pixel. L'analyse de ces spectres par des algorithmes d'analyse discriminante a permis de déterminer la nature de chaque pixel de l'image hyperspectrale: racines, résidus de cultures ou particules de sol (Figure 3). La quantification racinaire a ensuite été réalisée grâce à la relation linéaire existant entre le nombre de pixels de racines détectés sur l'image et la masse de racines présentes dans l'échantillon (Figure 4). Cette méthode de quantification permet de s'affranchir des étapes de tri manuel et de pesée des échantillons qui étaient jusqu'à présent nécessaires avec la méthode d'extraction de racines par carottage de sol.



Figure 1: racines, résidus de cultures et particules de sol récupérés lors du lavage des carottes de sol.

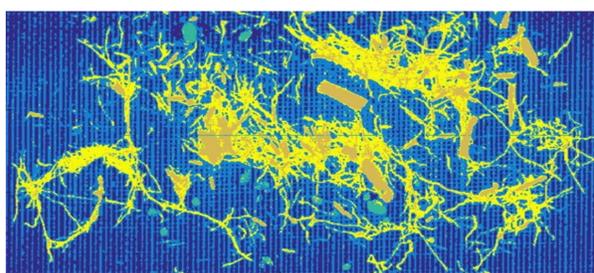
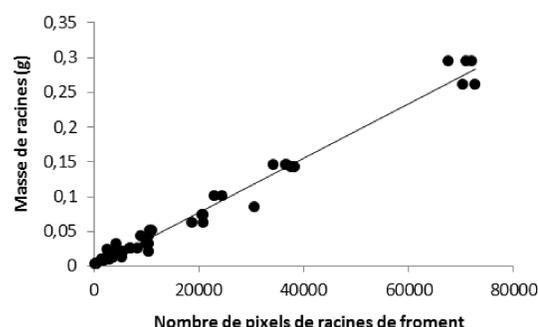


Figure 3: prédiction de la nature des éléments présents sur l'image hyperspectrale sur base du spectre proche infrarouge acquis pour chaque pixel.

Figure 4: Droite de régression permettant de convertir le nombre de pixels de racines détectés sur l'image hyperspectrale en masse de racines présentes au sein de l'échantillon de sol ($R^2 = 0.98$).



Résultats:

L'analyse porte sur un prélèvement racinaire réalisé au stade « redressement » de la culture de blé. A ce stade, seul l'apport d'azote au stade « tallage » avait été réalisé. L'analyse des densités racinaires dans les échantillons de sol n'a pas permis de mettre en évidence une modification due à la fertilisation azotée à ce stade de la culture mais elle a permis de mettre en évidence que la majorité de la masse racinaire se trouvait dans les 30 premiers cm du sol (Figure 5). L'essai ayant été mis en place après un labour sur 25 cm, le développement racinaire semblait, à ce stade de la culture, plus affecté par la structure du sol que par sa teneur en azote.

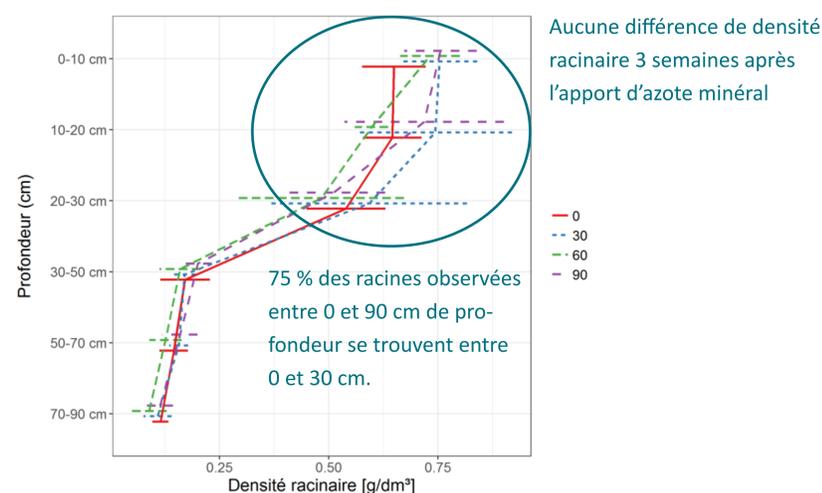


Figure 5: Répartition de la densité racinaire du blé d'hiver (g/dm^3) mesurée au stade « redressement » de la culture en fonction de la profondeur du sol pour 4 modalités de fertilisation azotée (kg N/ha) appliquées au stade « tallage ». Les racines ont été échantillonnées par horizons de sol de 10 cm entre 0 et 30 cm de profondeur et par horizons de 20 cm entre 30 et 90 cm de profondeur.

Conclusions et perspectives:

Cette première utilisation de l'imagerie hyperspectrale proche infrarouge pour étudier l'effet de la fertilisation azotée sur le développement racinaire de la culture de blé d'hiver a montré ses capacités à déterminer la densité racinaire présente dans différents horizons de sol. A la date du prélèvement (stade « redressement » de la culture), aucune différence de densité racinaire n'était observable entre les différents niveaux de fertilisation. Une décroissance très claire de la densité racinaire sous 30 cm de profondeur a par contre été observée dans le sol. L'étude va être poursuivie sur des prélèvements réalisés à d'autres stades de développement pour mieux connaître l'effet des différentes fractions azotées sur le développement racinaire du blé.

Par rapport au tri manuel nécessaire avant la quantification de racines au sein d'échantillons de sol, la méthode de quantification basée sur l'utilisation de l'imagerie hyperspectrale proche infrarouge est plus rapide, moins laborieuse, non destructive et plus objective. Elle permet donc de traiter plus rapidement un grand nombre d'échantillons.

Références bibliographiques:

- Eylenbosch D, Bodson B, Baeten V, Fernández Pierna JA. NIR hyperspectral imaging spectroscopy and chemometrics for the discrimination of roots and crop residues extracted from soil samples. *Journal of Chemometrics*. 2017;e2982. <https://doi.org/10.1002/cem.2982>
- Plaza-Bonilla D. et al., 2014. Winter cereal root growth and aboveground–belowground biomass ratios as affected by site and tillage system in dryland Mediterranean conditions. *Plant Soil*, 374(1–2), pp.925–939.
- Rasmussen I.S., Dresbøll D.B. & Thorup-Kristensen K., 2015. Winter wheat cultivars and nitrogen (N) fertilization-Effects on root growth, N uptake efficiency and N use efficiency. *European Journal of Agronomy*, 68, pp.38–49.
- Wang C. et al., 2014. Effects of different irrigation and nitrogen regimes on root growth and its correlation with above-ground plant parts in high-yielding wheat under field conditions. *Field Crops Research*, 165, pp.138–149.