



INRAE



Proposition de sujet de stage de Master 2

Phénotypage racinaire de variétés de blé tendre et de blé dur en vue de minimiser l'accumulation de métaux/métalloïdes traces dans la biomasse

Candidature à adresser à : christophe.nguyen@inrae.fr

Contexte & Objectifs

Parmi les éléments traces (ET) nocifs naturellement présents dans l'environnement, l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le nickel (Ni) et le plomb (Pb) sont particulièrement préoccupants pour l'agriculture. Prélevés dans le sol par les racines des cultures puis transférés aux parties comestibles, ces éléments présentent des concentrations dans les denrées alimentaires qui peuvent conduire à des risques sanitaires importants selon les études d'écotoxicologie humaine (par exemple, Efsa, 2011, 2010). En Europe, le Cd est particulièrement surveillé. Notamment en France, le Cd urinaire chez les adultes est fréquemment supérieur aux limites critiques toxicologiques (Oleko et al., 2021) et l'exposition alimentaire au Cd a été observée à la hausse, en particulier à partir des produits dérivés des céréales, avec environ 15 % d'exposition excessive chez les enfants (Anses, 2011). Par conséquent, suite aux recommandations des autorités sanitaires, le règlement EC1881/2006 fixant les teneurs maximales en Cd et Pb dans les denrées alimentaires a été récemment modifié afin de fixer des limites plus strictes : le règlement EC915/2023 a établi de nouvelles limites pour le Pb et le Cd pour près de 40 nouveaux produits alimentaires et a abaissé certaines limites existantes. Pour le blé panifiable, la limite du Cd a été réduite de 0,2 à 0,1 mg Cd/kg et celle du blé dur, qui accumule davantage de Cd, de 0,2 à 0,18 mg Cd/kg. En France, les non-conformités des récoltes de blé sont en moyenne faibles (5 % des parcelles pour le blé dur), mais dans certaines régions où la biodisponibilité du Cd dans les sols est élevée, elles peuvent atteindre 10 à 20 %. Bien que la biodisponibilité dans les sols soit le principal mécanisme régissant les teneurs en ET dans les plantes, il est souvent difficile d'agir sur elle. A l'heure actuelle, les agriculteurs manquent de solutions pour assurer la conformité de leurs récoltes à la réglementation sur les ET lorsque leurs sols sont à risque. Comme l'a démontré le Canada pour le blé dur et le Cd (Clarke et al., 2010), une solution efficace consiste à sélectionner et utiliser des cultivars accumulant peu les ET nocifs. En France, une telle sélection n'est pas réalisée mais elle revêt un nouvel intérêt en raison du durcissement de la réglementation et de l'importance du blé pour l'économie française.

Dans ce contexte, le projet ANR BSWheat (<https://bswheat.hub.inrae.fr>) a pour objectifs d'identifier des marqueurs génétiques et des caractéristiques écophysiologicals qui peuvent être utilisés pour sélectionner des variétés de blé qui accumulent moins d'ET nocifs dans les grains tout en préservant les minéraux essentiels et le rendement. Le projet se concentre sur les contaminants As, Cd, Ni, Pb qui sont visés par les futures réglementations nouvelles ou plus strictes.

La taille et l'architecture du système racinaire peuvent affecter l'absorption des ET, notamment en raison d'une plus grande absorption au niveau des extrémités des racines (Berkelaar et Hale, 2000 ; Laporte et al., 2013) et de l'augmentation du flux de diffusion des éléments lorsque le diamètre des racines diminue (Lin et al., 2016). Une capacité d'échange cationique (CEC) importante au niveau des parois des cellules racinaires favorise une plus grande absorption des métaux cationiques (Crooke, 1964 ; Greger et Landberg, 2008). L'influx racinaire

maximal d'absorption des ET et le pH de la rhizosphère peuvent également varier d'un cultivar à l'autre (Lux et al., 2011). L'importance relative des barrières de l'apoplaste racinaire (exoderme, endoderme), du péricycle et du cortex affecte également le transport radial des métaux vers le xylème (Lux et al., 2011). Selon ces éléments, le travail proposé dans le cadre de ce stage de Master 2 a pour objectif d'étudier dans quelle mesure la variabilité des propriétés du système racinaire de différentes variétés de blé tendre et de blé dur affecte le prélèvement des ET toxiques et leur répartition entre la biomasse aérienne et la biomasse racinaire.

Contenu du stage

Entre 5 et 10 cultivars de blé tendre et de blé dur seront cultivés en solution nutritive sur support de billes en verre jusqu'au stade tallage. Les plantes seront récoltées afin de déterminer, la biomasse racinaire et le rapport biomasse racinaire versus aérienne, la longueur racinaire, le diamètre racinaire moyen et le taux de ramifications racinaire (analyse d'images de racines scannées), la CEC racinaire (méthode de Crooke, 1964), le pH d'une solution nutritive non tamponnée avec du NH_4NO_3 comme source d'azote. Nous étudierons l'importance de l'exoderme, de l'endoderme, du cortex et de la stèle des cultivars par des analyses d'images de coupes transversales de racines. Les ET seront dosés dans les biomasses aériennes et racinaires afin d'étudier l'influence des caractéristiques du système racinaire sur la quantité totale d'ET prélevée et sur leur répartition entre les parties aériennes et racinaires.

Conditions du stage

Le stage couvre la période du 1er janvier au 30 juin 2024 se déroulera en intégralité au sein de l'UMR Ispa, sur le centre Inrae de la Grande Ferrade à Villenave d'Ornon. Le travail fait partie du projet de thèse de Yingying WANG qui participera activement au suivi et à l'encadrement. Le travail bénéficiera des serres pour conduire les cultures, et de la collaboration avec le laboratoire d'analyses végétales Ustrave du centre pour les dosages d'ET et du pôle Imagerie pour les aspects de préparations et d'observations en microscopie.

Le stage est rémunéré à hauteur d'une allocation de Master 2: taux horaire net de 4.35 € net

Références bibliographiques associées

- Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, 2011. Étude de l'alimentation totale française 2 (EAT 2) (Avis de l'Anses Rapport d'expertise).
- Berkelaar, E., Hale, B., 2000. The relationship between root morphology and cadmium accumulation in seedlings of two durum wheat cultivars. *Canadian Journal of Botany* 78, 381–387. doi:10.1139/b00-015
- Clarke, J.M., Clarke, F.R., Pozniak, C.J., 2010. Forty-six years of genetic improvement in Canadian durum wheat cultivars. *Canadian Journal of Plant Science* 90, 791–801. doi:10.4141/cjps10091
- Crooke, W.M., 1964. The measurement of the cation-exchange capacity of plant roots. *Plant and Soil* 21, 43–49. doi:10.1007/BF01373871
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), Schrenk, D., Bignami, M., Bodin, L., Chipman, J.K., del Mazo, J., Grasl-Kraupp, B., Hogstrand, C., Hoogenboom, L. (Ron), Leblanc, J., Nebbia, C.S., Ntzani, E., Petersen, A., Sand, S., Schwerdtle, T., Vleminckx, C., Wallace, H., Guérin, T., Massanyi, P., Van Loveren, H., Baert, K., Gergelova, P., Nielsen, E., 2020. Update of the risk assessment of nickel in food and drinking water. *EFSA Journal* 18. doi:10.2903/j.efsa.2020.6268
- EFSA, 2011. Scientific Opinion: Statement on tolerable weekly intake for cadmium. *EFSA Journal* 9.
- Greger, M., Landberg, T., 2008. Role of rhizosphere mechanisms in Cd uptake by various wheat cultivars. *Plant and Soil* 312, 195–205. doi:10.1007/s11104-008-9725-y

- Kubo, K., Watanabe, Y., Matsunaka, H., Seki, M., Fujita, M., Kawada, N., Hatta, K., Nakajima, T., 2011. Differences in Cadmium Accumulation and Root Morphology in Seedlings of Japanese Wheat Varieties with Distinctive Grain Cadmium Concentration. *Plant Production Science* 14, 148–155.
- Laporte, M.A., Denaix, L., Pagès, L., Sterckeman, T., Flénet, F., Dauguet, S., Nguyen, C., 2013. Longitudinal variation in cadmium influx in intact first order lateral roots of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant and Soil* 372, 581–595. doi:10.1007/s11104-013-1756-3
- Laporte, M.-A., Sterckeman, T., Dauguet, S., Denaix, L., Nguyen, C., 2015. Variability in cadmium and zinc shoot concentration in 14 cultivars of sunflower (*Helianthus annuus* L.) as related to metal uptake and partitioning. *Environmental and Experimental Botany* 109, 45–53. doi:10.1016/j.envexpbot.2014.07.020
- Lin, Z., Schneider, A., Sterckeman, T., Nguyen, C., 2016. Ranking of mechanisms governing the phytoavailability of cadmium in agricultural soils using a mechanistic model. *Plant and Soil* 399, 89–107. doi:10.1007/s11104-015-2663-6
- Lux, A., Martinka, M., Vaculík, M., White, P.J., 2011. Root Responses to Cadmium in the Rhizosphere: A Review. *Journal of Experimental Botany* 62, 21–37. doi:10.1093/jxb/erq281
- Oleko A, Fillol C, Saoudi A, Zeghnoun A, Bidondo ML, Gane J, Balicco A. Imprégnation de la population française par le cadmium. Programme national de biosurveillance, Esteban 2014-2016. SaintMaurice : Santé publique France, 2021. 43 p. Disponible à partir de l'URL : <https://www.santepubliquefrance.fr>
- Xia, S., Deng, R., Zhang, Z., Liu, C., Shi, G., 2016. Variations in the accumulation and translocation of cadmium among pak choi cultivars as related to root morphology. *Environmental Science and Pollution Research* 23, 9832–9842. doi:10.1007/s11356-016-6210-7

Contacts

Christophe Nguyen, UMR Ispa
christophe.nguyen@inrae.fr