

Offre de thèse de doctorat - appel à candidature pour dépôt d'une thèse
CIFRE ANRT

Evaluation et amélioration des performances du *relay-cropping* par l'étude des techniques d'implantation du soja et de sa réponse à la compétition pour la lumière et l'eau induite par la céréale

1. Introduction

Les changements climatiques entraînent une perte de capacité de production des agrosystèmes et plus largement des territoires (Bindi et al. 2011, Olesen et al. 2011, Schleussner et al. 2018). Face à l'augmentation démographique mondiale, l'artificialisation et la dégradation des sols (Panagos et al. 2016), les agriculteurs sont amenés à optimiser la gestion des sols pour une production alimentaire durable (Kopittke et al. 2019). Le développement de nouvelles pratiques agroécologiques qui intègrent la complexité écologique dans le fonctionnement et la gestion des agroécosystèmes, représente un levier pour conserver les ressources naturelles (sol, eau et biodiversité), réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) tout en maintenant la productivité de ces systèmes en réduisant l'utilisation des intrants. Il requière une augmentation de la diversité de plantes cultivées dans la rotation et au sein de la culture comme par exemple les associations de cultures récoltées, cultures compagnes, de couvertures, en relay-cropping... Les nouvelles pratiques agroécologiques intégrant des associations de culture requièrent du matériel de plus en plus performant pour la mise en place des itinéraires techniques spécifiques. L'adaptation du matériel (e.g. voie de tracteur, inter-rangs du semoir, équipements du semoir, garde au sol, poids de l'ensemble...) nécessite aussi quelques prérequis scientifiques et techniques, sur les interactions entre les espèces (compétition ou facilitation), sur la date de semis, la largeur de l'inter-rang des cultures associées.

Le relay-cropping (culture en relais) qui est une méthode récente de cultures mixtes où une culture est semée dans une première culture avant sa récolte (Ott et al. 2019, Cecchin et al. 2021) pourrait répondre à la fois aux enjeux environnementaux et aux attentes des filières agricoles (figure 1). Il a pour objectif d'optimiser la productivité du système en intégrant deux cultures en un an, semées et récoltées séparément. Le relay-cropping participerait à la qualité de l'air par réduction des GES et à la conservation des propriétés du sol et de l'eau puisque la couverture permanente du sol réduit l'érosion des sols, le lessivage des nutriments, et augmente l'activité biologique des sols et sa porosité (Wyland et al. 1996, Vukicevich et al. 2016,

Berti et al. 2017, Cecchin et al. 2021). Il peut aussi correspondre à un levier pour optimiser pour la fertilisation azotée des cultures lorsqu'une légumineuse est implantée (Gaudin et al. 2014).



Figure 1. Culture en relais de soja dans une culture de céréale (@agriculture.pk et Sylvain Delzon)

Les rares études agronomiques sur le relay-cropping (RC) présentent des résultats contrastés sur le rendement de la seconde culture mais ont montré des résultats positifs sur le rendement net des deux cultures et le land equivalent ratio¹ (LER). Un relay-cropping soja-maïs présentait un LER de 1,50 (78% du rendement du soja et 81% du rendement du maïs en RC) (Raza et al. 2019). Le relay-cropping a été proposé comme un système plus rentable pour les agriculteurs recherchant à réduire les risques de perte de rendement notamment par les aléas climatiques (Nelson et al. 2010).

Néanmoins, plusieurs études ont fait état d'une réduction des rendements de la culture suivante lorsqu'elle est relayée dans la culture primaire sur pied. Ces réductions seraient expliquées par une compétition plus importante pour l'eau et la lumière au stade précoce de la deuxième culture (Zhang et al. 2007). Les leviers potentiels pour atténuer cette compétition sont de nature technique et génétique. Cette méthode requière l'étude et la maîtrise des itinéraires techniques, notamment les densités de semis, la date de semis en fonction du climat et du développement de la première culture (recouvrement et hauteur), la largeur des rangs, et une bonne adéquation entre la méthode et les capacités du semoir pour déposer une graine dans une culture à épiaison. Le second levier repose sur le choix des variétés et la compréhension de leurs interactions géotypes x environnement afin de réduire cette compétition pour la lumière et l'eau et/ou d'y être mieux adapté. Les variétés de blé et d'orge précoces ou présentant des cycles de vie courts sont privilégiées. Les variétés de la seconde culture devront être choisies en fonction de ses capacités à résister à la sécheresse et l'expression de ses traits aériens et souterrains en condition mixte (multi-espèce). La lumière représente le principal facteur écologique pour le développement des plantes. Lorsque les plantes sont en association, l'ombre de la plante la plus haute modifie la

morphologie et la physiologie des plantes. Les réponses des traits des plantes face à la sécheresse et à la compétition pour la lumière peuvent varier en fonction des génotypes, notamment chez le soja en association avec une culture de céréale (Hussain et al. 2020). Cependant, la connaissance sur la réponse des variétés à la sécheresse et à la compétition à la lumière est souvent limitée et particulièrement dans des conditions de relay-cropping (Fan et al. 2018 ; Li et al. 2021). **Le défi est de comprendre et maîtriser à la fois les conditions d'implantation (largeur du rang, densité d'implantation, date de semis et fonctionnalités du semoir) et les interactions géotypes x environnement entre les variétés de la seconde culture implantée afin de réduire la compétition pour la lumière et mieux tolérer une plus faible disponibilité en eau au jeune stade.**

2. Objectifs

Le projet ambitionne d'une part de **tester plusieurs techniques d'implantation du relay-cropping orge d'hiver-soja** (i.e. espacement et date de semis) **et d'autre part de caractériser la réponse de différentes variétés de soja au champ à la compétition induite par la culture** en place (orge) à partir d'un panel de variétés existantes. **En parallèle de cette expérimentation au champ nous quantifierons la résistance à la sécheresse des 10 variétés de soja les plus commercialisées en Europe afin d'identifier les variétés les plus compétitrices/résilientes pour le relay cropping.**



Figure 2. Objectifs du projet de thèse

3. Encadrement de la thèse

Réalisé au sein de l'unité de recherche [AGHYLE](#) (Agro-écologie, Hydrogéochimie, Milieux & Ressources) est une Unité propre de l'Institut Unilasalle (UP 2018.C101). Son activité de recherche est centrée sur l'étude des interactions écologiques entre plantes et entre les plantes et les organismes édaphiques afin de comprendre leur rôle dans le fonctionnement du sol, la dynamique et la disponibilité des éléments nutritifs (N et P), le cycle des pathogènes et la productivité des agroécosystèmes. L'unité AGHYLE est soutenue par le développement de deux chaires industrielles formation et recherche : « [plant breeding](#) » et « [agromachinisme et nouvelles technologies](#) » dont AGCO est partenaire. L'unité est membre de l'École Doctorale « Sciences, Technologie, Santé » de l'Université de Picardie Jules Vernes (UPJV) dans laquelle la présente thèse sera inscrite.

UMR BIOGECO INRAE

L'UMR BIOGECO (Biodiversité, Gènes & Communautés) étudie les relations biodiversité-fonctionnement dans divers écosystèmes, avec une attention particulière à l'étude de l'interaction entre les gènes et les communautés dans divers écosystèmes, avec un accent particulier sur les forêts tempérées et tropicales. L'UMR coordonne plusieurs projets de recherche internationaux et a développé une plateforme de phénotypage haut débit de la résistance à la sécheresse des plantes. Il s'agit actuellement de la plus grande plateforme hydraulique au monde avec un prototype unique de mégacavitron pour les espèces à vaisseaux longs et de technique optique pour les espèces cultivées telles que le blé, l'orge, le soja et le maïs.

L'équipe encadrante :

UniLaSalle - AGHYLE

- Michel-Pierre Faucon (Dr, HDR, directeur recherche UniLaSalle Beauvais et EC en écologie fonctionnelle végétale et agroécologie), directeur de la thèse ;
- Léa Kervroëdan (Dr, EC en écologie fonctionnelle végétale), co-encadrante

INRAE-Université de Bordeaux, UMR BIOGECO

- Sylvain Delzon (Dr, HDR, Directeur recherche), co-directeur est spécialiste de la résistance à la sécheresse des plantes et plus particulièrement du fonctionnement hydraulique des plantes. Il étudie également l'adaptation des écosystèmes naturels et agrosystèmes au changement climatique. Il a mis en place la plateforme de phénotypage à haut débit pour les caractères hydrauliques – plateforme CAVIPLACE/PHENOBOIS.

AGCO Corporation

- Guillaume Depeaux (Ingénieur Recherche et Engineering Avancée, AGCO Beauvais), co-encadrant.

Informations

Durée du projet : trois ans, décembre 2021/janvier 2022 à décembre 2024

Salaires brut mensuel = 1957 euros

Profil recherché

Master 2 ou ingénieur agri ou agro qui s'est initié aux recherches en agronomie et écologie fonctionnelle végétale portant un intérêt particulier aux innovations agroécologiques et en agromachinisme et à la durabilité de systèmes de culture.

Compétences demandées : rigueur, curiosité scientifique, bonne organisation de son temps, mise en place et suivi d'une expérimentation, connaissance ou intérêt pour l'agroéquipement (semoir), bon niveau d'anglais écrit et parlé, maîtrise des statistiques appliquées et du logiciel R.

Le dossier de candidature sera constitué d'un CV, de vos relevés de notes de Master ou 4^{ème} et 5^{ème} année post-bac ingénieur et d'une lettre de motivation, est à envoyer par email **avant le 23 août 2021**, à Depeaux, Guillaume Guillaume.Depeaux@agcocorp.com, Michel-Pierre FAUCON Michel-Pierre.FAUCON@unilasalle.fr; Sylvain Delzon pujoulade@gmail.com; Léa KERVROEDAN Lea.KERVROEDAN@unilasalle.fr;

Bibliographie

Berti, M., Johnson, B., Ripplinger, D., Gesch, R., & Aponte, A. (2017). Environmental impact assessment of double-and relay-cropping with winter camelina in the northern Great Plains, USA. *Agricultural Systems*, 156, 1-12.

Bindi, M., & Olesen, J. E. (2011). The responses of agriculture in Europe to climate change. *Regional Environmental Change*, 11(1), 151-158.

Cecchin, A., Pourhashem, G., Gesch, R. W., Lenssen, A. W., Mohammed, Y. A., Patel, S., & Berti, M. T. (2021). Environmental trade-offs of relay-cropping winter cover crops with soybean in a maize-soybean cropping system. *Agricultural Systems*, 189, 103062.

Fan, Y., Chen, J., Cheng, Y., Raza, M. A., Wu, X., Wang, Z., ... & Yang, F. (2018). Effect of shading and light recovery on the growth, leaf structure, and photosynthetic performance of soybean in a maize-soybean relay-strip intercropping system. *PloS one*, 13(5), e0198159.

Hussain, S., Pang, T., Iqbal, N., Shafiq, I., Skalicky, M., Brestic, M., ... & Yang, W. (2020). Acclimation strategy and plasticity of different soybean genotypes in intercropping. *Functional Plant Biology*, 47(7), 592-610.

Kopittke, P. M., Menzies, N. W., Wang, P., McKenna, B. A., & Lombi, E. (2019). Soil and the intensification of agriculture for global food security. *Environment International*, 132, 105078.

Li, S., van der Werf, W., Zhu, J., Guo, Y., Li, B., Ma, Y., & Evers, J. B. (2021). Estimating the contribution of plant traits to light partitioning in simultaneous maize/soybean intercropping. *Journal of Experimental Botany*, 72(10), 3630-3646.

Monzon, J. P., Sadras, V. O., Abbate, P. A., & Caviglia, O. P. (2007). Modelling management strategies for wheat-soybean double crops in the south-eastern Pampas. *Field Crops Research*, 101(1), 44-52.

Olesen, J. E., Trnka, M., Kersebaum, K. C., Skjelvåg, A. O., Seguin, B., Peltonen-Sainio, P., ... & Micale, F. (2011). Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy*, 34(2), 96-112.

- Ott, M. A., Eberle, C. A., Thom, M. D., Archer, D. W., Forcella, F., Gesch, R. W., & Wyse, D. L. (2019). Economics and Agronomics of Relay-Cropping Pennycress and Camelina with Soybean in Minnesota. *Agronomy Journal*, 111(3), 1281-1292.
- Panagos, P., Imeson, A., Meusburger, K., Borrelli, P., Poesen, J., & Alewell, C. (2016). Soil conservation in Europe: wish or reality?. *Land Degradation & Development*, 27(6), 1547-1551.
- Raza, M. A., Feng, L. Y., van Der Werf, W., Iqbal, N., Khalid, M. H. B., Chen, Y. K., ... & Yang, W. (2019). Maize leaf-removal: A new agronomic approach to increase dry matter, flower number and seed-yield of soybean in maize soybean relay intercropping system. *Scientific reports*, 9(1), 1-13.
- Schleussner, C. F., Deryng, D., Müller, C., Elliott, J., Saeed, F., Folberth, C., ... & Rogelj, J. (2018). Crop productivity changes in 1.5 C and 2 C worlds under climate sensitivity uncertainty. *Environmental Research Letters*, 13(6), 064007.
- Vukicevich, E., Lowery, T., Bowen, P., Úrbez-Torres, J. R., & Hart, M. (2016). Cover crops to increase soil microbial diversity and mitigate decline in perennial agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(3), 1-14.
- Wyland, L. J., Jackson, L. E., Chaney, W. E., Klonsky, K., Koike, S. T., & Kimple, B. (1996). Winter cover crops in a vegetable cropping system: Impacts on nitrate leaching, soil water, crop yield, pests and management costs. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 59(1-2), 1-17.
- Yamane K, Ikoma A, Iijima M (2016) Performance of double cropping and relay intercropping for black soybean production in small-scale farms. *Plant Production Science*. doi:10.1080/1343943X.2016.1164574