

**APPROCHE FONCTIONNELLE DU CHOIX DE L'ESPÈCE ASSOCIÉE AU SOJA
ET ARRANGEMENT SPATIAL DANS LES ASSOCIATIONS DE CULTURES :
IMPACT SUR LES SERVICES OBTENUS PENDANT ET APRÈS LA CULTURE**

Thèse de Timothée **CHÉRIÈRE**¹

Analysée par Philippe **LETERME**²

Directrice de thèse : Guénaëlle **CORRE-HELLOU** (Enseignante-chercheure, École supérieure d'agriculture (ESA), Angers)

La diversification des cultures est un enjeu majeur de la transition agroécologique. Le soja pourrait y contribuer de façon plus importante qu'actuellement en France, compte tenu de son intérêt en tant que pourvoyeur de protéines, en tant que légumineuse intéressante dans les rotations et compte tenu aussi de la disponibilité de variétés sélectionnées précoces, adaptées aux pédoclimats nationaux. Malheureusement, cette culture suscite peu d'intérêt chez les agriculteurs, essentiellement à cause de l'irrégularité (et souvent la faiblesse) des rendements et de la gestion difficile des adventices

L'idée originale de la thèse de Timothée CHÉRIÈRE est de considérer l'association de cultures comme une stratégie à mettre en œuvre pour faciliter l'introduction du soja comme culture de diversification : en associant une deuxième culture de rente récoltée, qui d'une part, compensera les possibles mauvaises performances économiques du soja et qui d'autre part assurera un service de réduction des adventices, on propose ainsi aux agriculteurs une solution permettant de développer cette culture.

Les cultures de rente les plus intéressantes à associer et les arrangements spatiaux de l'association les plus favorables sont des facteurs-clé de la réussite de l'association, mais ont été relativement peu étudiés. L'auteur se propose donc de mener leur étude en mobilisant les concepts de l'écologie fonctionnelle.

Plusieurs questions de recherche sont posées :

Question1 Quelles sont les influences du choix de l'espèce associée et de l'arrangement spatial sur les services rendus par l'association ?

Question2 En quoi les traits caractéristiques des espèces concernées (soja, culture associée, adventices) expliquent les services observés (production, croissance,

¹ Thèse de doctorat de l'Université d'Angers, École doctorale 600 « Écologie, Géosciences, Agronomie et Alimentation », soutenue le 18 décembre 2020.

² Professeur honoraire de l'Institut Agro (Agrocampus-Ouest), membre correspondant de l'Académie d'Agriculture de France (section 1 Productions Végétales).

ANALYSE DE THÈSE

régulation des adventices) et comment ces traits, généralement connus en culture pure, sont modifiés par l'association (choix de l'espèce, arrangement spatial) ?

Question3 Est-ce que l'association du soja et le choix de la culture associée modifient l'effet précédent de la culture (décomposition des résidus, dynamique de l'azote minéral et disponibilité en azote pour la culture suivante, en l'occurrence du blé) ?

Afin de répondre à ces questions, deux essais en blocs randomisés ont été implantés en 2018 et 2019 à Brain sur l'Authion (49) à la station expérimentale de la FNAMS. Chaque essai durait environ 15 mois pour couvrir l'association et le blé suivant. Les cultures testées, pour être associées au soja, devaient être techniquement compatibles avec le soja (notamment concordance des cycles et facilité de tri des graines récoltées) et, en même temps, présenter des traits fonctionnels susceptibles de rendre, de manière différente, les services attendus : lentille, sarrasin, sorgho et tournesol ont été retenus. Deux arrangements spatiaux ont été testés : mélange dans le rang et rangs alternés. Chaque espèce était aussi implantée en culture pure pour servir de base de comparaison.

Les principaux résultats apportent des éléments significatifs de réponse aux questions précédemment posées.

Question1 Les résultats montrent tout d'abord que le rendement du soja en association est inférieur à celui en culture pure. Les meilleurs rendements du soja associé sont obtenus avec la lentille, suivie du sorgho et du tournesol, puis du sarrasin. L'ordre est inverse pour le contrôle des adventices. Ces deux services sont liés à la capacité de chaque espèce associée à produire de la biomasse : plus elle est grande, meilleur est le contrôle des adventices, mais plus faible est la production de soja. La hauteur totale du couvert se révèle être un autre bon indicateur de la compétition avec les adventices et la différence de hauteur entre soja et culture associée un bon indicateur de la compétition avec le soja. Enfin, les rangs alternés semblent améliorer la production de soja sans diminuer le contrôle des adventices avec le sorgho et le sarrasin.

Question2 L'étude des courbes de croissance des membres des associations permet de préciser les caractéristiques des espèces associées qui sont importantes pour fixer la compétition envers le soja et les adventices. Ainsi, la vitesse de démarrage de la plante associée et sa capacité à accumuler de grandes quantités de biomasse sont des traits fonctionnels déterminants, de même que la hauteur maximale et la taille des feuilles. Enfin, on peut observer que les rangs alternés retardent l'entrée en compétition entre les deux cultures. L'auteur analyse ensuite si les traits fonctionnels des cultures pouvant servir d'indicateur des services rendus par la plante associée varient selon la conduite technique de l'association. Il ressort que pour les espèces associées, la réponse des traits est peu modifiée par l'association (en comparaison avec la culture pure) et l'arrangement spatial. En revanche, pour le soja, les valeurs de traits (notamment surface spécifique foliaire et surface d'une feuille) varient de 20 à 30% selon l'espèce associée. La réponse à l'arrangement spatial était bien plus faible.

Question3 Concernant l'effet précédent (vu sous l'angle azote) des associations, il est observé que l'association modifie la quantité des résidus de culture laissés sur la parcelle, mais ne modifie pas la quantité totale d'azote laissée dans les résidus. Par contre, la qualité biochimique des résidus, et donc la dynamique de leur

décomposition, sont modifiées. Dans le cas d'associations avec des légumineuses, on observe un surplus d'azote minéral en automne, à une période peu propice à son absorption par le blé, et donc susceptible d'être lixivié. En revanche, le mélange de résidus sorgho-soja présente une minéralisation plus lente de l'azote, avec une augmentation de la quantité de l'azote du sol en sortie hiver. Des résidus de légumineuses (soja) mélangés avec des résidus riches en carbone (comme ceux du sorgho) permet ainsi de conserver l'azote plus longtemps dans le système. Il ressort par ailleurs de l'expérimentation que la croissance du blé suivant l'association n'est pas différente de celle suivant un soja pur.

En résumé, le travail de Timothée CHERIÈRE montre que l'espèce associée impacte l'ensemble des quatre services considérés (production du soja, production de la culture associée, contrôle des adventices et effet précédent lié à l'azote). Les services de production de soja et de contrôle des adventices se sont révélés être antagonistes, mais cet antagonisme peut être atténué dans certaines associations grâce à l'arrangement spatial. L'association du soja modifie certains postes du bilan azoté et les quantités et qualités des résidus de culture. Cependant, aucune différence d'effet sur le blé suivant n'a été mesurée, ce qui laisse supposer que l'effet azote majeur réside plus dans la limitation de la lixiviation de l'azote minéral que dans un surplus d'absorption par le blé. L'approche fonctionnelle a permis d'identifier des traits liés à la dynamique de croissance des cultures (et donc à leur pouvoir compétitif) et à la persistance des résidus après récolte. La réponse de ces traits à la gestion des associations semble faible, il devient donc possible d'envisager leur utilisation pour choisir en connaissance de cause les partenaires d'une association. Reste malgré tout à vérifier la généralité d'un tel résultat et à cet égard, la modélisation pourrait être utile.

Timothée CHERIÈRE a réalisé un important travail d'expérimentation, de collecte de données et d'analyse des résultats. Sa revue bibliographique est elle aussi de qualité et le tout est bien rédigé. Il aurait probablement été possible d'aller plus loin dans l'analyse des résultats en utilisant plus les observations réalisées sur les cultures pures, en étudiant de plus près l'effet de l'année, en tentant une analyse de l'élaboration du rendement du soja et de la culture associée. Enfin, quelques calculs de marge brute ou semi-nette auraient été intéressants pour évaluer l'intérêt économique des associations.

La valorisation est bien engagée avec un 1^{er} article publié³ dans *Field Crops Research* et un autre prochainement soumis.

Tout cela justifie largement de faire figurer le travail de Timothée CHERIÈRE sur le site de l'Académie d'agriculture de France, à titre de valorisation.

³ Cherièrè Timothée, Lorin Mathieu, Corre-Hellou Guénaëlle, 2020. – Species choice and spatial arrangement in soybean-based intercropping: Levers that drive yield and weed control. *Field Crops Research*, 256, 107923. doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107923.