

OPTIMISATION DE LA FERTILISATION AZOTEE A L'ECHELLE DES SYSTEMES DE CULTURE DANS UN CONTEXTE ECONOMIQUE TENDU

Aristide Olou¹, Luc Champolivier², Francesca Degan¹, Vincent Lecomte², François Taulemesse¹, Grégory Véricel¹, Valérie Leveau¹

¹ ARVALIS - Institut du végétal, 3 rue Joseph et Marie Hackin 75016 PARIS

² TERRES INOVIA, 11 Rue de Monceau 75008 PARIS

La volatilité du prix des engrais, les risques de pénurie, comme les préoccupations environnementales et l'évolution de la réglementation, nécessitent une gestion toujours plus poussée de la fertilisation azotée. La recherche de l'efficience technique reste le point clé, mais l'efficience économique doit prendre sa place. Les années 2022 et 2023 ont vu les charges d'engrais en moyenne multipliées par deux ou trois pour les grandes cultures, avec des prix des matières premières qui ont aussi augmenté, puis redescendu provoquant pour la récolte 2023 un ciseau des prix. Aujourd'hui, la gestion de la fertilisation se raisonne essentiellement culture par culture, mais la question est posée d'une optimisation annuelle au niveau du système de culture ou de l'exploitation. La présente étude propose une approche méthodologique exploratoire. L'objectif est de déterminer, à l'échelle d'un système de culture composé d'un assolement déterminé, la quantité d'azote à apporter sur chaque culture pour viser un optimum technico-économique global, tout en respectant les normes de qualité des productions. Cette approche inclut également la possibilité d'intégrer une contrainte de disponibilité de l'azote.

La méthode développée s'appuie, pour chaque culture du système, sur deux types de courbes de réponse à l'azote utilisées à des fins d'optimisation : réponse du rendement en grains à l'azote d'une part et réponse de variables associées à la qualité à l'azote pour prendre en compte les aspects qualitatifs de la récolte d'autre part. Les courbes de réponse du rendement à l'azote, ajustées avec des formalismes quadratique ou quadratique plateau, ont été construites pour les principales grandes cultures à partir de données d'essais des instituts techniques (Arvalis et Terres Inovia). Concernant les courbes de réponses de la qualité, la variable ciblée pour les céréales à pailles est le taux de protéines des grains modélisée par une fonction linéaire. Pour les oléagineux, il s'agit du taux d'huile qui est négativement corrélée au rendement.

Au-delà de la réponse moyenne des cultures à l'azote, une grande variabilité des courbes de réponse est observée dans les jeux de données d'entraînement. Afin de gagner en précision et de prédire la réponse à l'azote la plus adaptée à la situation d'une exploitation donnée, une segmentation des courbes de réponse par culture est réalisée sur le critère de la dose d'azote à apporter à l'optimum technique.

A partir des courbes de réponse à l'azote par culture, les instituts agricoles proposent déjà des matrices permettant de déterminer, pour une culture donnée, l'ajustement de dose totale prévisionnelle d'azote permettant d'atteindre un optimum technico-économique caractérisé par la meilleure marge brute « azote » possible. Cette méthode est ici appliquée au système de culture. A l'échelle d'un système de K cultures, le modèle recherche la meilleure répartition de l'azote entre ces K cultures qui permettra de maximiser la marge brute « azote » totale sous contraintes de l'assolement présent et de la quantité d'azote disponible, et en fonction des courbes de réponse à l'azote de chaque culture, de leur prix de vente, de leur surface, du prix de l'azote et de la rémunération de la qualité (grilles de bonus-réfaction appliquées au prix de vente). Les résultats détaillent par culture dose d'azote, rendement, qualité et marge obtenue.

La méthode a été mise en œuvre sur un système de culture en argilo-calcaire moyen de la ferme type¹ « Champagne berrichonne sec (sans irrigation) » de la Fermothèque Arvalis. Les résultats obtenus ont une

¹ Une ferme type est une exploitation fictive représentative d'un système de production dans un contexte pédoclimatique précis (segment) et caractérisée par une cohérence d'assolement, de rotations et d'itinéraires techniques. Une ferme type est par définition performante.

valeur d'illustration et ne doivent en aucun cas être généralisés. Le système de culture comprend du colza, du tournesol, de la lentille, du blé tendre et des orges d'hiver et de printemps. La dose moyenne d'azote apportée sur l'exploitation est de 154 kg N/ha, allant de 0 à 192 kg N/ha selon les cultures. Les rendements utilisés sont les rendements moyens de 2018 à 2021. La ferme type est par construction une ferme dite performante sur le plan technique, l'hypothèse de départ est donc que les cultures sont conduites à l'optimum technique et atteignent les normes en termes de qualité. La quantité d'azote disponible à l'échelle du système est celle historiquement utilisée, à savoir 154 kg N/ha.

Les scénarios de contexte économique se définissent par (i) 3 scénarios sur les prix de vente des cultures (moyenne 2018-2021, 2022, 2023), (ii) 3 scénarios de prix d'achat de l'azote (0.78 €/kg N, 2.0 €/kg N, 2.5 €/kg N), (iii) 1 scénario de quantités d'azote disponibles à l'échelle du système (100 %) (iv) 3 scénarios de rémunération de la qualité (absence de rémunération de la qualité, rémunération de la protéine dans les céréales à paille, et rémunération de la protéine dans les céréales à paille et du taux d'huile dans les oléagineux) selon une grille moyenne. Les scénarios testés permettent d'étudier des ratios entre le prix de vente des cultures et le prix d'achat de l'azote qui évoluent avec par exemple un ratio blé/azote entre 0.8 et 2.4 et un ratio colza/azote entre 1.8 et 5.3.

On observe que quelle que soit la disponibilité de l'azote, ce sont les variations liées aux prix des cultures et de l'azote qui vont entraîner les plus grosses évolutions de marge azote à système constant.

Dans le contexte 2018/2021, l'optimum technico-économique à l'échelle du système de culture proposé par le modèle est très proche de l'optimum technique observé : marge équivalente, intégralité de la dose disponible utilisée et de légers écarts dans la répartition entre cultures sont constatés. Dans le cas du scénario économique le plus défavorable étudié, à savoir pour un prix de l'azote à 2.5 €/kg N, un prix du blé à 210 €/t et de colza à 440 €/t, l'optimum technico-économique est atteint en utilisant environ 80% d'azote dans le scénario où 154 kg N/ha sont disponibles. La marge azote dégagée à l'optimum technico-économique à l'échelle du système est supérieure d'environ +13 à +16 €/ha par rapport à la pratique historique (optimum technique) dans le même contexte économique selon la prise en compte ou non de la rémunération de la protéine. Les doses d'azote par culture (hors lentille) évoluent en baissant de -15 à -51 kg N/ha sans rémunération de la qualité et de 0 à -51 kg N/ha si une rémunération de la qualité des céréales est prise en compte. Les conséquences de cette optimisation sont notamment des baisses de rendement sur les blés, colza et tournesol et de taux de protéines sur les céréales. Concernant les oléagineux, une hausse des teneurs en huile est observée.

Cette méthodologie ouvre des perspectives de gestion de l'azote sur des critères technico-économiques à l'échelle du système de culture. Certains aspects présentent toutefois des perspectives d'amélioration pour lever certaines limites du modèle. Parmi ceux-ci, l'hypothèse forte que les pratiques actuelles de fertilisation correspondent à un optimum technique pourrait être retravaillée pour gagner en précision. De même, une définition plus fine de la pente de réponse du rendement à l'azote des cultures pourrait par exemple être atteinte en tenant compte des interactions avec l'environnement de culture.

La suite de ces travaux pourrait reposer sur un élargissement de l'algorithme pour intégrer une optimisation de l'assolement permettant de maximiser la marge « azote » tout en intégrant certaines contraintes du système.

Mots clés : fertilisation azotée, courbe de réponse, optimum technico-économique, système de culture, pénurie



Aristide Olou

Ingénieur R&D au sein du pôle Economie et Stratégie d'Exploitation d'Arvalis depuis 2020. Je suis titulaire d'un diplôme d'ingénieur agroéconomiste à l'Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès en 2017 et d'un master en économétrie et statistique à l'Ecole d'Economie d'Aix-Marseille en 2019. Mes travaux portent sur l'évaluation ainsi que la gestion de la performance et du risque économique dans les exploitations agricoles.