

Quantification et modélisation de la variabilité de la production et bilans C et N en systèmes de culture biologiques

Nicolas Beaudoin^{1*}, Bénédicte Autret¹, Lucia Rakotovololona¹, Florent Chlébowski¹, Aïcha Ronceux², Michel Bertrand³, Paul Mäder⁴, Jorgen Olesen⁵, Loïc Strullu¹, Bruno Mary¹

¹ INRA, UR 1158 AgroImpact, Site de Laon, 02000 Barenton-Bugny

² Agro-Transfert R & T, 2, Chaussée de Brunehaut - 80200 Estrées Mons

³ INRA, UMR Agronomie, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 78850 Thiverval-G

⁴ Research Institute of Organic Agriculture, Ackerstrasse, CH-5070 Frick, Switzerland

⁵ Danish Institute of Agricultural Sciences, Tjele, Denmark

* personne à contacter : nicolas.beaudoin@inra.fr

L'agriculture biologique (AB) est annoncée relevant le défi alimentaire et de durabilité. Son bilan environnemental est *a priori* positif en termes de pression de pesticides et de maintien de la biodiversité mais discuté pour ses impacts liés aux cycles C-N, en particulier dans les systèmes de grande culture sans élevage (SE). Les fronts de science sont les régulations biotiques, les déterminants des cycles biogéochimiques et leur modélisation.

Le projet ENBIO vise à quantifier et modéliser la variabilité de la production et des bilans d'eau, carbone et azote des systèmes de grande culture SE biologique et/ou bas intrants. La stratégie scientifique consiste à coupler expérimentation et modélisation afin d'accéder aux flux et de gérer le changement d'échelle. L'expérimentation comprend : - un réseau de 35 parcelles en AB+SE suivies 3 ans dans le Nord de la France ; - un réseau de 3 « essais systèmes » de long terme à Versailles (F), Foulom (Dk) et DOK (Suisse). La modélisation s'appuie sur STICS, sous l'hypothèse que les formalismes conçus en agriculture conventionnelle (CONV), sont transposables en AB, avec une calibration dédiée.

L'adaptation de STICS a concerné une version de recherche explicitant la dynamique du système racinaire et l'évolution d'effluents organiques. La calibration indépendante a demandé de qualifier les données *vs* la pression des bio-agresseurs. Le paramétrage de nouvelles espèces et variétés a concerné le blé, le triticale, l'orge, la fêverole et le trèfle.

Le suivi « on farm » révèle l'existence de pertes variables en nitrate en sols profonds (150 cm) : en moyenne (écart type) $34 \text{ mg} \pm 21 \text{ NO}_3 \text{ L}^{-1}$, à l'échelle des 11 systèmes étudiés. A l'échelle annuelle, la concentration varie de 7 à 70 $\text{mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ en fonction de la séquence automnale des cultures « précédente-suivante ». STICS a été ensuite appliqué à prédire le rendement potentiel pour le comparer au rendement mesuré. Leur écart (« yield gap ») est expliqué de 46 à 75%, suivant l'année, par le facteur N.

Le suivi de l'essai de l'INRA Versailles a permis d'évaluer le stockage C et N du sol, le surplus et les pertes d'azote pendant 16 ans de systèmes SE. Le stockage est très important en agriculture de conservation (CA), modéré en système AB et nul en CONV. Les pertes d'azote par voie gazeuse, estimées par défaut de bilan, se classent autrement : CA >> CONV > AB. Le bilan d'émissions (directes et indirectes) de gaz à effet de serre résulte alors d'effets de compensation entre variables : CONV >> CA > 0 > AB.

L'application de STICS sur les traitements CONV et AB à Foulum (18 ans) et DOK (40 ans) montre la possibilité de simuler la production, et les impacts C et N avec des formalismes communs, là où les bio-agresseurs sont bien contrôlés. La relation entre pertes d'azote prédites et surplus d'azote se révèle équivoque : à Foulum, pertes d'azote variables avec des surplus N proches ; à DOK, surplus N contrastés avec des pertes proches.

Ces résultats confirment l'importance des éléments C et N dans l'évaluation de l'impact environnemental et l'enjeu d'une évaluation multicritère à long terme des systèmes alternatifs dont la variabilité rend caduque une approche nominale. La modélisation déterministe en AB, à court terme ou à long terme, s'avère prometteuse, à condition d'en définir le domaine de validité et de disposer de bases de données pour calibrer le modèle, encore insuffisantes. Une autre étape est le test multicritère de scénarios innovants proposés par les agriculteurs dans la cadre d'une modélisation d'accompagnement.