



Symposium PSDR4

Transitions pour le développement des territoires

Connaissances et pratiques innovantes pour des modèles agricoles, alimentaires et forestiers résilients

Angers, 28-30 Octobre 2020

Proposition de communication

Formulaire à poster sur le site du colloque (<https://symposium.inrae.fr/psdr4/>)

Avant le 10 Juillet 2020.

Développement d'un outil d'évaluation multicritère pour aider à la conception de systèmes de culture plus autonomes en azote

Florent Levavasseur^{1*}, Gentiane Maillet², Raymond Reau², Sabine Houot¹

Coordonnées précises du ou des auteurs (en précisant le correspondant) :

* florent.levavasseur@inrae.fr

¹INRAE, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, UMR ECOSYS
Avenue Lucient Bretignières
78850 Thiverval-Grignon

²INRAE, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, UMR Agronomie
Avenue Lucient Bretignières
78850 Thiverval-Grignon

Référence à la (aux) région(s) et au(x) Projet(s) PSDR (éventuelle) : Projet PSDR PROLEG (Région Île-de-France)

Référence à la thématique visée : Transition agroécologique dans les territoires : systèmes innovants de production agricole

Résumé

Objectif de la communication :

Le recours aux sources alternatives d'azote que sont les Produits Résiduaux Organiques (PRO) et les légumineuses (LEG) permet de diminuer directement les impacts liés à l'usage des fertilisants azotés de synthèse (émissions de gaz à effet de serre lors de leur fabrication notamment), ainsi que la dépendance des agriculteurs à des intrants non renouvelables et dont les prix sont fluctuants. Le retour au sol des PRO et la culture de LEG peuvent également s'accompagner de la fourniture d'un ensemble de services (stockage de carbone, amélioration de la fertilité physique et biologique du sol, etc.), de disservices (contamination du sol, pertes azotées, etc.) (Diacono and Montemurro, 2010; Schneider and Huyghe, 2015) et modifier les résultats technico-économiques (temps de travail, marge, etc.). Afin de maximiser les services rendus par les PRO et les LEG tout en diminuant les disservices, il est nécessaire de travailler à l'optimisation et/ou à la reconception des systèmes de culture avec les agriculteurs. L'évaluation a priori des systèmes de cultures peut cependant s'avérer difficile au vu du nombre d'effets à considérer, de la difficulté de les quantifier à dire d'expert, et des pas de temps considérés (certains effets s'exprimant après des années). L'usage de modèles d'évaluation prédictifs est donc nécessaire afin de guider cette reconception des systèmes de culture. De tels modèles permettant d'évaluer l'ensemble des effets associés à ces systèmes de culture à court et long terme sont cependant toujours manquants (Schoumans et al., 2019). L'objectif de cette étude est donc de développer un outil d'évaluation multicritère qui permette d'évaluer les performances des systèmes de culture intégrant des PRO et des LEG, ceci afin d'appuyer la reconception des systèmes de culture lors d'atelier de co-conception avec les agriculteurs de la plaine de Versailles.

Méthode :

Afin de bien identifier les services et disservices à considérer dans l'évaluation des systèmes de culture utilisant des PRO et des LEG, des enquêtes d'acteurs ont été menées sur la plaine de Versailles. 29 agriculteurs du territoire ont été enquêtés en deux phases, ainsi qu'une quinzaine de techniciens agricoles. L'enquête visait à détailler à la fois leur usage actuel des PRO et des LEG, ce qu'ils recherchaient ou ce qui les freinaient dans leur usage. La notion de fertilité au sens large (sans PRO ni LEG) était également abordée afin d'identifier des aspects qui n'étaient pas forcément associés aux PRO et aux LEG au premier abord mais qui pourraient y être connectés. Ces enquêtes ont également été complétées par un inventaire bibliographique des effets des PRO et des LEG.

Une fois les effets à considérer identifiés, une recherche des modèles existants pour les simuler a été réalisée. Aucun modèle existant n'a été jugé adapté soit par son manque de prise en compte des effets spécifiques des PRO et des LEG (effets sur le moyen/long terme, contamination du sol...), soit par le nombre limité d'effets considérés (seulement le stockage de carbone ou les pertes d'azote par exemple). Des modèles existants pouvant être combinés pour permettre cette évaluation ont alors été recherchés, ainsi que les besoins en paramétrage supplémentaire. La priorité a été donnée à des modèles calibrés et validés dans nos conditions pédoclimatiques et pour les systèmes de culture du territoire de la plaine de Versailles (grandes cultures, avec ou sans PRO). L'outil d'évaluation a été développé en interne pour garder la souplesse et le contrôle dans son développement, et avec un objectif de transfert de l'outil qui implique un interfaçage adapté.

Résultats :

Un large panel de services à considérer ressort des enquêtes : effets sur la matière organique du sol, fourniture en nutriments, effets sur les propriétés physiques (battance, réserve hydrique...) et biologiques (vie du sol au sens large). Les disservices potentiels sont légèrement moins évoqués mais bien identifiés par les enquêtés tout de même : contamination du sol, pertes d'azote, bilan gaz à effet de serre, résultats technico-économiques... Peu de hiérarchie entre ces effets apparaît dans les enquêtes, l'ensemble des effets serait donc idéalement à considérer dans l'outil d'évaluation.

L'outil d'évaluation a été développé en intégrant les services et disservices identifiés précédemment. Cet outil combine des modèles existants, des fonctions de pédotransfert et des indicateurs bilans. Il intègre tout d'abord le modèle de carbone du sol AMG (Clivot et al., 2019; Levavasseur et al., 2020) pour simuler l'évolution à long terme des stocks de carbone du sol et des teneurs en matière organique. Le modèle STICS (Brisson et al., 2003) est également intégré dans l'outil pour simuler la fourniture en azote du sol et les pertes d'azote du système. L'équation bilan du COMIFER est ensuite utilisée pour calculer les besoins en azote du système en fonction des fournitures et pertes en azote calculés par STICS. STICS peut être utilisé à différentes échéances temporelles dans l'outil, par exemple avec la teneur en matière organique du sol initiale et celle calculée par AMG au bout de 20 ans. Cela permet la prise en compte des changements de stocks de matière organique du sol dans la fourniture en azote du sol. Les sorties d'AMG sont également utilisés dans différentes fonctions de pédotransfert pour calculer des indicateurs de fertilité du sol : battance (Remy and Marin-Lafleche, 1974), réserve utile (Rawls et al., 2003) et biomasse microbienne (Horrigue et al., 2016) à ce jour. D'autres fonctions sont en cours d'implémentation. Enfin, des équations bilans permettent de calculer des indicateurs supplémentaires : besoins en engrais P-K (bilan entrée par les engrais et PRO – sorties par les cultures exportées), bilan des flux d'entrée et stocks de métaux dans le sol, bilan gaz à effet de serre (stock de C calculé par AMG, émissions de N₂O avec STICS, émissions associées au machinisme et à la fabrication des engrais).

L'outil est dédié à l'évaluation des effets à court et long terme (jusqu'à 50 ans) de systèmes de culture eux-mêmes définis sur une (monoculture) ou plusieurs années (rotations). Le paramétrage de l'outil repose sur les nombreuses connaissances pré-existantes au projet PROLEG. Les connaissances acquises dans le projet ont cependant permis de raffiner certains paramètres (caractéristiques des PRO...). L'outil a été codé sous R, avec une interface Excel pour faciliter sa prise en main. A partir d'une description des caractéristiques facilement accessibles du système à évaluer (sol, rotation, itinéraire technique), l'outil calcule l'ensemble des indicateurs qui sont ensuite synthétisés dans des tableaux et des graphiques de synthèse, par culture ou à la rotation et à différentes échéances temporelles.

Retombées :

L'outil a tout d'abord été testé sur des systèmes de culture de référence de la plaine de Versailles pour évaluer sa capacité prédictive. Il a ensuite été mobilisé dans le cadre des ateliers de co-conception du projet PROLEG pour vérifier si les systèmes proposés permettaient d'atteindre les objectifs des ateliers. Par exemple, des systèmes bios qui intègrent des épandages fréquents de composts de déchets verts et des cultures de légumineuses régulières permettent-ils à terme de se passer d'engrais organiques coûteux (fientes), tout en améliorant la structure des sols (limitation de la battance) ? Ou bien encore, des systèmes en agriculture de conservation avec légumineuses et épandage de digestat de méthanisation permettent-ils d'atteindre un bilan gaz à effet de serre nul (dans un objectif marketing de l'agriculteur) ?

Une première version fonctionnelle de l'outil est disponible. Des tests de robustesse sont en cours ainsi que l'intégration de nouveaux indicateurs. L'objectif est de commencer la diffusion de l'outil avant la fin 2020 auprès des chercheurs et/ou acteurs du développement agricole intéressés dans l'évaluation des systèmes de culture. L'usage d'un tel outil permettra de considérer des effets pour le moment peu pris en compte dans l'évaluation des systèmes, en ayant recours à des formalismes éprouvés.

Bibliographie :

- Brisson, N., Gary, C., Justes, E., Roche, R., Mary, B., Ripoche, D., Zimmer, D., Sierra, J., Bertuzzi, P., Burger, P., Bussi re, F., Cabidoche, Y.M., Cellier, P., Debaeke, P., Gaudill re, J.P., H nault, C., Maraux, F., Seguin, B., Sinoquet, H., 2003. An overview of the crop model stics. *European Journal of Agronomy* 18, 309–332. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00110-7](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00110-7)
- Clivot, H., Mouny, J.-C., Duparque, A., Dinh, J.-L., Denoroy, P., Houot, S., Vert s, F., Trochard, R., Bouthier, A., Sagot, S., Mary, B., 2019. Modeling soil organic carbon evolution in long-term arable experiments with AMG model. *Environmental Modelling & Software* 118, 99–113. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.04.004>
- Diacono, M., Montemurro, F., 2010. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 30, 401–422. <https://doi.org/10.1051/agro/2009040>
- Horrigue, W., Dequiedt, S., Chemidlin Pr vost-Bour , N., Jolivet, C., Saby, N.P.A., Arrouays, D., Bispo, A., Maron, P.-A., Ranjard, L., 2016. Predictive model of soil molecular microbial biomass. *Ecological Indicators* 64, 203–211. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.12.004>
- Levavasseur, F., Mary, B., Christensen, B.T., Duparque, A., Ferchaud, F., K tterer, T., Lagrange, H., Montenach, D., Resseguier, C., Houot, S., 2020. The simple AMG model accurately simulates organic carbon storage in soils after repeated application of exogenous organic matter. *Nutr Cycl Agroecosyst*. <https://doi.org/10.1007/s10705-020-10065-x>
- Rawls, W.J., Pachepsky, Y.A., Ritchie, J.C., Sobecki, T.M., Bloodworth, H., 2003. Effect of soil organic carbon on soil water retention. *Geoderma, Quantifying agricultural management effects on soil properties and processes* 116, 61–76. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00094-6](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00094-6)
- Remy, J.C., Marin-Lafleche, A., 1974. Soil analysis: Realization of an automatic interpretation programme. *Annales agronomiques* 25, 607–632.
- Schneider, A., Huyghe, C., 2015. Les l gumineuses pour des syst mes agricoles et alimentaires durables, 1st ed. Editions QUAE GIE, Versailles.
- Schoumans, O., Ehlert, P. a. I., Hanegraaf, M.C., R mkens, P.F. a. M., Pustjens, A.M., Koeijer, T.J. de, Boer, H.C. de, Nienhuis, C., Kortstee, H., Smit, A.B., 2019. Development of a conceptual framework to evaluate organic fertilisers : assessment on soil quality and agronomic, environmental and economics aspects (No. report 2964). Wageningen Environmental Research, Wageningen.