



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.

Comparaison des services écosystémiques relatifs à l'azote fournis par dix espèces de légumineuses à graines

M. Guinet^{1*}, B. Nicolardot¹, A-S. Voisin¹

Correspondant : Maé Guinet mae.guinet@agrosupdijon.fr

¹ Agroécologie, AgroSup Dijon, INRAE, Univ. Bourgogne, Univ. Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon, France

Région Bourgogne –Franche-Comté projet PSDR ProSys : L'ADAPTATION PEDOCLIMATIQUE, LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET LA VALEUR ECONOMIQUE DES SYSTEMES DE CULTURES PRODUCTEURS DE PROTEINES

Thématique visée : Transition agroécologique dans les territoires : systèmes innovants de production agricole

Résumé

Objectifs :

L'essor d'une agriculture durable nécessite de maximiser la production de biens agricoles reposant sur des services écosystémiques, c'est-à-dire les avantages socio-économiques retirés par l'homme de son utilisation durable des fonctions écologiques des écosystèmes, afin de limiter le recours aux intrants de synthèse tels que les fertilisants azotés (Tibi et Therond, 2017). La fourniture de services écosystémiques repose notamment sur la réintroduction de la biodiversité spatiale et temporelle (Isbell *et al.*, 2011) dans les agrosystèmes.

Les légumineuses sont à l'origine de fonctions uniques et/ou complémentaires avec d'autres cultures, et ont dans ce sens un rôle prépondérant à jouer dans la fourniture de services écosystémiques relatifs à l'azote, notamment lors de leur réintroduction dans des systèmes de culture majoritairement composés de céréales et/ou d'oléagineux. En effet, les légumineuses permettent d'assurer la production de biens agricoles grâce à la production de graines riches en protéines. Elles permettent également de fournir des services de fourniture d'azote aux cultures grâce à l'acquisition d'azote pendant la croissance des légumineuses via le processus de fixation symbiotique, puis grâce à la fourniture d'azote à la culture suivante via le processus de minéralisation de leurs résidus de culture plus ou moins riches en azote (Angus *et al.*, 2015). Néanmoins, des impacts négatifs liés à l'azote peuvent également résulter de l'introduction des légumineuses dans les systèmes de culture. La plus faible capacité des légumineuses à prélever l'azote minéral du sol par rapport aux céréales (Hauggaard-Nielsen *et al.*, 2001) ainsi que la désynchronisation entre l'apport d'azote au sol par les résidus de légumineuses et les besoins en azote de la culture suivante, peuvent générer des risques de pertes d'azote par lixiviation pendant la culture des légumineuses et/ou après leur récolte durant la période automne-hiver.

Compte tenu de l'existence d'une diversité des légumineuses à graines, l'un des enjeux consiste à caractériser les espèces selon leur capacité à remplir les fonctions associées aux services recherchés afin d'aider aux choix des espèces les plus appropriées selon les usages recherchés (Damour *et al.*, 2014) et d'adapter la gestion de l'azote dans les systèmes de culture dans lesquels des légumineuses sont cultivées. Cependant le choix des espèces de légumineuses selon leur capacité à fournir des services écosystémiques peut s'avérer difficile du fait d'un manque de références pour une diversité d'espèces. Les objectifs de notre étude étaient de i) quantifier cinq flux azotés engendrés par les légumineuses et identifier plusieurs traits de plantes considérés comme explicatifs de ces flux azotés afin de dresser le profil fonctionnel de dix espèces de légumineuses à graines et ii) mieux comprendre les synergies et les antagonismes entre les flux azotés et entre les traits de plantes explicatifs de ces flux.

Méthodes :

Deux essais bisannuels ont été mis en place au domaine expérimental de Bretenière de l'INRAE de Dijon, en 2014-2015 et 2016-2017. La première année (2014 et 2016), neuf espèces de légumineuses ont été cultivées en l'absence de fertilisation azotée : féverole, haricot, lentille, lupin, pois, pois chiche, soja, vesce commune, et vesce de Narbonne. En 2016, une dixième espèce, le fenugrec, a également été cultivée. Toutes les légumineuses ont été inoculées au semis avec une souche de *Rhizobium* spécifique pour assurer la fixation symbiotique. Une fois les graines récoltées, les résidus de culture de légumineuses ont été broyés et enfouis dans le sol. Les graines n'ont cependant pas été récoltées pour la vesce de Narbonne en 2014 et 2016 et pour le pois chiche en 2014, du fait de conditions climatiques non favorables à la production de graines pour ces espèces. A l'automne, un blé d'hiver, conduit sans fertilisation azotée, a été semé à la suite de tous les précédents légumineuses. Le blé a ensuite été récolté en juillet de l'année suivante (2015 et 2017).

Au cours des deux successions culturales légumineuses – blé, cinq flux azotés ont été quantifiés : 1) quantité d'azote dans les graines à maturité (QN_graines), 2) quantité d'azote dans les parties aériennes des légumineuses issue de la fixation symbiotique (QNdfa), 3) quantité d'azote dans les parties aériennes des légumineuses issu du prélèvement d'azote minéral du sol (QNdfsol), 4) quantité d'azote perdue par

lixiviation entre la récolte des légumineuses et la récolte du blé suivant (QN_lixiviée) et 5) quantité d'azote dans les parties aériennes du blé suivant (QN_blé). Des traits de plantes aériens considérés comme explicatifs de ces différents flux azotés ont également été mesurés au cours des deux expérimentations au champ. Par ailleurs, les dix mêmes espèces de légumineuses ont été cultivées en rhizotrons, au sein de la plateforme INRAE de phénotypage 4PMI de Dijon afin d'observer l'architecture des racines et la dynamique de leur développement au cours du temps.

Résultats :

Une analyse de redondances a été réalisée afin d'étudier le lien entre les flux azotés et les traits de plantes (Figure 1).

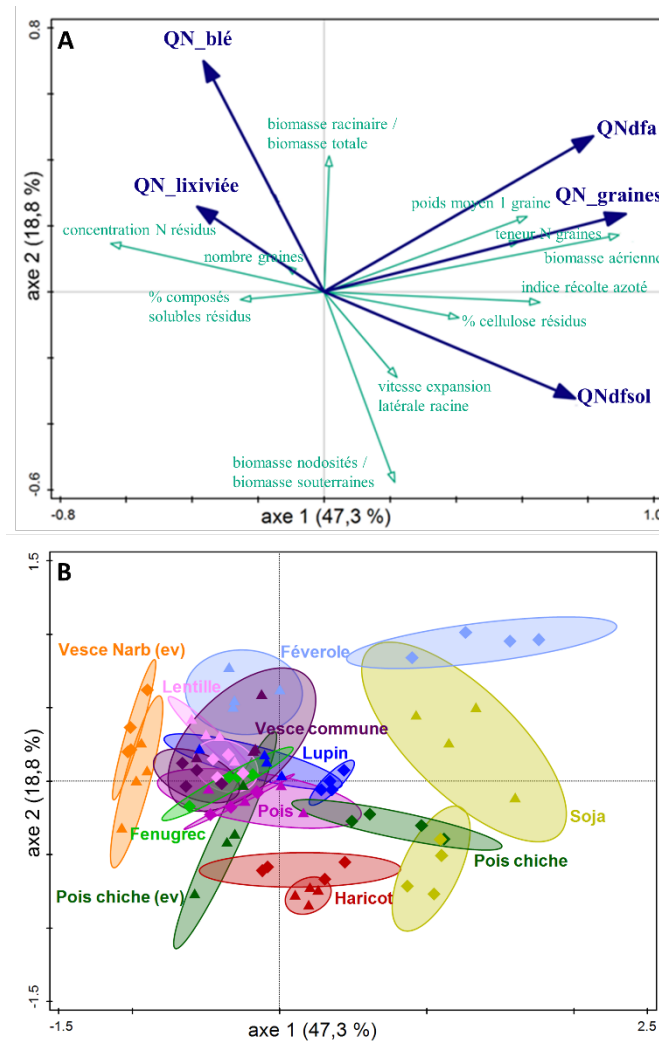


Figure 1 : (A) : Représentation des variables de l'analyse de redondance (RDA) afin d'identifier les relations entre les flux azotés (variables de réponses : flèches épaisses bleues foncées) et les traits de plantes (variables explicatives : flèches fines bleues claires). (B) : Projection des individus sur l'analyse de redondance. Les ellipses représentent les intervalles de confiance à 95 % pour chacune des espèces et chaque année de culture des légumineuses : 2014 (□) ; 2016 (□). Les espèces pour lesquelles il n'y a pas eu de production de graines sont indiquées par (ev : engrais vert).

Nos résultats indiquent que la quantité d'azote dans les graines de légumineuses (QN_graines) et la quantité d'azote dans les parties aériennes issue de la fixation symbiotique (QNdfa) ont été positivement corrélées à quatre traits de plantes : la biomasse aérienne, l'indice de récolte azoté (quantité d'azote dans les graines / quantité d'azote totale), le poids moyen d'une graine et la concentration azotée des

graines. Les deux derniers flux azotés ont été au contraire négativement corrélés à la quantité d'azote dans le blé suivant (QN_blé), ce dernier flux azoté étant positivement corrélé à la concentration en azote des résidus de légumineuses. Un fort antagonisme entre la quantité d'azote perdue par lixiviation entre la récolte des légumineuses et la récolte du blé suivant (QN_lixiviée) et la quantité d'azote dans les parties aériennes des légumineuses issu du prélèvement d'azote minéral du sol (QNdfsol) a été mis en évidence. QNdfsol a été par ailleurs positivement corrélé à la vitesse d'expansion latérale racinaire et au rapport biomasse nodosité sur biomasse souterraine.

Les profils de légumineuses mis en évidence ont permis de distinguer les espèces de légumineuses avec une forte capacité de prélèvement de l'azote minéral du sol et avec de plus faibles risques de pertes d'azote par lixiviation après leur récolte (haricot, pois chiche, et soja), des espèces avec une plus faible capacité de prélèvement de l'azote minéral du sol et avec de plus forts risques de pertes d'azote par lixiviation (féverole, lentille, pois vesce commune, et vesce de Narbonne). Par contre, ces dernières espèces ont engendré une plus grande quantité d'azote dans le blé suivant en comparaison avec le haricot, le pois chiche et le soja. Enfin, la féverole en 2016 et le soja en 2014 ont présenté les plus grandes quantités d'azote fixées et exportées dans leurs graines.

Retombées :

A partir de l'étude simultanée des flux azotés engendrés par les légumineuses et des traits de plantes déterminants de ces flux, dix espèces de légumineuses à graines ont été classées selon leurs profils fonctionnels relatifs à des fonctions azotées. Ainsi, la caractérisation des espèces de légumineuses à graines par une combinaison de valeurs de traits de plantes ou de propriétés du couvert a permis d'évaluer leur potentiel à délivrer des fonctions relatives à l'azote et des services écosystémiques qui en découlent. L'établissement de ces profils fonctionnels aide ainsi au choix des espèces de légumineuses selon les objectifs recherchés dans un environnement donné, et adapter en conséquence la gestion de l'azote dans les systèmes de culture. Par exemple, les impacts négatifs induits par certaines cultures de légumineuses dans certaines conditions climatiques peuvent être compensés par la mise en place de pratiques agricoles adéquates. Les associations légumineuses-céréales ou l'implantation de couverts après la culture des légumineuses peuvent notamment limiter les pertes par lixiviation pendant et après les cultures de légumineuses qui présentent les plus grands risques.

Bibliographie :

- Angus, J. F., Kirkegaard, J. A., Hunt, J. R., Ryan, M. H., Ohlander, L., and Peoples, M. B. (2015). Break crops and rotations for wheat. *Crop Pasture Sci.* 66, 523-552.
- Damour, G., Dorel, M., Quoc, H. T., Meynard, C., and Risède, J.-M. (2014). A trait-based characterization of cover plants to assess their potential to provide a set of ecological services in banana cropping systems. *Eur. J. Agron.* 52, 218-228.
- Hauggaard-Nielsen, H., Gooding, M., Ambus, P., Corre-Hellou, G., Crozat, Y., Dahlmann, C., Dibet, A., Von Fragstein, P., Pristeri, A., and Monti, M. (2009). Pea-barley intercropping for efficient symbiotic N₂-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. *Field Crop. Res.* 113, 64-71.
- Herridge DF, Peoples MB, Boddey RM (2008) Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Plant Soil* 311:1-18
- Isbell, F., Calcagno, V., Hector, A., Connolly, J., Harpole, W. S., Reich, P. B., Scherer-Lorenzen, M., Schmid, B., Tilman, D., and Van Ruijven, J. (2011). High plant diversity is needed to maintain ecosystem services. *Nature* 477, 199.
- Tibi, A., and Therond, O. (2017). "Evaluation des services écosystémiques rendus par les écosystèmes agricoles. une contribution au programme EFSE. Synthèse du rapport d'étude." Inra (France).