

Intensification écologique des systèmes de culture via le recyclage des produits résiduels et les légumineuses pour améliorer les services écosystémiques rendus pour et par les systèmes de culture



Référent Recherche

Sabine HOUOT,
INRAE

sabine.houot@inrae.fr

Référent Acteur

Marie Martinez,
APPVPA

animationplainedeversailles@yahoo.com

Laboratoires

- UMR ECOSYS, INRAE, AgroParisTech
- UMR Agronomie, INRAE, AgroParisTech
- UR LBE, INRAE

Partenaires

- APPVPA, Association Patrimoniale de la Plaine de Versailles et du Plateau des Alluets

- T&C, Terre et Cité
- CAIF, Chambre d'agriculture d'Île-de-France
- Terres Inovia
- SMAROV, Syndicat mixte d'assainissement de la région ouest de Versailles
- CAVGP, Versailles Grand Parc
- Bio Yvelines Services

PRO Légumineuses Services écosystémiques Systèmes de culture Autonomie N

- L'introduction de légumineuses (LEG) dans les systèmes de culture et le recyclage des produits résiduels organiques (PRO) peut rendre différents services, notamment diminuer la dépendance aux fertilisants azotés
- Afin d'optimiser l'insertion des PRO et des LEG, le projet a mobilisé différentes approches qui s'alimentent les unes les autres: essais au champ, analyses de laboratoire, développement d'un outil d'évaluation multicritère et ateliers de co-conception de systèmes de cultures.
- Les références expérimentales acquises permettent de mieux documenter les effets des PRO et des LEG, notamment dans l'outil d'évaluation développé. Cet outil a été utilisé en appui aux ateliers de co-conception avec les agriculteurs qui ont abouti à la proposition de systèmes de culture plus économes en engrais.

Problématique

Le projet avait pour objectifs de répondre aux questions suivantes:

- Quels sont les effets de l'insertion des LEG et des PRO dans les systèmes de culture périurbains franciliens, dominés par la grande culture ? Par exemple, en termes de fertilité des sols, d'autonomie en fertilisants, de pertes azotées, de bilan gaz à effet de serre ou de résultats économiques ?
- Comment évaluer les performances des systèmes de culture qui utilisent des PRO et des LEG ? De façon prédictive et en considérant les effets à court et moyen terme ?
- Quels systèmes de culture pour optimiser l'insertion des LEG et des PRO du territoire ? Quels systèmes en fonction des objectifs de chaque agriculteur ? Comment les concevoir ?

Figure n° 1.
Epannage de
composts en plaine
de Versailles
(INRAE). Essai de
féverole (Terres
Inovia).



Contribution à la transition des territoires ruraux et périurbains

- Le projet PROLEG a produit des connaissances nouvelles (références sur des nouveaux PRO...) et a permis de mettre en place des échanges de connaissance entre acteurs du territoire lors des ateliers de co-conception.
- Le projet a produit un outil d'évaluation multicritère qui permet d'évaluer les systèmes de culture ayant recours aux sources alternatives aux engrais, pouvant ainsi aider les agriculteurs à concevoir et optimiser leurs systèmes de culture.
- Le projet a contribué à une analyse du développement territorial qui montre clairement le potentiel de substitution des engrais minéraux par des ressources recyclées et des légumineuses. Cela conforte l'intérêt de mettre en œuvre ces filières et démontre les synergies potentielles entre ville et campagne.
- Le projet PROLEG a permis le développement des interactions et des collaborations entre INRAE et chambre d'agriculture. Il a renforcé les interactions entre INRAE et agriculteurs et autres acteurs des territoires.
- Les impacts socio-économiques et environnementaux du projet restent potentiels, mais une augmentation du recyclage des ressources organiques urbaines pourra permettre des économies de traitement des déchets, d'engrais, mais aussi la production d'énergie et la fourniture de différents services agro-environnementaux.

Démarche

a. Enquêtes d'acteurs

Des enquêtes d'acteurs du territoire (agriculteurs, techniciens) ont été menées dans le projet avec un double objectif : (i) dresser un état des lieux du territoire sur les PRO et les LEG, (ii) identifier les services et disservices à considérer dans l'évaluation des systèmes de culture utilisant des PRO et des LEG.

b. Caractérisation des PRO au laboratoire

Plus de 30 PRO du territoire ont été échantillonnés et analysés pour caractériser leur efficacité fertilisante et amendante, ainsi que leur contamination en métaux.

c. Caractérisation des effets des PRO et des LEG au champ

7 essais pour caractériser la valeur fertilisante azotée à court terme des PRO ont été mis en place suite à une concertation avec les agriculteurs. Les PRO testés comprenaient des PRO usuels du territoire (fumier et lisier bovin, boue urbaine, fumier de cheval...) et des PRO prospectifs (digestats de méthanisation, urine). Différents types d'essais ont été mis en place pour déterminer l'équivalence engrais (à quelle dose d'engrais l'azote du PRO correspond), la dynamique temporelle de minéralisation de l'azote organique de certains PRO ou bien encore l'intérêt de certains PRO en agriculture biologique. Un essai de 3 ans a également été mené afin de tester un système autonome en engrais sur plusieurs années combinant effets court et moyen terme des PRO et des LEG.

Le projet PROLEG a également contribué aux essais de Terres Inovia sur l'effet précédent des légumineuses sur la disponibilité de l'azote pour les cultures suivantes et leurs effets sur l'activité biologique des sols.

d. Développement d'un outil d'évaluation

Une recherche des modèles existants pour simuler les effets des PRO et des LEG a été réalisée. Aucun modèle existant n'a été jugé adapté (manque de prise en compte des effets spécifiques des PRO et des LEG, nombre limité d'effets considérés...). Un nouvel outil a alors été développé en combinant des modèles existants.

e. Ateliers de co-conception

Afin de construire des façons de cultiver pour répondre à des défis ambitieux en partant des motivations des agriculteurs, des ateliers de co-conception ont été mis en place avec un groupe d'agriculteurs, des chercheurs et des techniciens. La cible de ces ateliers était « avoir des champs fertiles demain avec peu ou sans engrais de synthèse ». A chaque atelier, l'objectif était d'imaginer comment cultiver demain pour un des agriculteurs du groupe, en fonction d'une cible de conception prédéfinie avec lui. Les systèmes co-conçus étaient évalués avec l'outil pour vérifier s'ils permettaient de répondre aux objectifs de l'agriculteur.

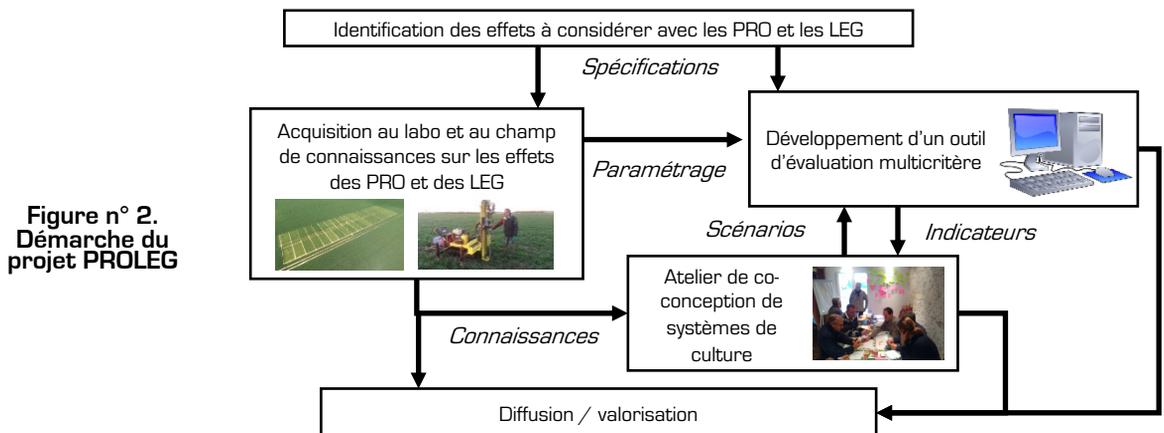


Figure n° 2. Démarche du projet PROLEG

Les terrains d'étude : plaine de Versailles et plateau de Saclay

- La plaine de Versailles est un territoire agricole et forestier à 15 km à l'ouest de Paris qui s'ouvre dans la perspective du château de Versailles et s'étend vers l'ouest (12 000 ha de SAU et une centaine d'agriculteurs). Les grandes cultures sont majoritaires.

- A 15 km au sud de Paris, le plateau de Saclay compte aujourd'hui une quinzaine d'exploitations agricoles orientées principalement vers la production de céréales, ainsi qu'une grosse exploitation laitière, sur un peu plus de 2300 ha (protégés par une Zone Protégée Naturelle Agricole et Forestière).

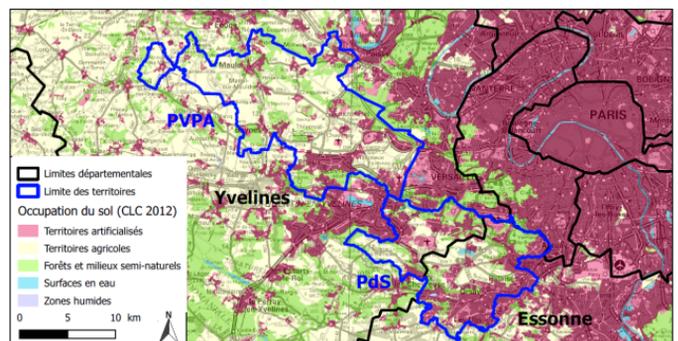


Figure n° 3. Plaine de Versailles (PVPA) et plateau de Saclay (PdS)

Effets des PRO et des LEG

Caractérisation de l'effet des PRO au laboratoire

Les analyses des PRO en laboratoire ont permis de caractériser leur contribution au stockage de carbone dans les sols et leur valeur fertilisante azotée. Par exemple, le compost de déchets verts a montré le plus fort potentiel de stockage de C mais une fourniture N nulle, les fientes un faible potentiel de stockage mais une fourniture de N importante, le fumier de cheval un potentiel de stockage intermédiaire mais provoquant une immobilisation de N importante. Ces données de laboratoire ont permis de comparer les PRO entre eux dans les mêmes conditions contrôlées et de fournir des paramétrages de PRO pour l'outil d'évaluation.

Caractérisation de l'effet fertilisant des PRO au champ

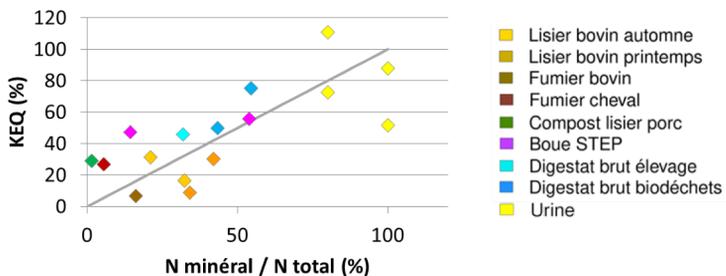
Les essais au champ ont permis la détermination des coefficients d'équivalence engrais azotés de nombreux PRO, confirmant des résultats existants pour notre territoire d'étude (faible disponibilité de l'azote des fumiers, etc.) et indiquant des valeurs pour les nouveaux PRO (très forte disponibilité de l'azote des urines, forte pour les digestats). La teneur en azote minéral des PRO apparaît comme le déterminant principal de leur coefficient d'équivalence engrais (Figure 4), mettant en évidence une contribution limitée de la minéralisation de l'azote organique des PRO testés. Cette dynamique de minéralisation a toutefois pu être évaluée dans un essai dédié pour le lisier bovin et les fientes, PRO d'intérêt pour la fertilisation en agriculture biologique : entre 20 et 30% de l'azote organique sont minéralisés 90 jours après apport au champ. La volatilisation pourrait expliquer des efficacités fertilisantes plus faibles qu'attendus pour certains PRO (lisier bovin par exemple). Enfin, aucun phénomène de faim d'azote n'a pu être observé après apport de compost de déchets verts, ce qui confirme l'intérêt amendant de ce PRO très fréquent sur le territoire, sans effet délétère sur la nutrition azotée.

L'essai pluriannuel a mis en évidence la faisabilité d'une substitution quasi-totale des engrais azotés, avec des rendements identiques entre référence minérale et traitement avec substitution par du digestat pendant 3 années consécutives. Les effets à long terme sur la fertilité du sol d'une telle substitution n'ont pu être observés sur la durée de l'essai et resteraient à étudier.

Effet précédent des LEG et effet des LEG sur la vie du sol

Les précédents légumineuses augmentent la fourniture en azote par le sol pour les cultures suivantes et limitent le besoin en engrais minéral. Les mesures effectuées ne montrent pas d'effet de l'implantation de légumineuses sur les populations de lombrics dans les sols.

Figure n° 4. Coefficient d'équivalence engrais des PRO testés au champ en fonction de la fraction d'azote sous forme minérale dans le PRO



Connaissance du territoire et place des PRO dans le bouclage des cycles

Sur la plaine de Versailles, les principaux PRO sont le compost de déchets verts, les boues d'épuration urbaines, le fumier de cheval, le fumier et lisier bovin. L'usage de ces PRO est variable, avec des PRO utilisés principalement localement (composts, fumier et lisier bovin), tandis que d'autres sont majoritairement exportés (boues d'épuration) du fait de contraintes sociétales locales liées à leur épandage. La contribution potentielle des PRO actuels aux besoins en éléments fertilisants est déjà élevée (de l'ordre de 50% pour P et K), mais reste quasi nulle pour l'azote disponible à court terme. Le développement de la méthanisation et de la collecte sélective des urines pourrait permettre de combler la totalité des besoins du territoire en fertilisants (y compris en N), indiquant ainsi des potentiels de gain en autonomie du territoire.

Concernant les légumineuses, leur part dans les assolements s'est réduite ces dernières années comme partout en France (moins de 3%). Les légumineuses restent plébiscitées par les agriculteurs principalement en tant que couverts d'interculture, et en culture principales par les agriculteurs biologiques. Des filières locales de légumineuses (lentilles...) sont également en développement pour l'approvisionnement de la restauration collective.

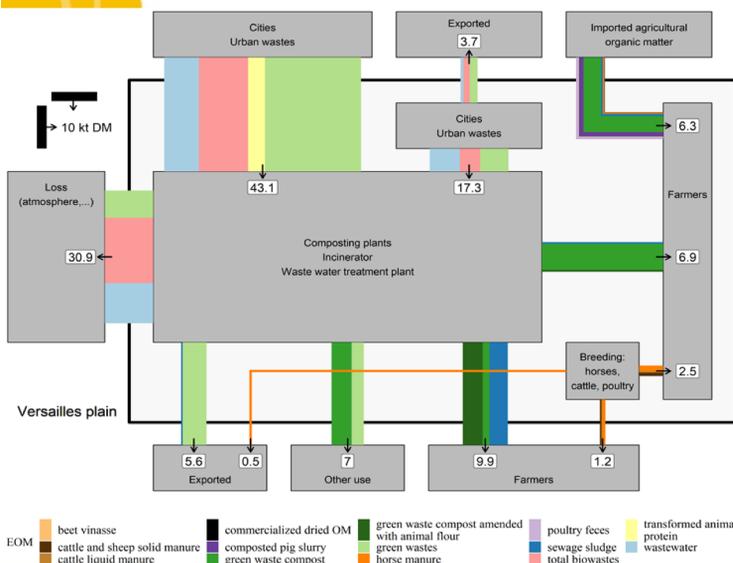


Figure n° 5. Flux de matière organique sur la plaine de Versailles

Evaluation multicritère

Un large panel de services et disservices à considérer est ressorti des enquêtes [effet sur la matière organique du sol, fourniture azoté, contaminants...]. Aucune priorisation franche et partagée ne ressortant, il a donc semblé nécessaire d'intégrer le plus d'indicateurs possibles dans l'évaluation des systèmes.

L'outil d'évaluation développé combine des modèles existants (AMG pour le stockage de carbone, STICS pour la dynamique de l'azote), des fonctions de pédotransfert et des indicateurs bilans (bilan gaz à effet de serre ...). Le paramétrage repose sur des connaissances acquises dans le projet ou préexistantes. A partir d'une description des caractéristiques facilement accessibles du système à évaluer, l'outil calcule l'ensemble des indicateurs d'évaluation à court et long terme et les synthétise dans des tableurs et des graphiques.

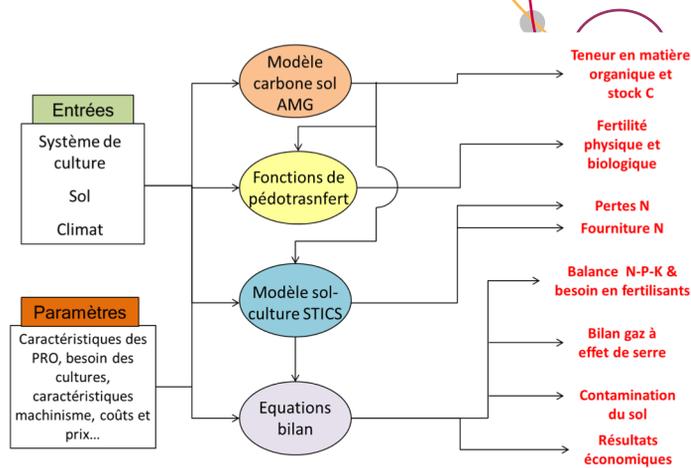


Figure n° 6. Schéma de l'outil multicritère

Co-conception de systèmes de culture

8 ateliers de co-conception ont été réalisés avec les agriculteurs du territoire. Ces ateliers ont permis des échanges riches entre agriculteurs, techniciens et chercheurs sur la fertilité du sol. Chaque atelier a donné lieu à des comptes rendus des idées émises ainsi qu'à la formalisation de systèmes de culture répondant à la cible de conception. Ces systèmes ont été évalués avec l'outil pour vérifier s'ils permettaient d'atteindre les objectifs de l'atelier. Des allers-retours avec l'agriculteur permettaient ensuite d'affiner le système proposé par le groupe.

Plus d'informations sur le programme PSDR et le projet :

www.psd.fr
www.psd-idf.fr

Pour citer ce document :

Levasseur Florent *et al.* (2020).
Intensification écologique des systèmes de culture via le recyclage des produits résiduels et les légumineuses pour améliorer les services écosystémiques rendus pour et par les systèmes de culture.

Projet PSDR PROLEG,
Île-de-France,
Série Les 4 pages PSDR4

Contacts :

PSDR Île-de-France :
Thierry PINEAU (INRAE)
thierry.pineau@inrae.fr
Direction Nationale PSDR :
André TORRE (INRAE)
torre@agroparistech.fr
Animation Nationale PSDR :
Frédéric WALLET (INRAE)
frederic.wallet@agroparistech.fr

Conclusions

Le projet a permis de renforcer les connaissances sur la valorisation agricole des PRO et a démontré les synergies existant entre ville et agriculture, notamment l'intérêt de ces PRO pour la substitution aux engrais minéraux tout en apportant d'autres services. Des ateliers de conception de système de culture, appuyés par l'évaluation multicritère, ont montré qu'il était possible de répondre aux attentes des agriculteurs via ces sources alternatives aux engrais que sont les PRO et les LEG. Le projet PROLEG a largement contribué au renforcement des liens entre INRAE, les associations patrimoniales, les agriculteurs et autres acteurs des 2 territoires d'étude et avec la chambre d'agriculture. Ces liens ont permis la poursuite des travaux dans le cadre d'autres projets, notamment autour des nouvelles ressources que sont les digestats et les urines.

Pour aller plus loin...

- Moinard V., Levasseur F., Houot S., soumis. Current and potential recycling of exogenous organic matter as fertilizers and amendments in a French peri-urban territory. Soumis dans Resources, Conservation & Recycling.
- Martin T., Levasseur F., Dion C., Vidal M., Esculier F., Houot S., in prep. Nitrogen fertilizing efficiency of human urine-based fertilizers is similar to mineral fertilizer but with potentially high volatilization of ammonia. A soumettre à Agronomy for Sustainable Development.
- Levasseur F., Reau R., Maillet G., Houot S., in prep. Multicriteria assessment of cropping systems using organic wastes and legumes as alternative N supply.