



EcoSys



Journée de lancement du réseau BASC Agroécologie

Paris, 18 juin 2018

Contribution à l'agroécologie du recyclage des Produits Résiduaux Organiques (PRO)

Florent Levavasseur, Sabine Houot

UMR INRA AgroParisTech ECOSYS, Université Paris Saclay, 78850 Thiverval-Grignon

Plan de l'exposé

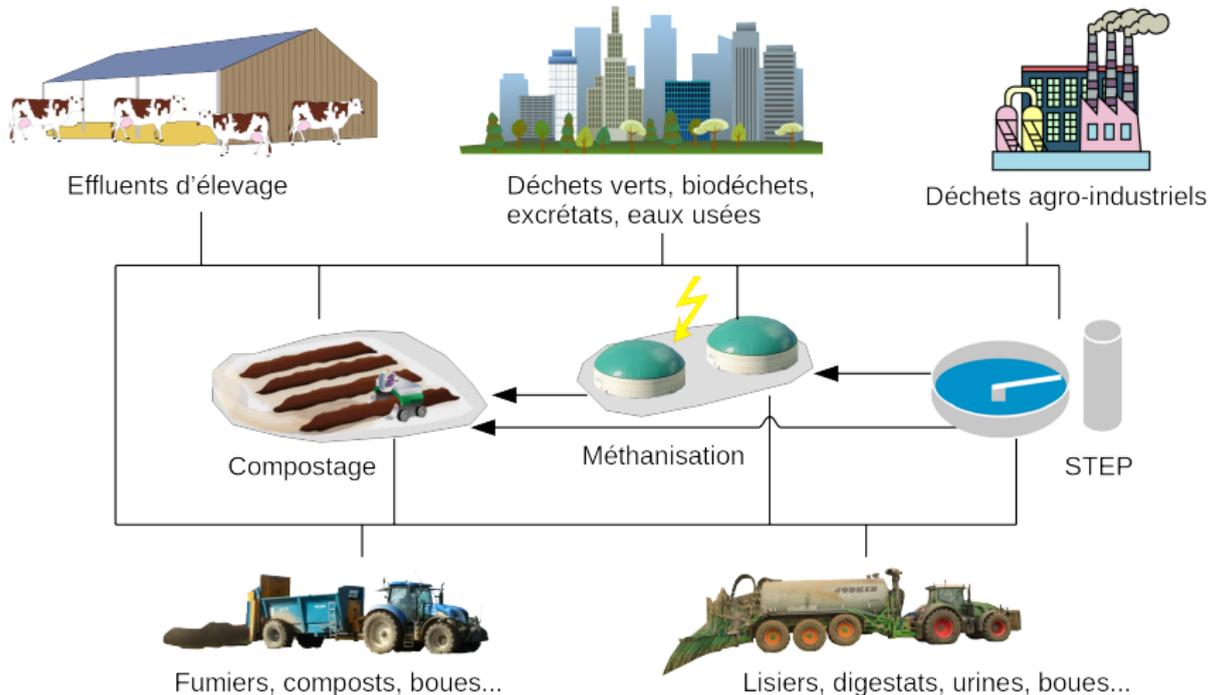
- 1 Introduction
- 2 PRO, fertilité des sols et production agricole
- 3 Impacts environnementaux des PRO
- 4 Insertion dans les systèmes de culture et dans les territoires
- 5 Conclusion et perspectives

Plan de l'exposé

- 1 Introduction
- 2 PRO, fertilité des sols et production agricole
- 3 Impacts environnementaux des PRO
- 4 Insertion dans les systèmes de culture et dans les territoires
- 5 Conclusion et perspectives

Les Produits Résiduaire Organiques (PRO)

- Diversité de sources et de traitements → diversité de produits

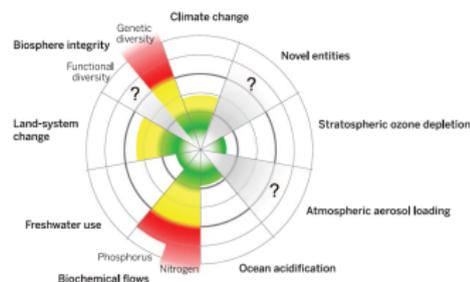


Le recyclage des PRO en agriculture

- Recyclage des PRO agricoles/domestiques en agriculture est une pratique ancienne (Mazoyer & Roudart, 1997)
- Modification des flux de PRO au XIX^{eme} / XX^{eme}
 - Spécialisation des régions agricoles : élevage / céréalier
 - Grande majorité des PRO agricoles épandus, mais pas forcément dans de bonnes conditions
 - PRO urbains → déchets (Barles, 2005)
- Changements récents
 - Apparition de nouveaux traitements (méthanisation...)
 - Des incitations / obligations récentes au recyclage des PRO agricoles et urbains (loi de transition énergétique, plan EMAA)
 - Principaux gisements non/peu valorisés : biodéchets, excréments humains

Pourquoi recycler les PRO est nécessaire ?

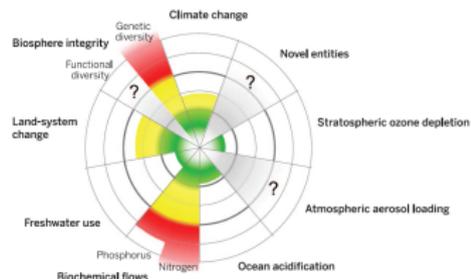
- Cycles biogéochimiques (N,P) parmi les systèmes les plus perturbés (Steffen et al., 2015)
- Bouclage des cycles envisageables avec le recyclage des PRO



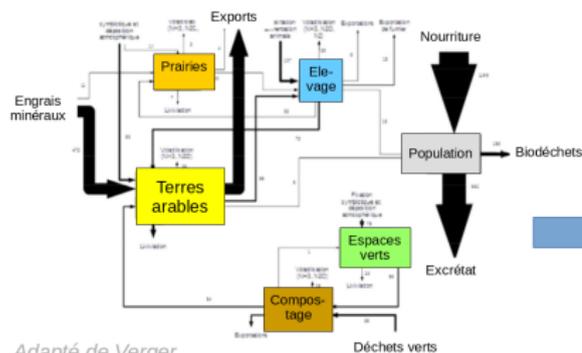
Planetary boundaries. Steffen et al., 2015)

Pourquoi recycler les PRO est nécessaire ?

- Cycles biogéochimiques (N,P) parmi les systèmes les plus perturbés (Steffen et al., 2015)
- Bouclage des cycles envisageables avec le recyclage des PRO

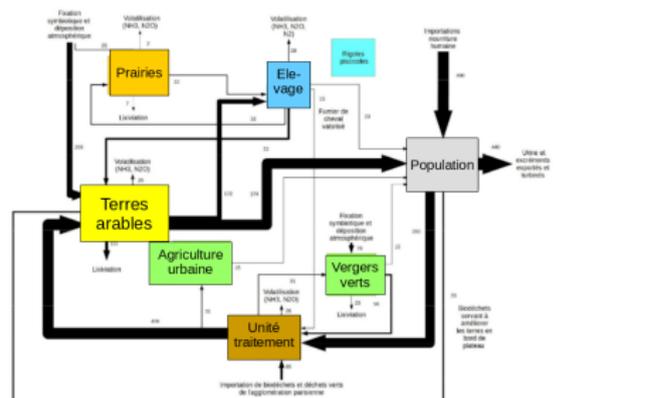


Planetary boundaries. Steffen et al., 2015)



Adapté de Verger et al., 2016

Flux N actuels



Flux N synergie urbain - rural

Problématique de l'exposé

Le recyclage des PRO est nécessaire (bouclage des cycles)

Le recyclage des PRO est une pratique très ancienne et très répandue

Mais en quoi le recyclage des PRO contribue déjà ou pourrait contribuer à l'agroécologie ?

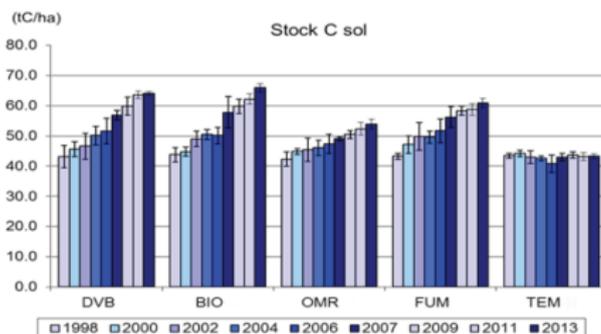
- En quoi les PRO permettent d'avoir des systèmes de culture productifs, plus « autonomes » et plus résilients ?
- Quels impacts environnementaux ?
- Quelle insertion possible dans les systèmes de culture ? dans les territoires ?

Plan de l'exposé

- 1 Introduction
- 2 PRO, fertilité des sols et production agricole
- 3 Impacts environnementaux des PRO
- 4 Insertion dans les systèmes de culture et dans les territoires
- 5 Conclusion et perspectives

Augmentation de la teneur en matière organique des sols

- Les PRO amendants (composts...) permettent une augmentation de la teneur en matière organique des sols (Maillard & Angers, 2014, Peltre et al., 2012)



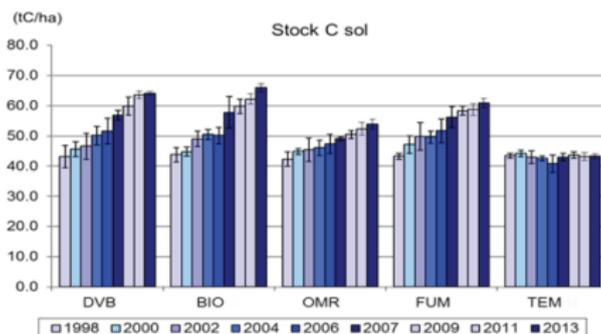
Brochure
projet ECOSOM

Figure 5 : Evolution des stocks de C dans les traitements organiques et témoins du site QualiAgro de 1998 à 2013 (parcelles avec engrais minéral)

- Double intérêt / agroécologie :
 - Atténuation changement climatique (stockage C) (Powlson et al., 2011)
 - Amélioration de la fertilité chimique, physique et biologique des sols

Augmentation de la teneur en matière organique des sols

- Les PRO amendants (composts...) permettent une augmentation de la teneur en matière organique des sols (Maillard & Angers, 2014, Peltre et al., 2012)



Brochure
projet ECOSOM

Figure 5 : Evolution des stocks de C dans les traitements organiques et témoins du site QualiAgro de 1998 à 2013 (parcelles avec engrais minéral)

- Double intérêt / agroécologie :
 - Atténuation changement climatique (stockage C) (Powlson et al., 2011)
 - Amélioration de la fertilité chimique, physique et biologique des sols

Amélioration de la fertilité physique et biologique

- ↗ matière organique du sol suite aux apports de PRO ↗ stabilité structurale et la capacité d'infiltration, ↘ densité apparente

(Annabi et al., 2011, Edmeades et al., 2003)

→ **Limite l'érosion des sols** (Van Dijk et al., 2016)

→ **Meilleures conditions de culture**
(aération, réserve en eau...)

- Résultats assez variables pour la fertilité biologique (Houot et al., 2014)
 - Augmentation de la biomasse microbienne du sol à court et long terme
 - Augmentation du nombre de lombrics
 - Augmentation des activités enzymatiques
 - etc.

→ **A priori positif pour écologie du sol**

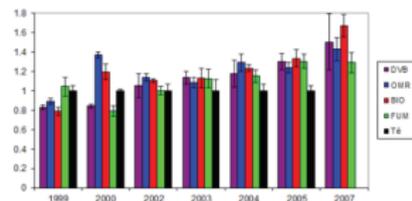


Figure 6 : Evolution de la stabilité de la structure dans les sols recevant les PRO exprimée relativement aux résultats du sol témoin sans apport organique sur le site de QualiAgro entre 1999 et 2007 (Annabi et al., 2011)

Brochure projet ECOSOM

Amélioration de la fertilité physique et biologique

- ↗ matière organique du sol suite aux apports de PRO ↗ stabilité structurale et la capacité d'infiltration, ↘ densité apparente

(Annabi et al., 2011, Edmeades et al., 2003)

→ **Limite l'érosion des sols** (Van Dijk et al., 2016)

→ **Meilleures conditions de culture**
(aération, réserve en eau...)

- Résultats assez variables pour la fertilité biologique (Houot et al., 2014)
 - Augmentation de la biomasse microbienne du sol à court et long terme
 - Augmentation du nombre de lombrics
 - Augmentation des activités enzymatiques
 - etc.

→ **A priori positif pour écologie du sol**

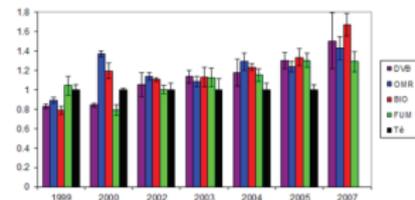
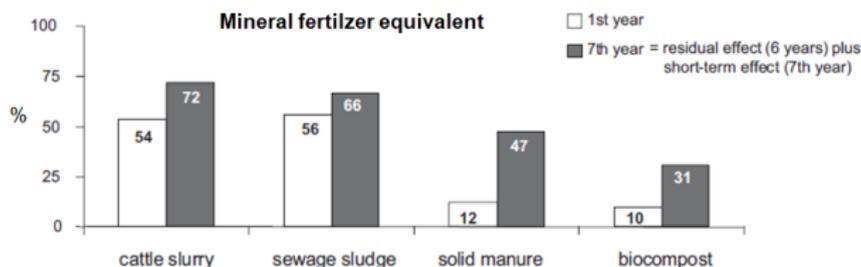


Figure 6 : Evolution de la stabilité de la structure dans les sols recevant les PRO exprimée relativement aux résultats du sol témoin sans apport organique sur le site de QualiAgro entre 1999 et 2007 (Annabi et al., 2011)

Brochure projet ECOSOM

Amélioration de la fertilité chimique

- **Fertilisation azotée** (Gutser et al., 2005)
 - Effet court terme des PRO fertilisants (lisiers, fientes, digestats...)
 - Effet long terme des PRO amendants (compost...)
 - Double effet de certains PRO (fumiers...)
 - Disponibilité (minéralisation) de l'azote sous contrôle du climat



adapté de

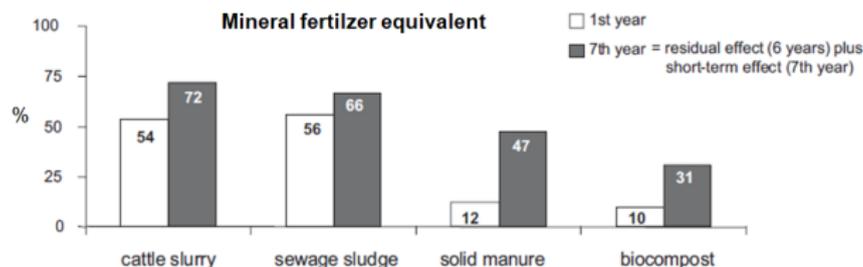
Gutser et al. (2005)

- **Autres effets fertilisants** (Houot et al., 2014)
 - +/- apports P, K, S, Mg, etc., selon les PRO
 - ↗ CEC si apports massifs de PRO, entretien du pH selon les PRO

→ Renforce l'autonomie vis-à-vis des engrais de synthèse

Amélioration de la fertilité chimique

- **Fertilisation azotée** (Gutser et al., 2005)
 - Effet court terme des PRO fertilisants (lisiers, fientes, digestats...)
 - Effet long terme des PRO amendants (compost...)
 - Double effet de certains PRO (fumiers...)
 - Disponibilité (minéralisation) de l'azote sous contrôle du climat



adapté de

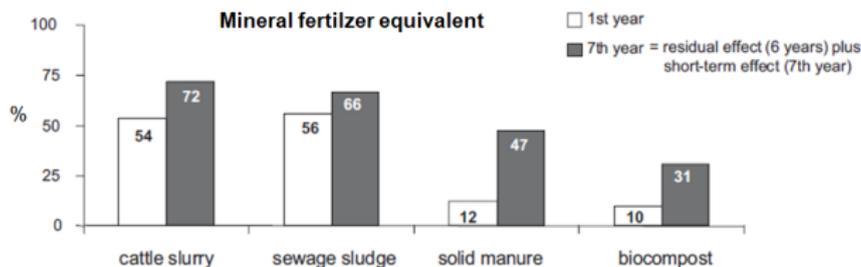
Gutser et al. (2005)

- **Autres effets fertilisants** (Houot et al., 2014)
 - +/- apports P, K, S, Mg, etc., selon les PRO
 - ↗ CEC si apports massif de PRO, entretien du pH selon les PRO

→ Renforce l'autonomie vis-à-vis des engrais de synthèse

Amélioration de la fertilité chimique

- **Fertilisation azotée** (Gutser et al., 2005)
 - Effet court terme des PRO fertilisants (lisiers, fientes, digestats...)
 - Effet long terme des PRO amendants (compost...)
 - Double effet de certains PRO (fumiers...)
 - Disponibilité (minéralisation) de l'azote sous contrôle du climat



adapté de

Gutser et al. (2005)

- **Autres effets fertilisants** (Houot et al., 2014)
 - +/- apports P, K, S, Mg, etc., selon les PRO
 - ↗ CEC si apports massif de PRO, entretien du pH selon les PRO

→ **Renforce l'autonomie vis-à-vis des engrais de synthèse**

Effets sur la santé des plantes

- Des effets suppressifs principalement mis en évidence pour les composts, contre des maladies fongiques et des nématodes (Houot et al., 2014)
- Des effets potentiellement négatifs sur le salissement des parcelles (Colbach et al., 2013)
- Quelques effets phytotoxiques rapportés (Houot et al., 2014)

→ Effets limités sur la santé des plantes

Effets sur la santé des plantes

- Des effets suppressifs principalement mis en évidence pour les composts, contre des maladies fongiques et des nématodes (Houot et al., 2014)
- Des effets potentiellement négatifs sur le salissement des parcelles (Colbach et al., 2013)
- Quelques effets phytotoxiques rapportés (Houot et al., 2014)

→ **Effets limités sur la santé des plantes**

PRO et production agricole

- Sous fertilisation minérale optimale, peu d'effets sur le rendement d'apports additionnels de PRO (Hijbeek et al., 2016,

Zavattaro et al., 2017)

- En cas de fertilisation minérale non optimale, effets positifs sur le rendement d'apports de PRO, à +/- court terme selon le PRO (fertilisant/amendement) (Blanchet et al., 2016)

→ PRO permettent un maintien voire une ↗ des rendements

- Teneur élevée en matière organique des sols peut limiter la variabilité des rendements (Pan et al., 2009)
- Mais système fertilisé uniquement avec des PRO présentent des rendements plus variables

→ Effet ambigu sur la résilience des systèmes

PRO et production agricole

- Sous fertilisation minérale optimale, peu d'effets sur le rendement d'apports additionnels de PRO (Hijbeek et al., 2016, Zavattaro et al., 2017)
- En cas de fertilisation minérale non optimale, effets positifs sur le rendement d'apports de PRO, à +/- court terme selon le PRO (fertilisant/amendament) (Blanchet et al., 2016)

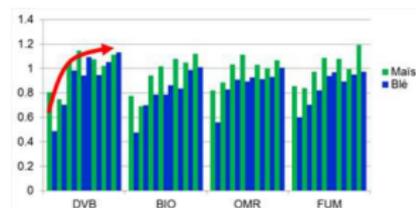


Figure 2 : Rendements relatifs (rendements dans les traitements avec PRO et sans N minéral/rendements dans les traitements avec engrais N minéral seul) des cultures de maïs (en vert) et blé (en bleu) qui se succèdent au cours des années dans le dispositif QualiAgro (de 1999 à 2013)

Brochure projet ECOSOM

→ PRO permettent un maintien voire une ↗ des rendements

- Teneur élevée en matière organique des sols peut limiter la variabilité des rendements (Pan et al., 2009)
- Mais système fertilisé uniquement avec des PRO présentent des rendements plus variables

→ Effet ambigu sur la résilience des systèmes

PRO et production agricole

- Sous fertilisation minérale optimale, peu d'effets sur le rendement d'apports additionnels de PRO (Hijbeek et al., 2016, Zavattaro et al., 2017)
- En cas de fertilisation minérale non optimale, effets positifs sur le rendement d'apports de PRO, à +/- court terme selon le PRO (fertilisant/amendant) (Blanchet et al., 2016)

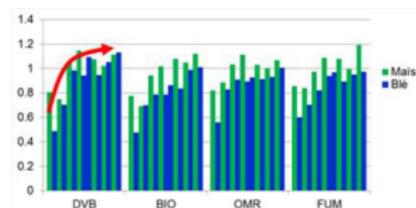


Figure 2 : Rendements relatifs (rendements dans les traitements avec PRO et sans N minéral/rendements dans les traitements avec engrais N minéral seul) des cultures de maïs (en vert) et blé (en bleu) qui se succèdent au cours des années dans le dispositif QualiAgro (de 1999 à 2013)

Brochure projet ECOSOM

→ PRO permettent un maintien voire une ↗ des rendements

- Teneur élevée en matière organique des sols peut limiter la variabilité des rendements (Pan et al., 2009)
- Mais système fertilisé uniquement avec des PRO présentent des rendements plus variables

→ Effet ambigu sur la résilience des systèmes

PRO et production agricole

- Sous fertilisation minérale optimale, peu d'effets sur le rendement d'apports additionnels de PRO (Hijbeek et al., 2016, Zavattaro et al., 2017)
- En cas de fertilisation minérale non optimale, effets positifs sur le rendement d'apports de PRO, à +/- court terme selon le PRO (fertilisant/amendament) (Blanchet et al., 2016)

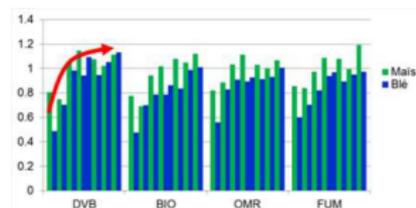


Figure 2 : Rendements relatifs (rendements dans les traitements avec PRO et sans N minéral/rendements dans les traitements avec engrais N minéral seul) des cultures de maïs (en vert) et blé (en bleu) qui se succèdent au cours des années dans le dispositif QualiAgro (de 1999 à 2013)

Brochure projet ECOSOM

→ PRO permettent un maintien voire une ↗ des rendements

- Teneur élevée en matière organique des sols peut limiter la variabilité des rendements (Pan et al., 2009)
- Mais système fertilisé uniquement avec des PRO présentent des rendements plus variables

→ Effet ambigu sur la résilience des systèmes

PRO et production agricole

- Sous fertilisation minérale optimale, peu d'effets sur le rendement d'apports additionnels de PRO (Hijbeek et al., 2016, Zavattaro et al., 2017)
- En cas de fertilisation minérale non optimale, effets positifs sur le rendement d'apports de PRO, à +/- court terme selon le PRO (fertilisant/amendament) (Blanchet et al., 2016)

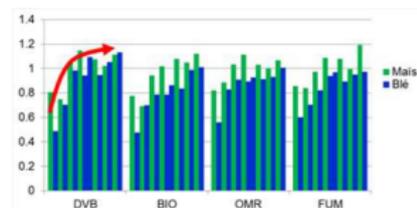


Figure 2 : Rendements relatifs (rendements dans les traitements avec PRO et sans N minéral/rendements dans les traitements avec engrais N minéral seul) des cultures de maïs (en vert) et blé (en bleu) qui se succèdent au cours des années dans le dispositif QualiAgro (de 1999 à 2013)

Brochure projet ECOSOM

→ PRO permettent un maintien voire une ↗ des rendements

- Teneur élevée en matière organique des sols peut limiter la variabilité des rendements (Pan et al., 2009)
- Maïs système fertilisé uniquement avec des PRO présentent des rendements plus variables

→ Effet ambigu sur la résilience des systèmes

PRO et production agricole

- Sous fertilisation minérale optimale, peu d'effets sur le rendement d'apports additionnels de PRO (Hijbeek et al., 2016, Zavattaro et al., 2017)
- En cas de fertilisation minérale non optimale, effets positifs sur le rendement d'apports de PRO, à +/- court terme selon le PRO (fertilisant/amendament) (Blanchet et al., 2016)

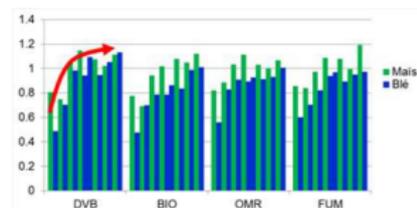


Figure 2 : Rendements relatifs (rendements dans les traitements avec PRO et sans N minéral/rendements dans les traitements avec engrais N minéral seul) des cultures de maïs (en vert) et blé (en bleu) qui se succèdent au cours des années dans le dispositif QualiAgro (de 1999 à 2013)

Brochure projet ECOSOM

→ PRO permettent un maintien voire une ↗ des rendements

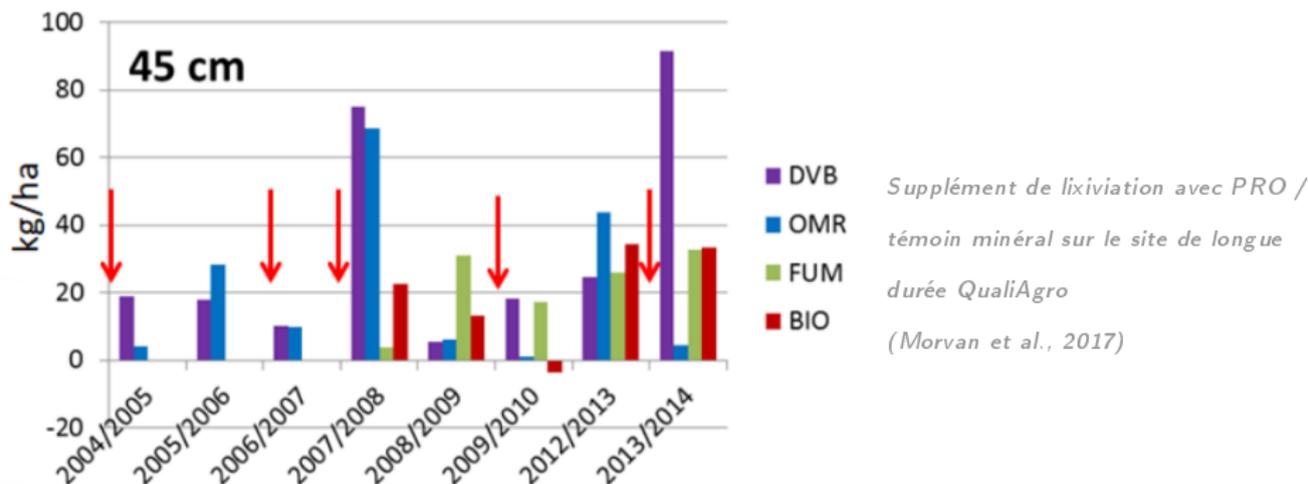
- Teneur élevée en matière organique des sols peut limiter la variabilité des rendements (Pan et al., 2009)
 - Maïs système fertilisé uniquement avec des PRO présentent des rendements plus variables
- Effet ambigu sur la résilience des systèmes

Plan de l'exposé

- 1 Introduction
- 2 PRO, fertilité des sols et production agricole
- 3 Impacts environnementaux des PRO**
- 4 Insertion dans les systèmes de culture et dans les territoires
- 5 Conclusion et perspectives

Lixiviation de nitrates

- **Pas de risque accru de lixiviation de nitrates** si épandu de façon raisonnée (Morvan et al., 2017)
- Risque accru en cas de surdose, de périodes d'épandage non adaptées, et de forte minéralisation automnale du sol suite à l'augmentation de MO



Pollutions atmosphériques

- Certains PRO très riches en azote ammoniacal (digestats...)
- Très sensible à la volatilisation (Sommer et al., 2003)
- Nécessité d'épandre dans de bonnes conditions / enfouissement
- **Pertes de N et pollution de l'air potentielles**
- Émissions accrues de N_2O pourrait annuler l'effet positif du stockage de C (Zhou et al., 2017)
- Des recherches en cours sur les émissions de COV et de particules (Ciuraru et al., 2018)

Pollutions atmosphériques

- Certains PRO très riches en azote ammoniacal (digestats...)
- Très sensible à la volatilisation (Sommer et al., 2003)
- Nécessité d'épandre dans de bonnes conditions / enfouissement
- **Pertes de N et pollution de l'air potentielles**
- **Émissions accrues de N_2O** pourrait annuler l'effet positif du stockage de C (Zhou et al., 2017)
- Des recherches en cours sur les émissions de COV et de particules (Ciuraru et al., 2018)

Pollutions atmosphériques

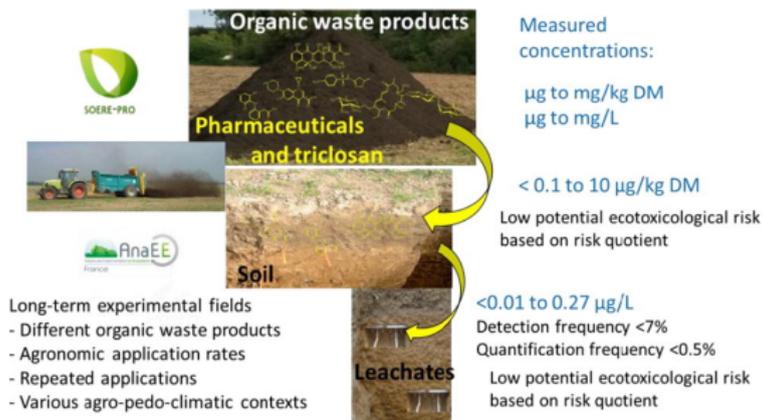
- Certains PRO très riches en azote ammoniacal (digestats...)
- Très sensible à la volatilisation (Sommer et al., 2003)
- Nécessité d'épandre dans de bonnes conditions / enfouissement
- **Pertes de N et pollution de l'air potentielles**
- **Émissions accrues de N_2O** pourrait annuler l'effet positif du stockage de C (Zhou et al., 2017)
- Des recherches en cours sur les émissions de COV et de particules (Ciuraru et al., 2018)

Contaminants

- PRO plus ou moins contaminés en métaux et hydrocarbures selon leur origine, accumulation possible des métaux dans les sols à des niveaux proches du fond géochimique si norme respectée (Houot et al., 2009)
- Détection de résidus médicamenteux dans les PRO, les sols et les eaux drainées, difficulté à évaluer les effets écotoxicologiques, mais a priori faibles (Bourdat-Deschamps et al., 2017)
- Dissémination possible d'antibiorésistance (Heuer et al., 2011)

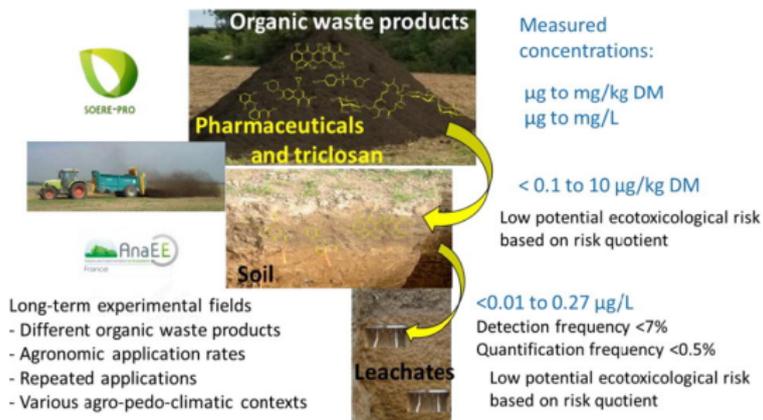
Contaminants

- PRO plus ou moins contaminés en métaux et hydrocarbures selon leur origine, accumulation possible des métaux dans les sols à des niveaux proches du fond géochimique si norme respectée (Houot et al., 2009)
- Détection de résidus médicamenteux dans les PRO, les sols et les eaux drainées, difficulté à évaluer les effets écotoxicologiques, mais a priori faibles (Bourdat-Deschamps et al., 2017)
- Dissémination possible d'antibiorésistance (Heuer et al., 2011)



Contaminants

- PRO plus ou moins contaminés en métaux et hydrocarbures selon leur origine, accumulation possible des métaux dans les sols à des niveaux proches du fond géochimique si norme respectée (Houot et al., 2009)
- Détection de résidus médicamenteux dans les PRO, les sols et les eaux drainées, difficulté à évaluer les effets écotoxicologiques, mais a priori faibles (Bourdat-Deschamps et al., 2017)
- Dissémination possible d'antibiorésistance (Heuer et al., 2011)



Plan de l'exposé

- 1 Introduction
- 2 PRO, fertilité des sols et production agricole
- 3 Impacts environnementaux des PRO
- 4 Insertion dans les systèmes de culture et dans les territoires
- 5 Conclusion et perspectives

Insertion de la pratique dans les systèmes de culture

- Des exploitations avec des objectifs variés en termes de fertilité des sols et nutrition des plantes, et des contraintes variées (économique, matériel, force de travail...)
 - Méconnaissance possible des PRO disponibles et de leurs effets
 - Adéquation offre et demande pas toujours évidente
 - Possible aversion au risque face à des matières dont la minéralisation est toujours incertaine (météo)
 - Déséquilibre NPK des PRO
- Meilleures pratiques pas toujours évidentes à respecter, ce qui peut rendre le recyclage « non agrécologique »
- Pratique en interaction avec d'autres dans le système
- Besoin de reconcevoir des systèmes de culture qui optimisent l'insertion du recyclage (Cros & Reau, 2015)

Insertion de la pratique dans les systèmes de culture

- Des exploitations avec des objectifs variés en termes de fertilité des sols et nutrition des plantes, et des contraintes variées (économique, matériel, force de travail...)
 - Méconnaissance possible des PRO disponibles et de leurs effets
 - Adéquation offre et demande pas toujours évidente
 - Possible aversion au risque face à des matières dont la minéralisation est toujours incertaine (météo)
 - Déséquilibre NPK des PRO
- Meilleures pratiques pas toujours évidentes à respecter, ce qui peut rendre le recyclage « non agrécologique »
- Pratique en interaction avec d'autres dans le système
- Besoin de reconcevoir des systèmes de culture qui optimisent l'insertion du recyclage (Cros & Reau, 2015)

Insertion de la pratique dans les systèmes de culture

- Des exploitations avec des objectifs variés en termes de fertilité des sols et nutrition des plantes, et des contraintes variées (économique, matériel, force de travail...)
 - Méconnaissance possible des PRO disponibles et de leurs effets
 - Adéquation offre et demande pas toujours évidente
 - Possible aversion au risque face à des matières dont la minéralisation est toujours incertaine (météo)
 - Déséquilibre NPK des PRO
- Meilleures pratiques pas toujours évidentes à respecter, ce qui peut rendre le recyclage « non agrécologique »
- Pratique en interaction avec d'autres dans le système
- Besoin de reconcevoir des systèmes de culture qui optimisent l'insertion du recyclage (Cros & Reau, 2015)

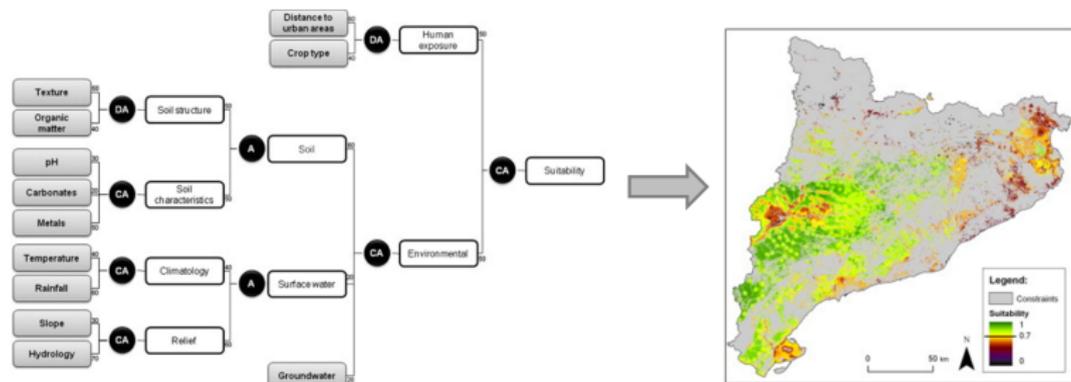
PSDR PROLEG



- Co-conception avec les acteurs du territoire de systèmes de cultures
 - Moins dépendants aux engrais de synthèse
 - Qui maximisent les services écosystémiques
 - En s'appuyant sur deux leviers : PRO et LEGumineuses
- Projet territorial (plaine de Versailles / plateau de Saclay)
- Partenariat assez large, recherche / acteurs terrain
- Contenu du projet :
 - Atelier de conception de SDC
 - Développement d'un outil d'évaluation multicritère pour évaluer les SDC co-conçus
 - Acquisition de références (essais au champ co-conçus...) pour renseigner l'outil d'évaluation

Gestion territoriale des PRO

- Territoire caractérisé par une diversité d'exploitations, de systèmes de culture, de sols, etc.
- Variabilité spatiale et temporelle de la disponibilité des PRO
- Comment optimiser la répartition des PRO sur un territoire pour limiter les impacts et maximiser les effets positifs? (Basnet et al., 2002, Passuello et al., 2012, Noirot-Cosson, 2016)



Modèle conceptuel pour la définition des meilleures zones d'épandage de boues de STEP et cartographie obtenue, adapté de Passuello et al. (2012)

Prise en compte des des filières

- Traitements conditionnent les propriétés des PRO (Bernal & Kirchmann, 1992)
- Échanges de PRO entre territoires, qui favorisent les synergies élevages / grandes cultures à différentes échelles (Ryschawy et al., 2017)
- Émissions lors du traitement/transport des PRO (Willeghems et al., 2016)
- Bilan environnemental complet des filières de recyclage très dépendant du traitement choisi, et pas forcément positif selon l'aspect considéré (Obriot, 2016, Lombardi et al., 2017) , même si il est au champ

→ Quel traitement implanter et où pour limiter les impacts? (Höhlin et al., 2014)

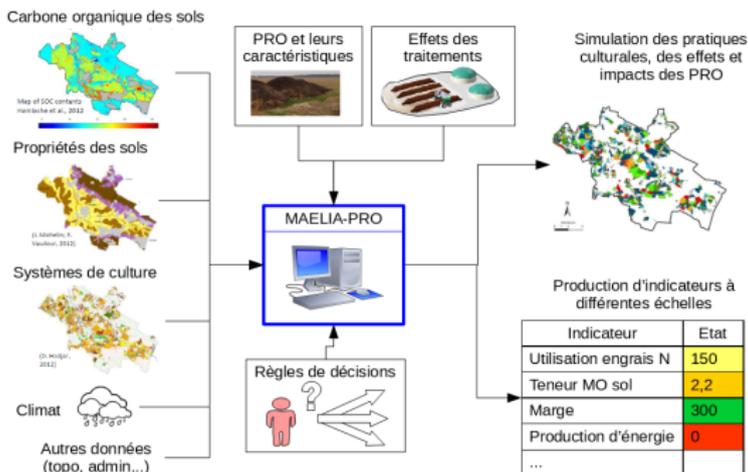
→ A quelle échelle organiser les transferts de PRO?

Prise en compte des des filières

- Traitements conditionnent les propriétés des PRO (Bernal & Kirchmann, 1992)
 - Échanges de PRO entre territoires, qui favorisent les synergies élevages / grandes cultures à différentes échelles (Ryschawy et al., 2017)
 - Émissions lors du traitement/transport des PRO (Willeghems et al., 2016)
 - Bilan environnemental complet des filières de recyclage très dépendant du traitement choisi, et pas forcément positif selon l'aspect considéré (Obriot, 2016, Lombardi et al., 2017) , même si il est au champ
- Quel traitement implanter et où pour limiter les impacts? (Höhn et al., 2014)
- A quelle échelle organiser les transferts de PRO?

Projet ADEME PROTERR

- Objectif : optimisation à l'échelle territoriale de la gestion des PRO
 - Captalisation des sorties parcelles de PROLEG dans une plateforme de modélisation spatialisée
 - Représentation explicite des acteurs et de leurs objectifs (modélisation multi-agents) pour la simulation de scénarios territoriaux
 - Evaluation des scénarios à différentes échelles



Plan de l'exposé

- 1 Introduction
- 2 PRO, fertilité des sols et production agricole
- 3 Impacts environnementaux des PRO
- 4 Insertion dans les systèmes de culture et dans les territoires
- 5 Conclusion et perspectives

PRO et agroécologie : synthèse

- Recyclage des PRO n'est pas agroécologique en lui-même :
 - Pratique doit être raisonnée pour limiter les pressions sur l'environnement
 - Durabilité des activités (élevage...) à l'origine des PRO ?
 - Agit principalement sur fertilité des sols → à coupler avec d'autres pratiques
- Mais pratique nécessaire à l'agroécologie :
 - Contribue à fertilité de sols, à l'autonomie et à la productivité des systèmes
 - Système « productif » qui ne recyclerait pas épuiserait forcément ses réserves à terme
 - Gestion territoriale des PRO peut favoriser les synergies entre systèmes

Quels leviers pour contribuer davantage à l'agroécologie ?

- La majeure partie des PRO agricoles est déjà valorisée
- Quelle contribution supplémentaire ?
- Valoriser les ressources non encore mobilisées (biodéchets, urines...)
 - Optimiser les traitements permettant de répondre aux besoins
 - Optimiser l'insertion des PRO dans les pratiques
 - Organiser les flux de PRO aux échelles pertinentes
 - Combiner la pratique à d'autres dans des systèmes de cultures cohérents
 - Sélection/culture de plantes plus adaptées à une fertilisation organique
 - Travailler avec l'ensemble des acteurs concernés à l'élaboration de filières territoriales vertueuses

Quels apports du réseau BASC pour traiter la question ?

- Collaboration BASC existante ou à développer :
 - Agronomie : conception de système de culture, évaluation multi-critère, spatialisation de systèmes de cultures
 - Sciences de gestion : gestion de la ressource en PRO
 - Économie / politique publique
 - Autres ???

Merci de votre attention



- Annabi, M., Le Bissonnais, Y., Le Villio-Poitrenaud, M., Houot, S. (2011). Improvement of Soil Aggregate Stability by Repeated Applications of Organic Amendments to a Cultivated Silty Loam Soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 144(1) : 382?89.
- Barles S. (2005). L'invention des déchets urbains : France 1790-1970. Editions Broché.
- Basnet, B. B., Apan, A. A., & Raine, S. R. (2002). Geographic information system based manure application plan. *Journal of environmental management*, 64(2), 99-113.
- Bernal, M. P., Kirchmann, H. (1992). Carbon and Nitrogen Mineralization and Ammonia Volatilization from Fresh, Aerobically and Anaerobically Treated Pig Manure during Incubation with Soil. *Biology and Fertility of Soils* 13(3) : 135?41.
- Blanchet, G., Gavazov, K., Bragazza, L., Sinaj, S. (2016). Responses of Soil Properties and Crop Yields to Different Inorganic and Organic Amendments in a Swiss Conventional Farming System. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 230 : 116?26.
- Bourdat-Deschamps, M., Ferhi, S., Bernet, N., Feder, F., Crouzet, O., Patureau, D., Montenach, D., Moussart, G., Mercier, V., Benoit, P., Houot, S. (2017). Fate and Impacts of Pharmaceuticals and Personal Care Products after Repeated Applications of Organic Waste Products in Long-Term Field Experiments. *Science of The Total Environment* 607?608 : 271?80.
- Ciuraru, C., Krammer, J., Berger, C., Lafouge, F., Gonzaga-Gomez, L., Buysse, P., Houot, S., Carpentier, Y., Vojkovic, M., Focsa, C., Petitprez, D., Loubet, B (2018). Volatile Organic Compounds and Secondary Organic Aerosols from Organic Waste Amendments : laboratory and field comparison. GRC Conference, Les Diableraies, Suisse, 10-15 juin 2015.
- Colbach, N., Tschudy, C., Meunier, D., Houot, S., Nicolardot, B. (2013). Weed Seeds in Exogenous Organic Matter and Their Contribution to Weed Dynamics in Cropping Systems. A Simulation Approach. *European Journal of Agronomy* 45 : 7?19.
- Cros C., Reau R., 2015. Auto'N : Un réseau de fermes champenoises en route vers l'autonomie vis à vis des engrais azotés. Colloque chambre régionale d'agriculture Poitou-Charentes.
- Edmeades, D.C., 2003. The long-term effects of manures and fertilisers on soil productivity and quality : a review. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 66, 165?180.
- Gutser, R., Ebertseder, T., Weber, A., Schraml, M., Schmidhalter, U., 2005. Short-term and residual availability of nitrogen after long-term application of organic fertilizers on arable land. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 168, 439?446
- Heuer, H., Schmitt, H., Smalla, K. (2011). Antibiotic Resistance Gene Spread Due to Manure Application on Agricultural Fields. *Current Opinion in Microbiology, Ecology and industrial microbiology / Special section : Archaea*, 14(3) : 236?43.

- Hijbeek, R., van Ittersum, M.K., ten Berge, H. F. M., Gort, G., Spiegel, H., Whitmore, A., P., (2016). Do Organic Inputs Matter? a Meta-Analysis of Additional Yield Effects for Arable Crops in Europe. *Plant and Soil* 25, 2016, 1?11
- Höhn, J., Lehtonen, E., Rasi, S., & Rintala, J. (2014). A Geographical Information System (GIS) based methodology for determination of potential biomasses and sites for biogas plants in southern Finland. *Applied Energy*, 113, 1-10.
- Houot, S., Cambier, P., Benoit, P., Bodineau, G., Deschamps, M., Jaulin, A., Lhoutellier, C., Barriuso Benito, B. (2009). Effet d'apports de Composts Sur La Disponibilité de Micropolluants Métalliques et Organiques Dans Un Sol Cultivé. *Etude et Gestion Des Sols* 16(3?4) : 255?74.
- Houot S., Pons M.N., Pradel M., Caillaud M.A., Savini I., Tibi A. (éditeurs), 2014. Valorisation des matières fertilisantes d'origine résiduaire sur les sols à usage agricole ou forestier. Impacts agronomiques, environnementaux, socio-économiques. Expertise scientifique collective, INRA-CNRS-Irstea (France).
- Lombardi, L, Nocita, C., Bettazzi, E., Fibbi, D., Carnevale, E. (2017). Environmental Comparison of Alternative Treatments for Sewage Sludge : An Italian Case Study. *Waste Management* 69 : 365?76.
- Maillard, É., Angers, D.A., 2014. Animal manure application and soil organic carbon stocks : a meta-analysis. *Glob. Change Biol.* 20, 666?679
- Mazoyer M., Roudart L. (1997). Histoire des agricultures du monde. Du néolithique à la crise contemporaine. Le Seuil, Paris, 528 pages.
- Noirot-Cosson, P.E., 2016. Optimisation de l'insertion des Produits Résiduaire Organiques dans les systèmes de cultures d'un territoire francilien : évolution des stocks de carbone organique et substitution des engrais minéraux. Thèse de doctorat d'AgroParisTech.
- Obriot, F., 2016. Epannage de produits résiduaire organiques et fonctionnement biologique des sols : De la quantification des impacts sur les cycles carbone et azote à l'évaluation multicritère de la pratique à l'échelle de la parcelle. AgroParisTech.
- Pan, G., Smith, P., Pan, P. (2009). The Role of Soil Organic Matter in Maintaining the Productivity and Yield Stability of Cereals in China. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 129(1) : 344?48.
- Passuello, A., Cadiach, O., Perez, Y., & Schuhmacher, M. (2012). A spatial multicriteria decision making tool to define the best agricultural areas for sewage sludge amendment. *Environment international*, 38(1), 1-9.
- Peltre, C., Christensen, B.T., Dragon, S., Icard, C., Kätterer, T., Houot, S., 2012. RothC simulation of carbon accumulation in soil after repeated application of widely different organic amendments. *Soil Biol. Biochem.* 52, 49?60
- Powlson, D.S., Whitmore, A.P., Goulding, K.W.T., 2011. Soil carbon sequestration to mitigate climate change : a critical re-examination to identify the true and the false. *Eur. J. Soil Sci.* 62, 42?55.

- Ryschawy, J., Martin, G., Moraine, M., Duru, M., & Therond, O. (2017). Designing crop-livestock integration at different levels : Toward new agroecological models?. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 108(1), 5-20.
- Sommer, S. G., Générumont, S., Cellier, P., Hutchings, N. J., Olesen, J. E., Morvan, T. (2003). Processes Controlling Ammonia Emission from Livestock Slurry in the Field. *European Journal of Agronomy* 19(4) : 465-486.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockstrom, J. et al. (2015). Planetary boundaries : Guiding human development on a changing planet. *Science* 347.
- van Dijk, P., Rosenfelder, C., Sauter, J., Koller, R. (2016). Diagnostiquer et prévenir les risques d'érosion : application de la démarche ABC? Terre à l'échelle de territoires agricoles en Alsace. Colloque de fin de projet ABC? Terre Atténuation du Bilan gaz à effet de serre et stockage de Carbone organique dans les sols à l'échelle du TERRitoire, 14 juin 2016 - Beauvais.
- Verger Y., Billen G., Garnier J., Esculier F., Barles S., Petit C., Tedesco C., (2016). Visions prospectives de l'agriculture sur le Plateau de Saclay. Rapport d'activités 2016 du PIREN-Seine.
- Willeghems, G., De Clercq, L., Michels, E., Meers, E., & Buysse, J. (2016). Can spatial reallocation of livestock reduce the impact of GHG emissions?. *Agricultural Systems*, 149, 11-19.
- Zavattaro, L., Bechini, L., Grignani, C., van Evert, F.K., Mallast, J., Spiegel, H., Sandén, T., Pecio, A., Giráldez Cervera, J.V., Guzmán, V., Vanderlinden, K., D'Hose, T., Ruyschaert, G., ten Berge, H.F.M. (2017). Agronomic Effects of Bovine Manure : A Review of Long-Term European Field Experiments. *European Journal of Agronomy* 90 : 127-138.
- Zhou, M., Zhu, B., Wang, S., Zhu, X., Vereecken, H., Brüggemann, N., 2017. Stimulation of N₂O emission by manure application to agricultural soils may largely offset carbon benefits : a global meta-analysis. *Glob. Change Biol.* 23, 4068-4083.