



Webinaire : Quelle est la pertinence de l'échelle territoriale pour maîtriser les pertes d'éléments dans l'environnement en vue de préserver l'état des milieux et les ressources ?

Recyclage des nutriments dans les territoires par le retour au sol des produits résiduels organiques

Florent Levavasseur, Sabine Houot

UMR INRAE, AgroParisTech, Université Paris Saclay, ECOSYS, Palaiseau

Les Produits Résiduaires Organiques (PRO)

- Issus des activités agricoles, urbaines et agro(industrielles)
- Contiennent les nutriments indispensables à la croissance des plantes
- Dans quelle mesure leur recyclage en agriculture peut permettre de maîtriser les pertes de nutriments à l'échelle territoriale ?



Fumier de cheval



Fientes séchées



Compost de déchets verts



*Engrais organique
commercial (à base de
déchets d'abattoir)*



Digestat brut de CIVE



Lisier bovin



Boue d'épuration

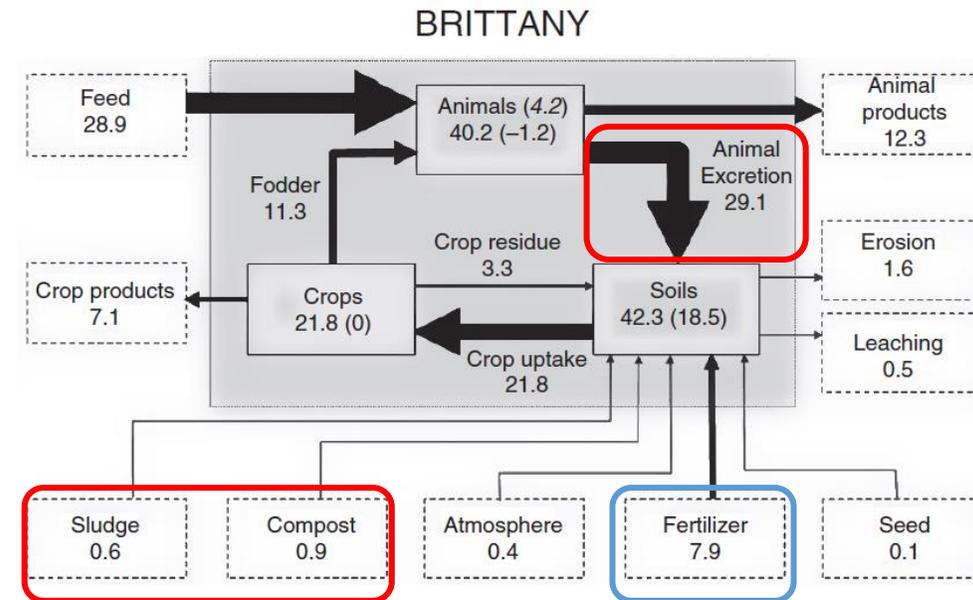


SMRA 68

Boue de papeterie

Place importante des PRO dans les flux de nutriment à l'échelle territoriale

- Important flux de nutriments : recyclage agricole des PRO nécessaire pour boucler les cycles biogéochimiques et limiter les pertes de nutriments du système agricole et alimentaire
- Quel potentiel de recyclage additionnel pour limiter les pertes ?
- Comment optimiser le recyclage pour limiter les pertes ?



*Stocks, flux et bilans de phosphore (en parenthèse) en Bretagne, en kg P/ha/an
(Senthilkumar et al., 2012)*

Biodéchets alimentaires et excréments humains non considérés

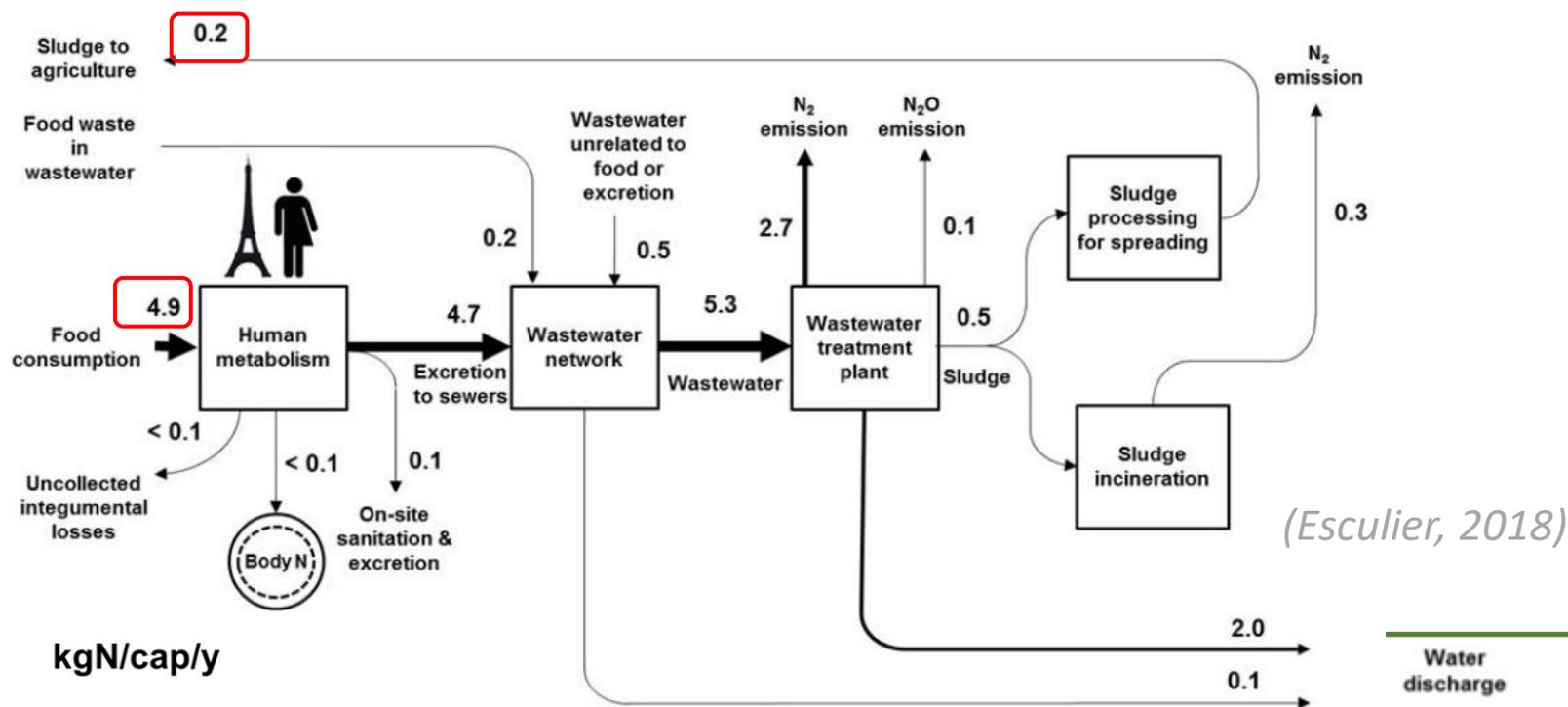


3 exemples – 3 thèses réalisées dans l'UMR ECOSYS

- Recyclage des urines humaines : Martin (2020)
- Méthanisation à la ferme : Moinard (2021)
- Optimisation territoriale du recyclage des PRO : Noirot-Cosson (2016)

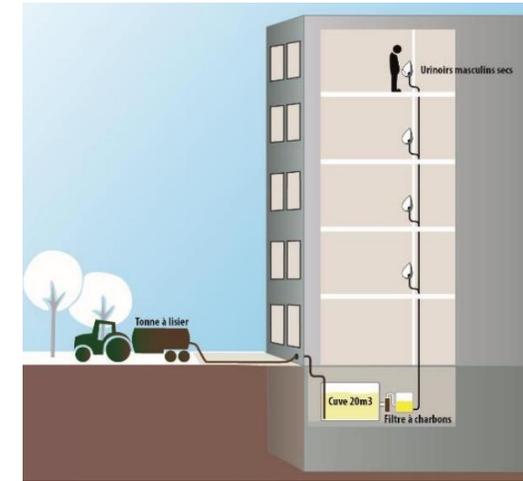
Recyclage des urines humaines : contexte

- 4.9 kg N/hab/an ingérés : en bonne partie issue du N des engrais minéraux
- N ingéré rejeté dans les eaux usées
- Majorité du N des eaux usées rejetée vers l'air ou l'eau : 0.2 kg N/ha/an recyclé (boues = 4% du N ingéré)
- Azote urine Ile-de-France → 110% des consommations en azote agricole de l'IDF (Martin 2020, d'après Esculier, 2018 et Unifa, 2019)
- Situation moins défavorable pour le P (41% de recyclage)

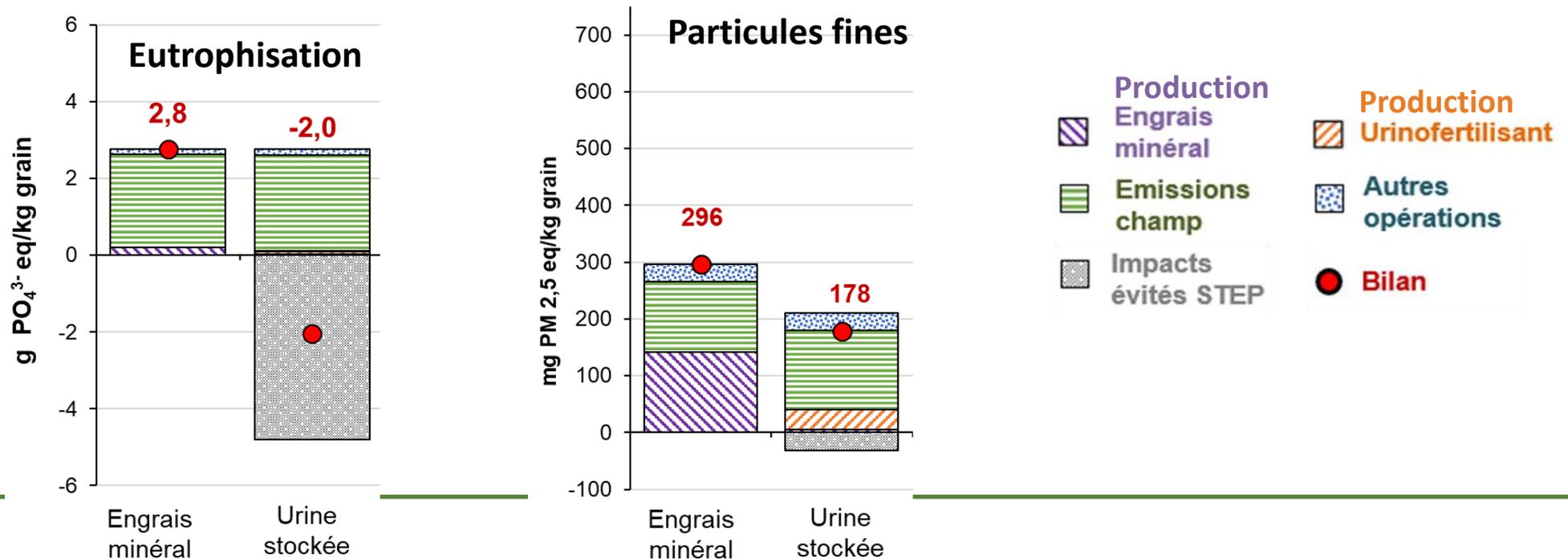


Recyclage des urines humaines

- Possibilité de collecte sélective à la source pour produire des urinofertilisants
- Quel bilan environnemental (ACV) de la production de blé en Ile-de-France fertilisé avec des urinofertilisants en comparaison à des engrais minéraux ?
 - ♣ Eutrophisation (pertes de NO_3^- et PO_4^{3-}) : très forte diminution du fait des impacts évités en station d'épuration (moins de rejet en rivière)
 - ♣ Particules fines (perte de NH_3) : diminution du fait de la non production d'engrais minéraux, malgré des émissions au champ importantes



Esculier (2023)

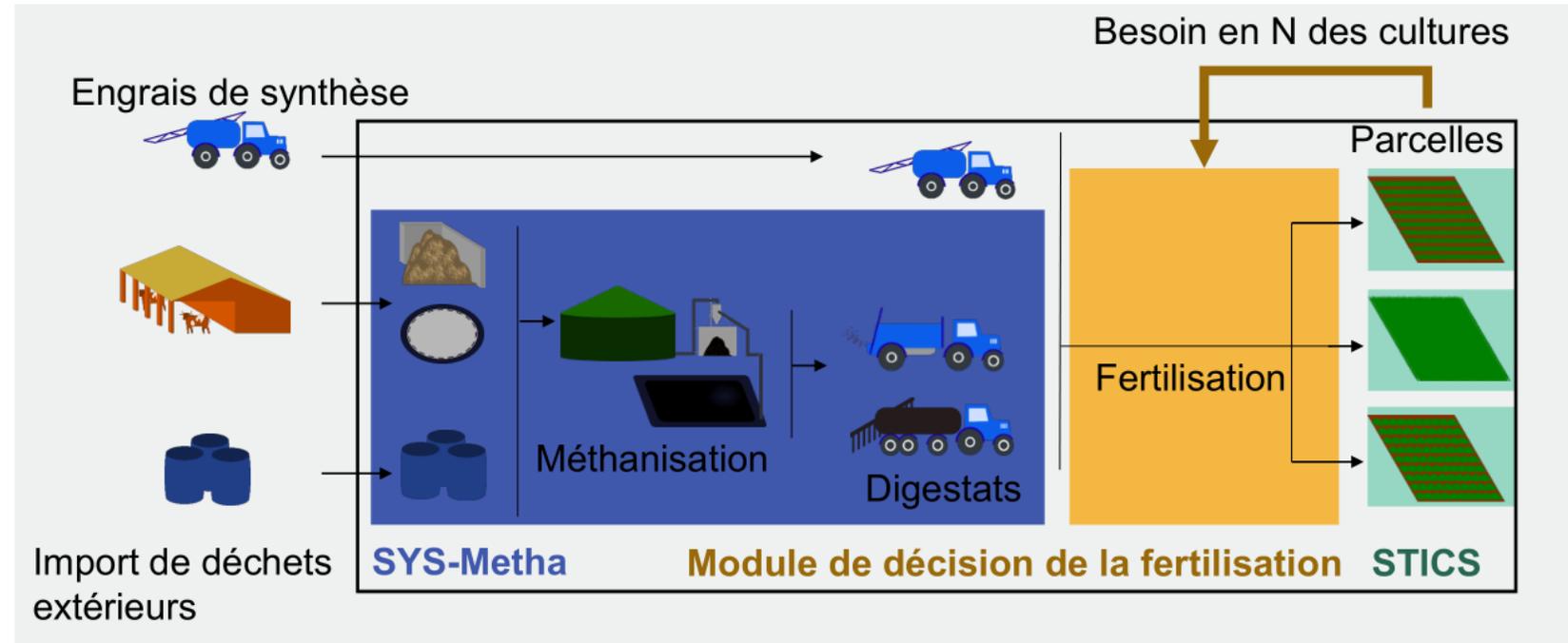


Adapté de
Martin (2020)

Méthanisation à la ferme

- Quelles conséquences de l'introduction de la méthanisation dans une exploitation de polyculture-élevage sur les cycles du carbone et de l'azote ?

- Approche par modélisation couplée (modèles de méthanisation et de culture) : simulation des flux de C et N sur la ferme

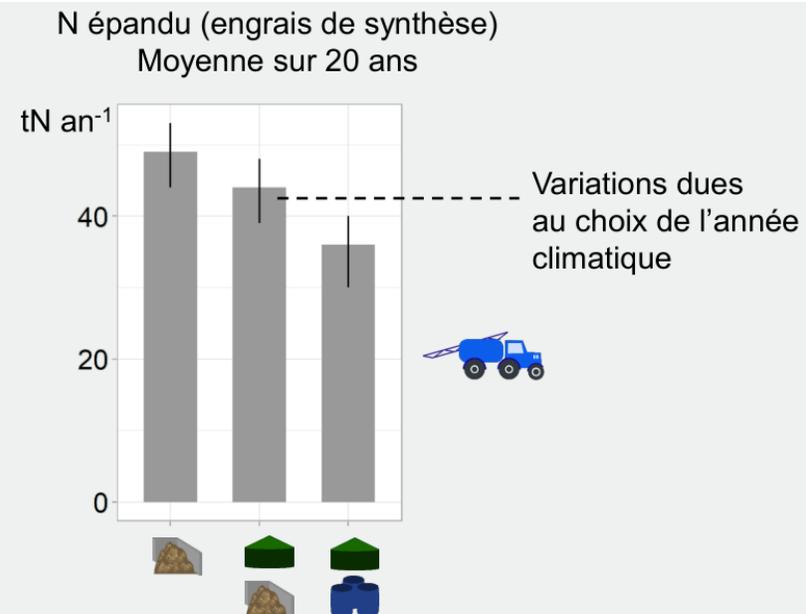
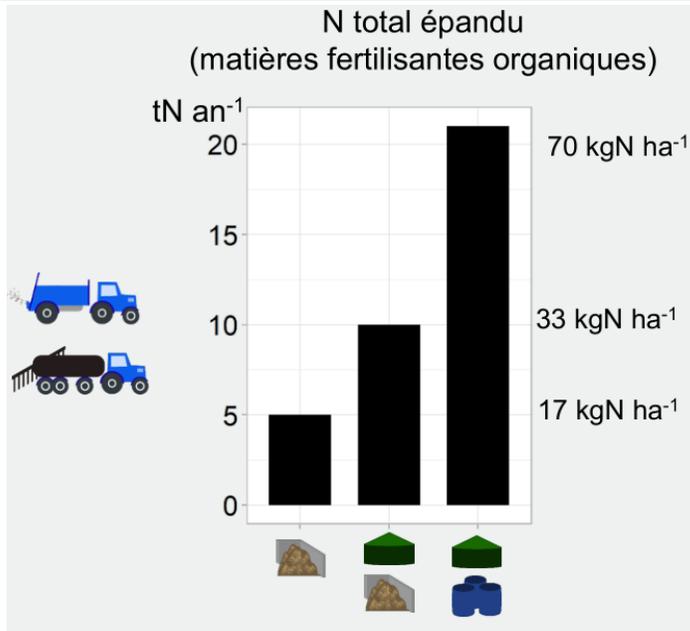


- 3 scénarios simulés

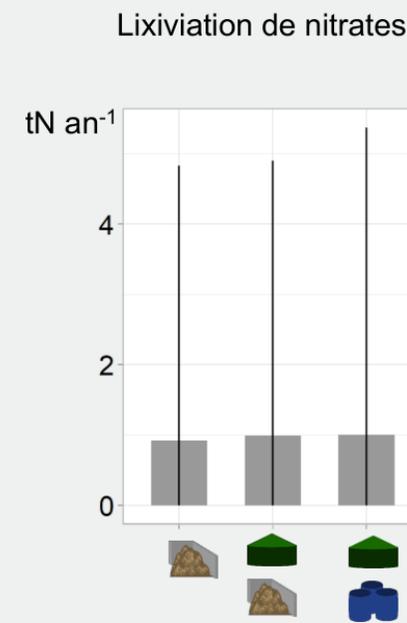
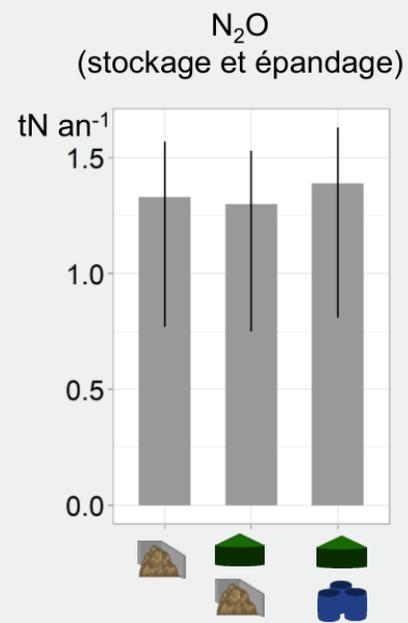
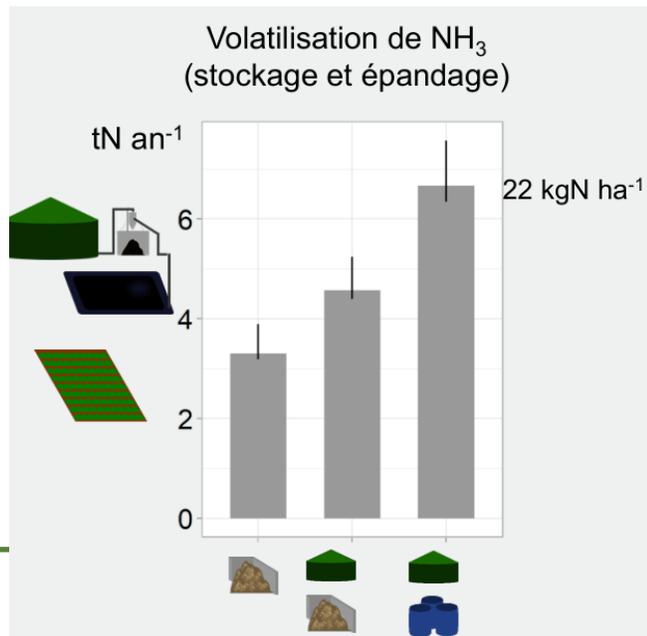


Méthanisation à la ferme

- Augmentation du N épandu issu des PRO grâce aux substrats extérieurs
- Moins de pertes à l'échelle du système agricole et alimentaire
- Economie d'engrais de synthèse



- Digestat plus sensible à la volatilisation → augmentation des pertes sur l'exploitation
- Pas d'effet sur les pertes de N₂O et NO₃⁻ dans ces conditions



Optimisation territoriale du recyclage des PRO

- Quel potentiel d'optimisation de l'insertion des PRO dans les systèmes de culture pour maximiser le stockage de C ou les économies d'engrais, minimiser les pertes par lixiviation ?
- Approche par modélisation spatialisée prenant en compte la diversité des PRO, des sols et des systèmes de culture : application à la plaine de Versailles

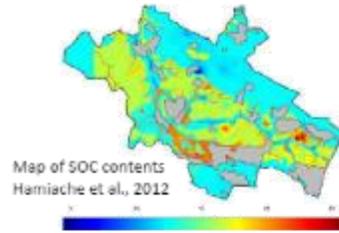
- Par rapport à un scénario sans PRO :

- ♣ Fort potentiel d'économies d'engrais (50 kg N/ha/an)

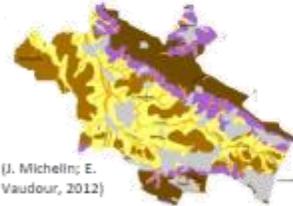
→ limitation des pertes à l'échelle « territoriale »

- ♣ Pas de potentiel de réduction de la lixiviation de nitrates

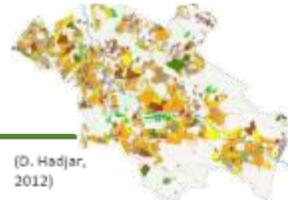
Carbone organique des sols



Propriétés des sols



Systèmes de culture



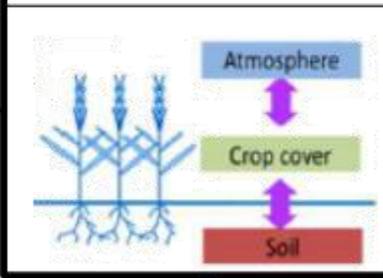
PRO du territoire et leurs caractéristiques



%N
ISMO...

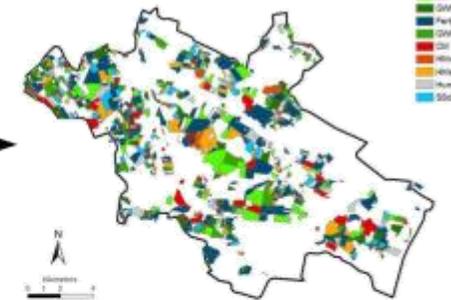
Scénarios d'utilisation

Modèle CERES-EGC

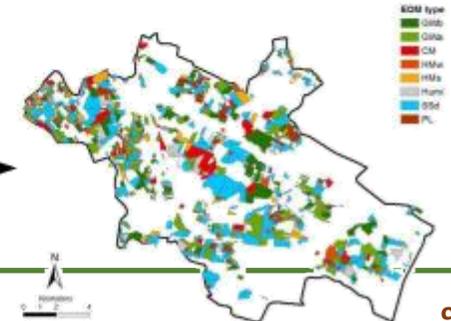


Optimisation

Distribution de PRO maximisant stockage C



Distribution de PRO maximisant les économies d'engrais N





Conclusion

- Fort potentiel de recyclage additionnel de nutriments à l'échelle des territoires via la collecte sélective des urines humaines
- Potentiel de recyclage additionnel de nutriments via la méthanisation avec des substrats extérieurs
 - Limite les pertes de nutriments des systèmes agricoles et alimentaires dans leur ensemble et permet d'éviter les impacts associés
 - En partie compensé par de possibles augmentations de pertes à l'échelle parcellaire
- Possibilité d'optimiser le recyclage des PRO selon la diversité des sols et des pratiques d'un territoire pour limiter les pertes



Merci de votre attention

- Martin, T. (2020). L'urine humaine en agriculture: Des filières variées pour contribuer à une fertilisation azotée durable. Thèse de doctorat de l'Université Paris Saclay. <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-03189185>
- Moinard, V. (2021). Conséquences de l'introduction de la méthanisation dans une exploitation de polyculture-élevage sur les cycles du carbone et de l'azote. Combinaison de l'expérimentation et de la modélisation à l'échelle de la ferme Thèse de doctorat de l'Université Paris-Saclay. <https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-03485490>
- Noirot-Cosson, P. (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. <http://www.theses.fr/s145764>