



Journée de rencontre VivAgriLab
Orsay 17/02/2022

Principaux résultats du projet PSDR PROLEG

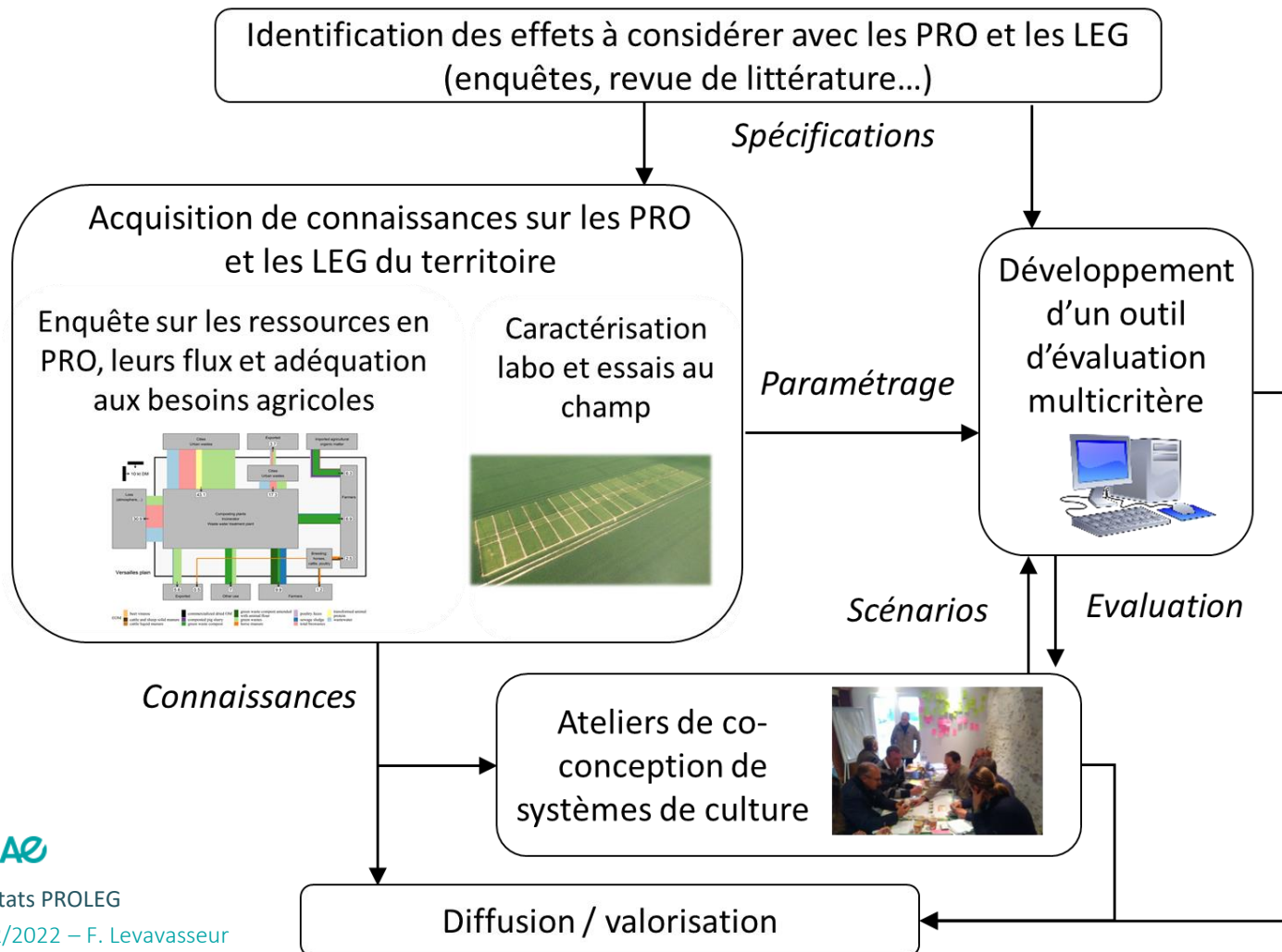
Florent Levavasseur

UMR INRAE AgroParisTech Université Paris-Saclay ECOSYS, Thiverval-Grignon



➤ Le projet PSDR PROLEG

- Objectif : concevoir des systèmes de cultures moins dépendant aux engrais de synthèse, qui maximisent les services écosystémiques en mobilisant les Produits Résiduaire Organiques (**PRO**) et les légumineuses (**LEG**)



> Plan

- Valeur fertilisante azotée des PRO
- Contribution à la matière organique
- Conception et évaluation de systèmes avec des PRO
- Flux de PRO et de nutriments dans le territoire / adéquation aux besoins de l'agriculture
- Conclusion et perspectives



➤ Etude de la valeur fertilisante N au champ

- Objectif : étudier dans le contexte de sol, de climat et de systèmes de culture francilien l'intérêt des PRO du territoire pour la fertilisation N des cultures :
 - **Essais KEQ** : quelle efficacité d'utilisation de l'azote du PRO par la plante ? A quelle dose d'engrais minéral l'apport de PRO correspond-il ?
 - **Essais compost de déchets verts** : le compost provoque-t-il une faim d'azote délétère pour la culture fertilisée avec de l'engrais minéral ?
 - **Essai minéralisation** : avec quelle dynamique temporelle l'azote du PRO est-il minéralisé dans le sol ?
 - **Essai substitution** : est-il possible de substituer pendant une ou plusieurs années les apports d'engrais minéral par des PRO sans perte de rendement et de qualité, tout en améliorant la fertilité du sol ?
 - **Essai bio** : quel intérêt des PRO fertilisants en bio ?
 - Essais mis en place chez des agriculteurs partenaires, copilotés avec CARDIF



➤ Résultats des essais KEQ

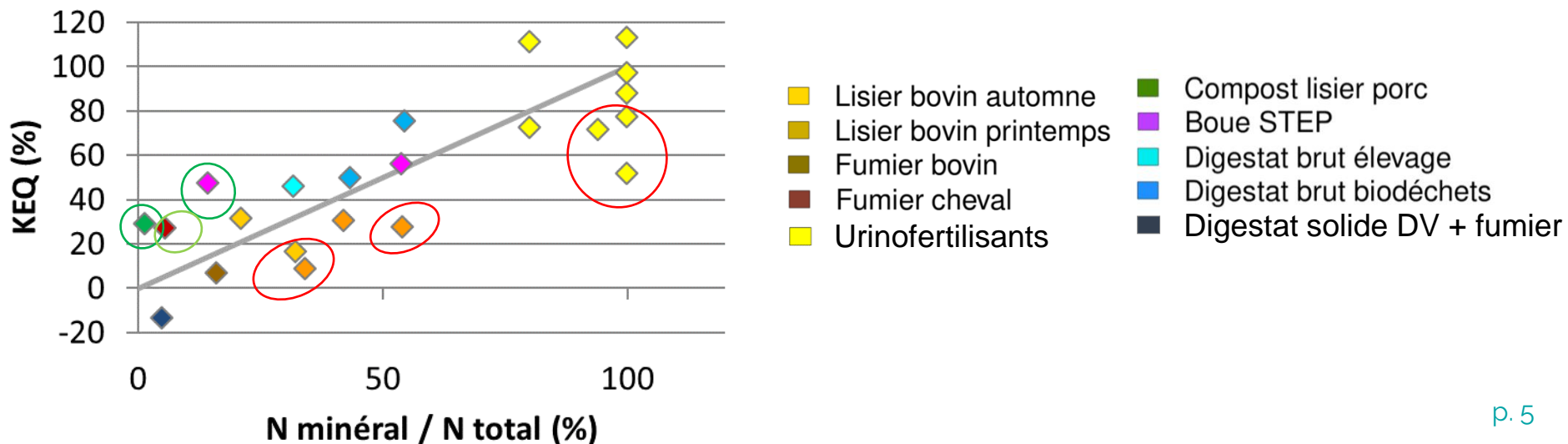
Exemple : si $KEQ = 0.3$, 1 kg N du PRO a le même effet que 0.3 kg N d'ammonitrate



➤ Résultats des essais KEQ

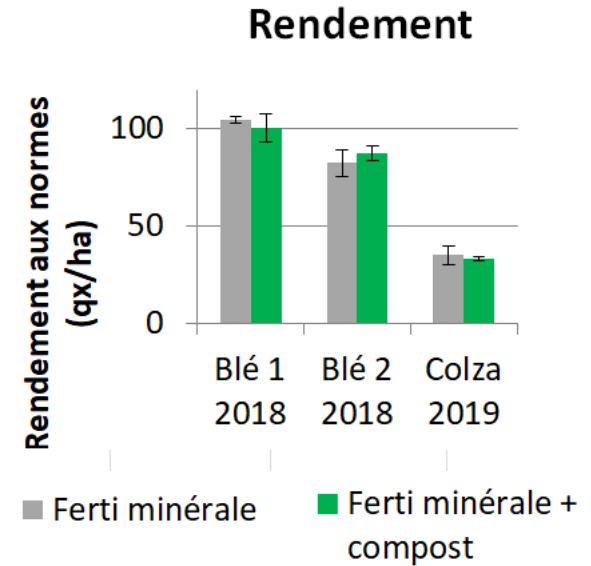
Exemple : si $KEQ = 0.3$, 1 kg N du PRO a le même effet que 0.3 kg N d'ammonitrate

- Variabilité des KEQ :
 - KEQ étroitement lié à la teneur en N minéral des PRO
 - Minéralisation rapide du N organique qui peut \nearrow KEQ pour certains PRO (boue, lisier...) , ne contribue pas ou peu au KEQ pour les autres PRO
 - Fumier de cheval : immobilisation d'azote à l'automne (reliquat entrée hiver = 150 kg N/ha) puis relargage (effet piège à nitrate) qui \nearrow KEQ ?
 - Volatilisation NH_3 \searrow KEQ (lisier, certains essais urine) ?
- KEQ des nouveaux PRO (digestats bruts, urines) élevés par rapport aux PRO « historiques »

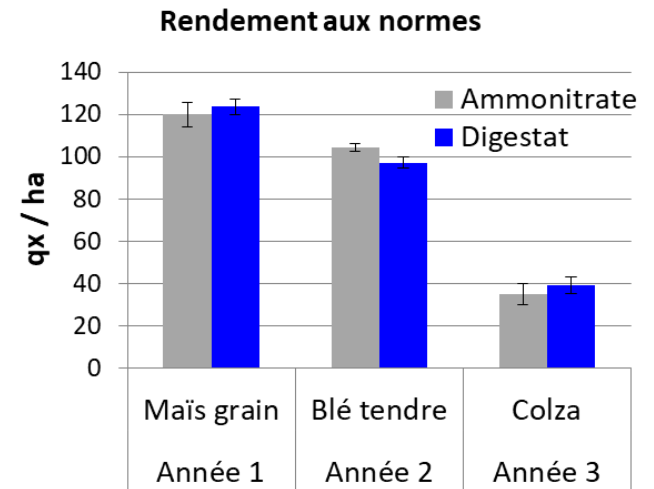


➤ Les essais compost de déchets verts et substitution

- Apport de compost de déchets verts (20 t/ha) avant semis puis fertilisation minérale identique :
 - Aucune différence significative de rendement ou de teneur en protéines du grain avec apport de composts de déchets verts et une fertilisation minérale identique
- amendement efficace pour ↗ la matière organique du sol sans risque de faim d'azote



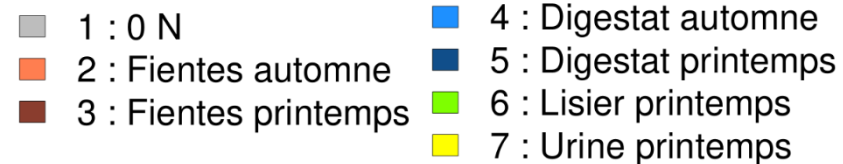
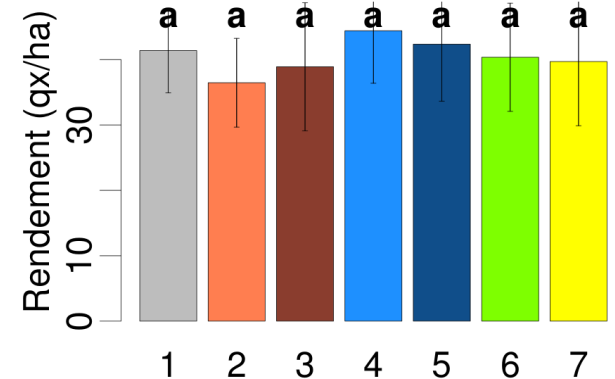
- Substitution quasi-totale des apports d'engrais par du digestat de biodéchets pendant 3 ans :
 - Rendements identiques pendant 3 ans (idem protéines blé)
 - Effet long terme sur la fertilité et contamination du sol ?
 - Excédent P-K ?
 - ...



➤ Les essais bio

- Blé bio (2018) :
 - Aucune différence significative sur le rendement ou la qualité du grain
 - N non limitant (reliquats 70 kg N/ha + minéralisation sol)

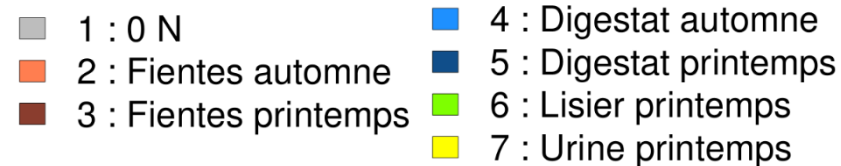
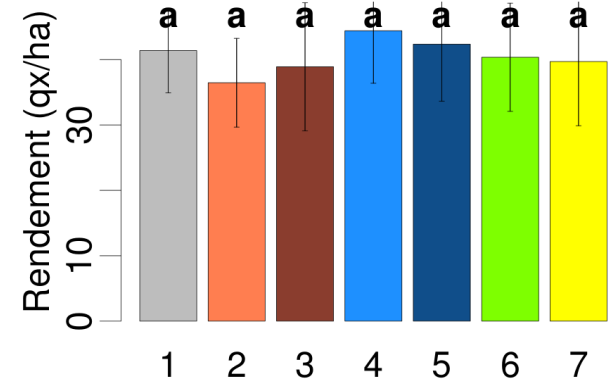
Rendement grain aux normes



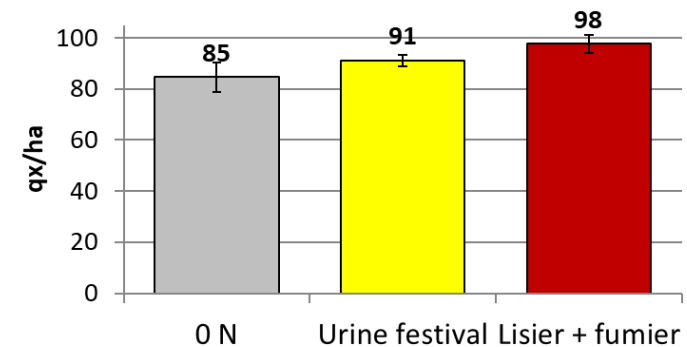
➤ Les essais bio

- Blé bio (2018) :
 - Aucune différence significative sur le rendement ou la qualité du grain
 - N non limitant (reliquats 70 kg N/ha + minéralisation sol)
- Maïs bio (2019)
 - Faible réponse à l'azote
 - N non limitant (reliquats > 150 kg N/ha, + minéralisation sol)

Rendement grain aux normes



Rendement grain aux normes

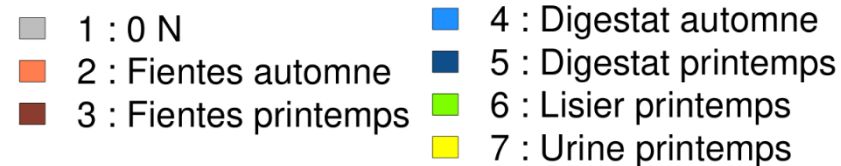
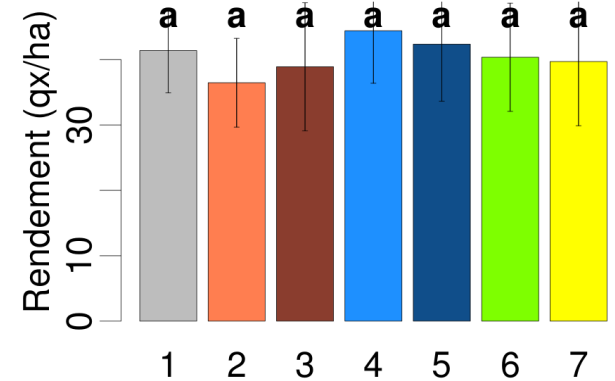


➤ Les essais bio

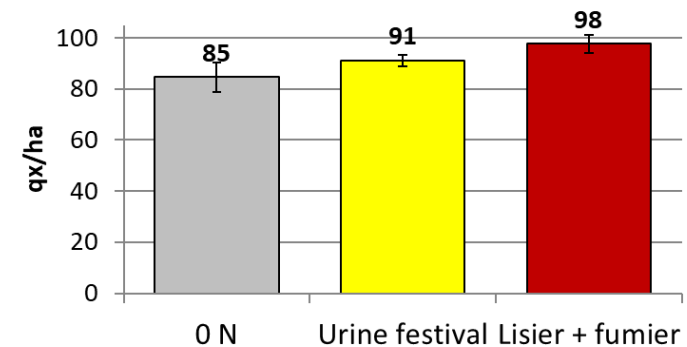
- Blé bio (2018) :
 - Aucune différence significative sur le rendement ou la qualité du grain
 - N non limitant (reliquats 70 kg N/ha + minéralisation sol)
- Maïs bio (2019)
 - Faible réponse à l'azote
 - N non limitant (reliquats > 150 kg N/ha, + minéralisation sol)

→ Importance des autres facteurs que la fertilisation (reliquats, salissement, maladies...) comme déterminant du rendement en bio (Glachant et Aubert, 2015)

Rendement grain aux normes



Rendement grain aux normes



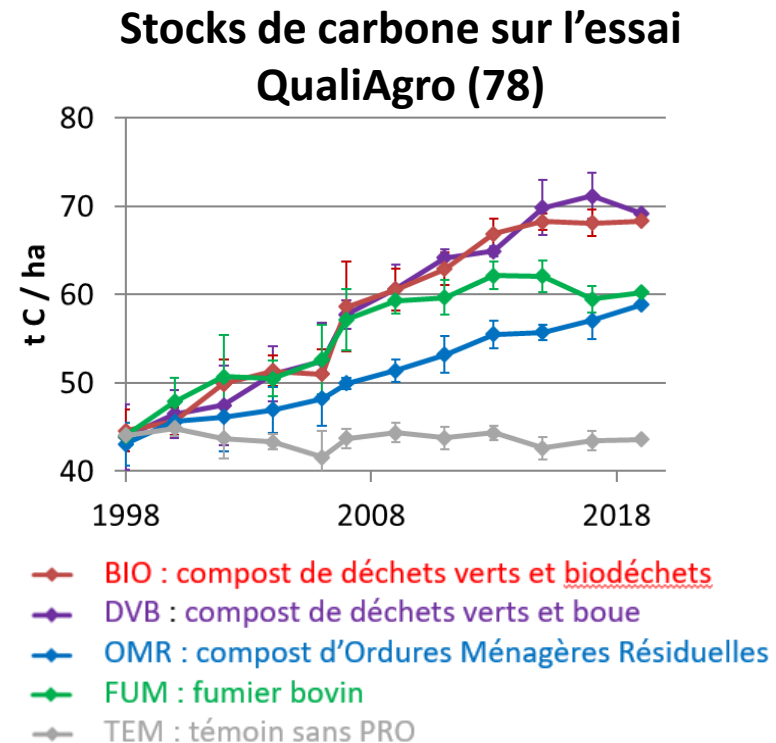
> Plan

- Valeur fertilisante azotée des PRO
- Contribution à la matière organique
- Conception et évaluation de systèmes avec des PRO
- Flux de PRO et de nutriments dans le territoire / adéquation aux besoins de l'agriculture
- Conclusion et perspectives



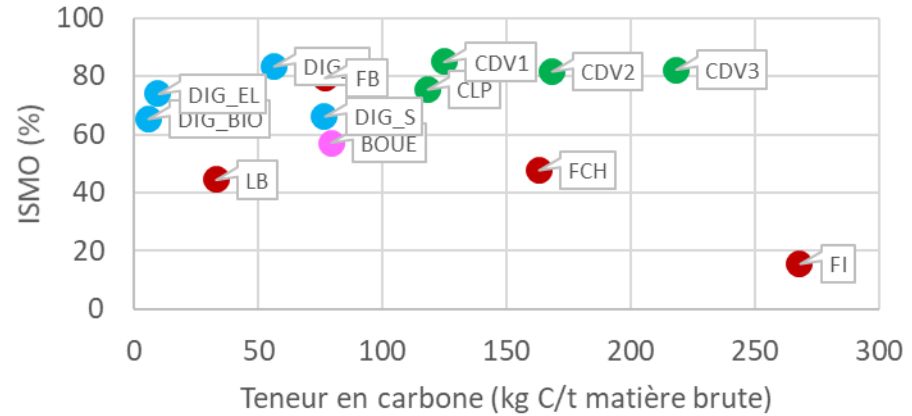
➤ Contribution au carbone organique du sol

- Essais PROLEG / LEADER trop courts pour voir des changements significatifs de la matière organique du sol suite aux apports de PRO
- Apport des essais de longue durée pré-existants : contribution à la matière organique du sol des PRO dépend des doses de C apportées (dose et fréquence d'apport, teneur en C du PRO) et de la stabilité du C (ISMO)
- Synthèse des données de caractéristiques des PRO réalisée dans projet PROLEG (+ 700 PRO analysés)



Contribution au carbone organique du sol des PRO du territoire

- Contribution au carbone du sol ↗ quand teneur C ↗ et ISMO ↗



Contribution au carbone organique du sol des PRO du territoire

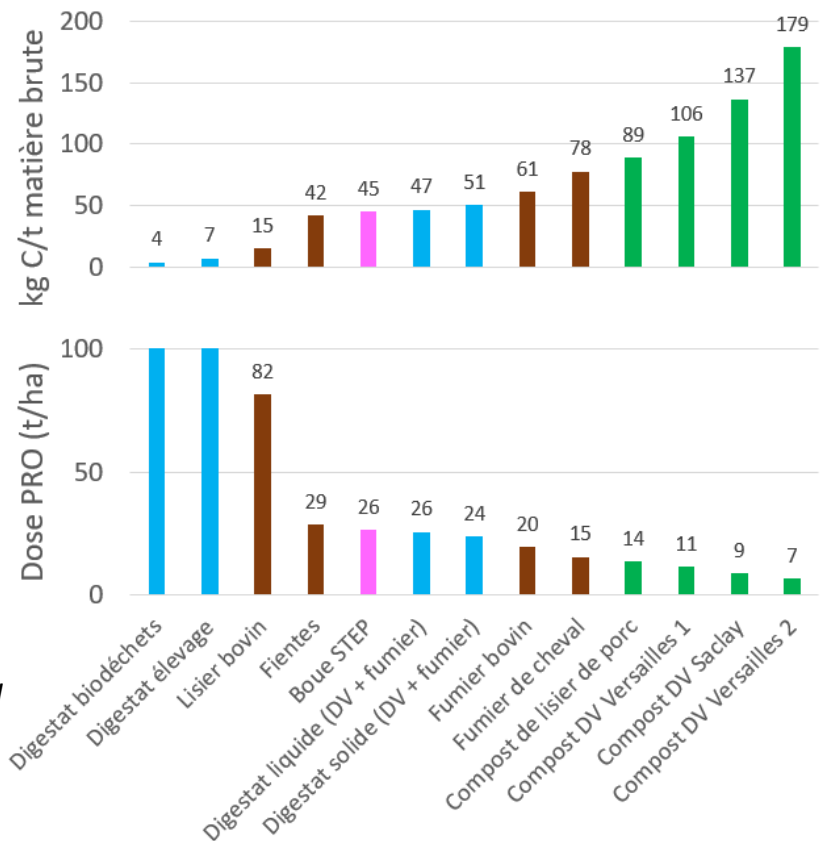
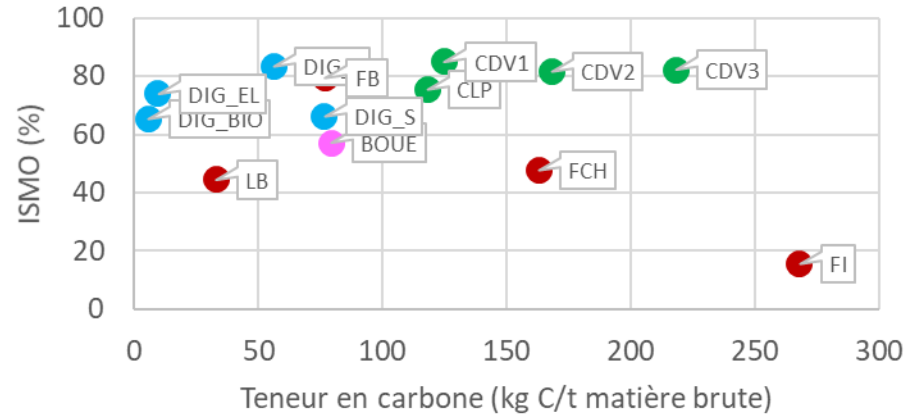
- Contribution au carbone du sol ↗ quand teneur C ↗ et ISMO ↗
- Apport de carbone stabilisé par tonne de matière brute = Teneur en carbone × ISMO
- Dose moyenne annuelle de PRO pour augmenter de 0.5% la teneur en MO du sol en 20 ans sur 0-25 cm*

* Modélisation avec AMG pour un limon décarbonaté labouré à

INRAE 25 cm en IDF

Résultats PROLEG

17/02/2022 – F. Levvasseur



> Plan

- Valeur fertilisante azotée des PRO
- Contribution à la matière organique
- Conception et évaluation de systèmes avec des PRO
- Flux de PRO et de nutriments dans le territoire / adéquation aux besoins de l'agriculture
- Conclusion et perspectives

➤ Co-conception de système de culture avec des agriculteurs

- Atelier de co-conception réunissant un groupe d'agriculteurs ayant des objectifs en termes de fertilité de leurs sols et des « experts »
- Déroulement des ateliers (un atelier par agriculteur)
 - Exposé des objectifs de l'agriculteur
 - Brainstorming pour identifier des leviers potentiels
 - Proposition de systèmes de culture pour répondre aux objectifs
 - Evaluation multicritère des performances du système (outil PROLEG)
 - Retour vers l'agriculteur des résultats et ajustement potentiel des systèmes



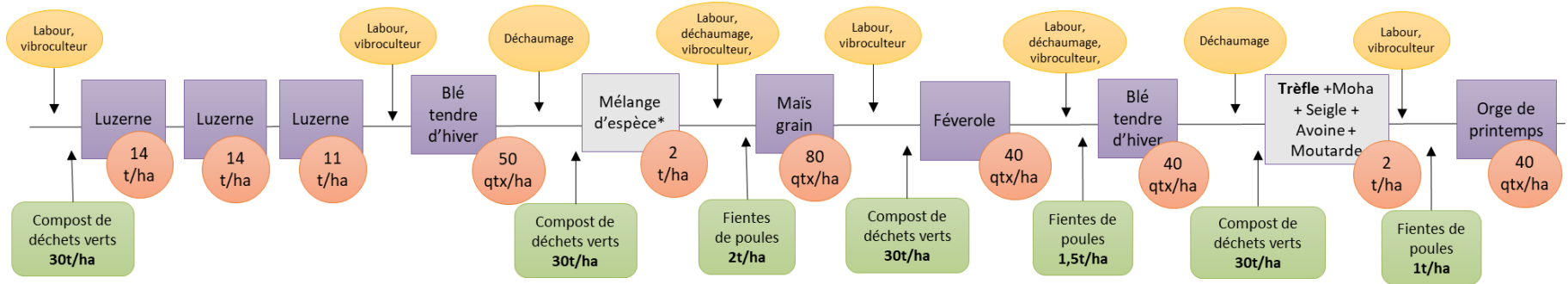
Rotation construite avec le jeu Ecophyt'eau



Groupe au travail

➤ Exemple d'utilisation en ateliers de co-conception (1)

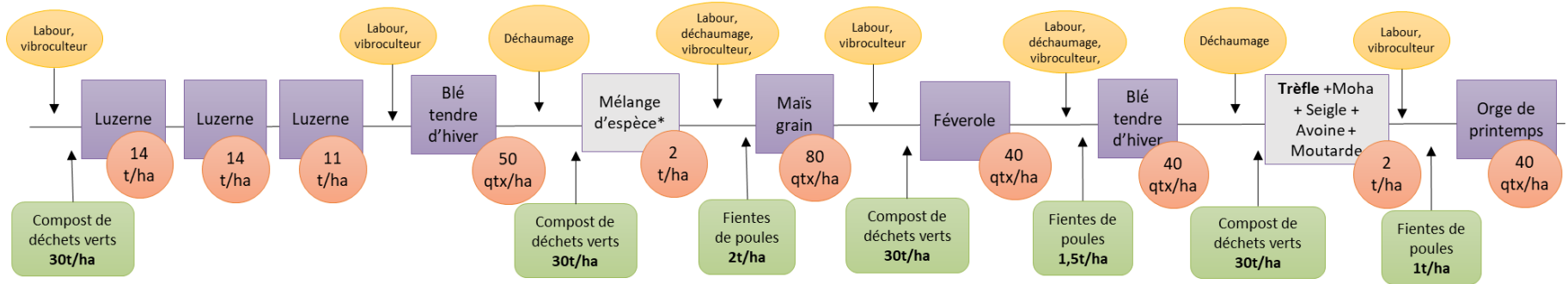
- Objectif atelier 1 : **2,5 % de matière organique dans le sol** (notamment pour limiter la battance) et « **autonomie N** » à long terme suite à conversion bio



Système proposé (1^{ère} rotation : 1-8 ans), puis suppression progressive des apports de fientes sur les rotations suivantes (9-16 ans, 17-24 ans)

Exemple d'utilisation en ateliers de co-conception (1)

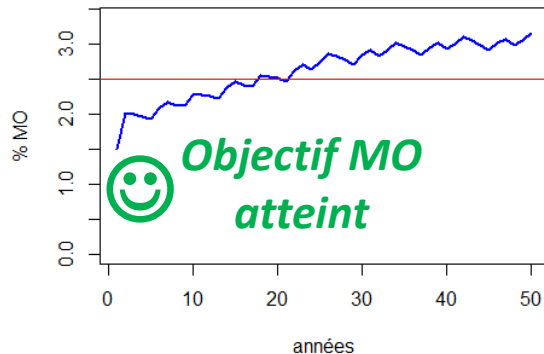
- Objectif atelier 1 : **2,5 % de matière organique dans le sol** (notamment pour limiter la battance) et « **autonomie N** » à long terme suite à conversion bio



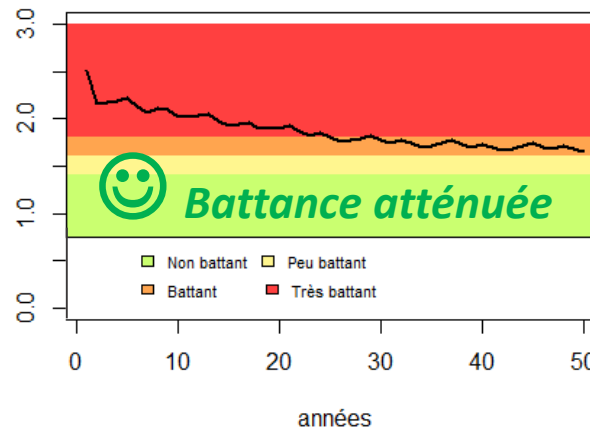
Système proposé (1^{ère} rotation : 1-8 ans), puis suppression progressive des apports de fientes sur les rotations suivantes (9-16 ans, 17-24 ans)

Résultats des simulations

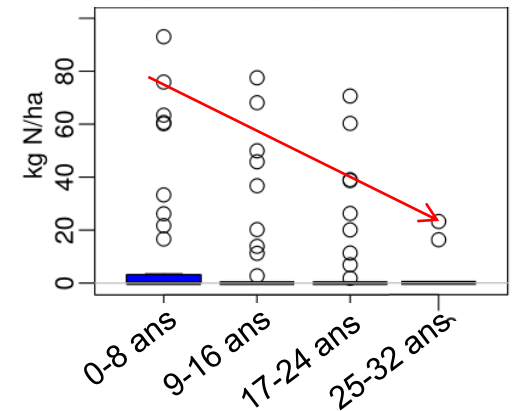
Teneur en matière organique



Indice de battance sur l'horizon travaillé



Besoin moyen en N minéral par culture principale



Autonomie N ≈ atteinte en 25 ans

> Plan

- Valeur fertilisante azotée des PRO
- Contribution à la matière organique
- Conception et évaluation de systèmes avec des PRO
- Flux de PRO et de nutriments dans le territoire / adéquation aux besoins de l'agriculture
- Conclusion et perspectives

➤ PRO dans la plaine de Versailles

- Quels flux de PRO dans la plaine de Versailles ? En termes de matière brute, d'azote, de P et de K ?
 - Quel taux de recyclage actuel ?
 - Quelle contribution actuelle aux besoins de l'agriculture du territoire ? Quelle potentialité si on augmente le recyclage ?
- Enquêtes des gestionnaires de PRO, des agriculteurs, analyse des bases de données (plan d'épandage...)

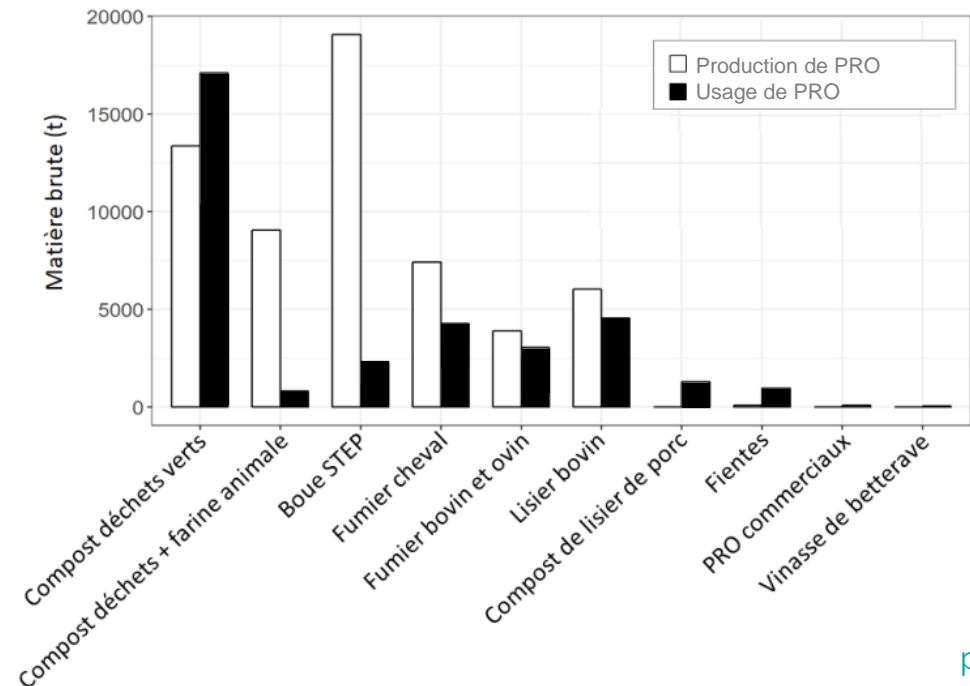


➤ PRO dans la plaine de Versailles

- Quels flux de PRO dans la plaine de Versailles ? En termes de matière brute, d'azote, de P et de K ?
 - Quel taux de recyclage actuel ?
 - Quelle contribution actuelle aux besoins de l'agriculture du territoire ? Quelle potentialité si on augmente le recyclage ?
- Enquêtes des gestionnaires de PRO, des agriculteurs, analyse des bases de données (plan d'épandage...)

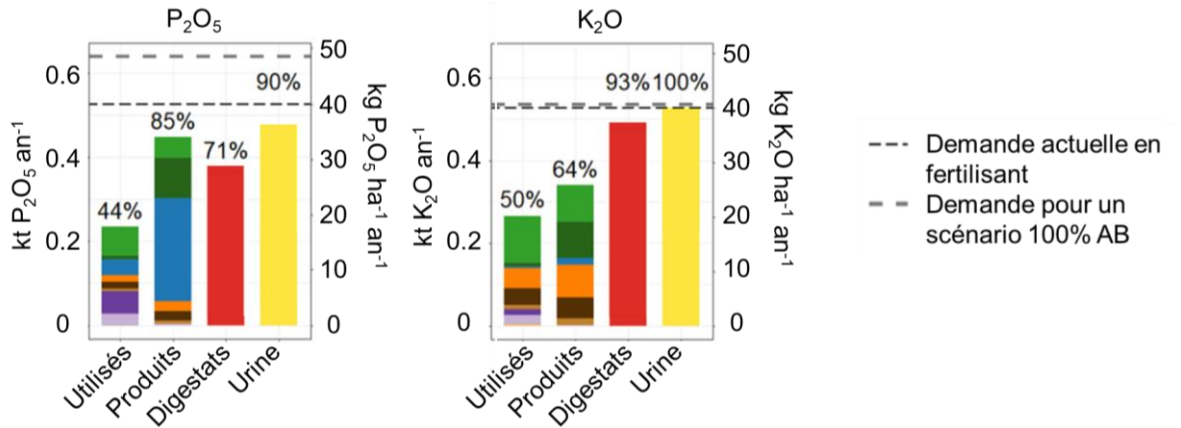
Production et usage annuels de PRO sur la plaine de Versailles en 2018

adapté de Moinard et al. (2021)



➤ Contribution aux besoins en nutriments et au stockage de C

- Déjà forte contribution aux besoins P, K et potentiel + important si relocalisation du recyclage



adapté de
Moinard et
al. (2021)

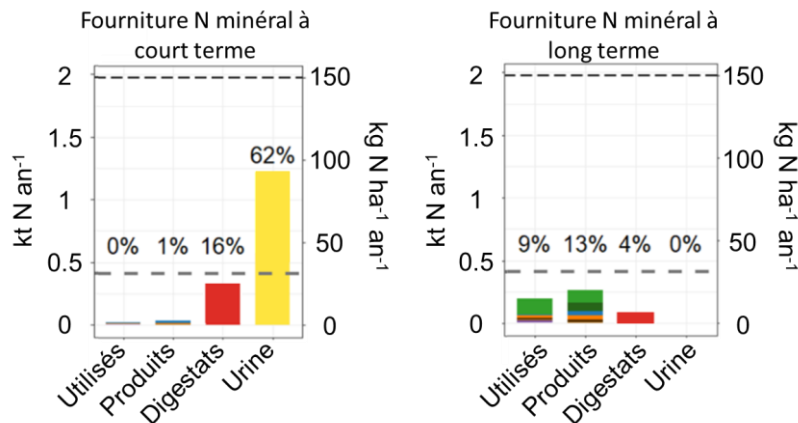
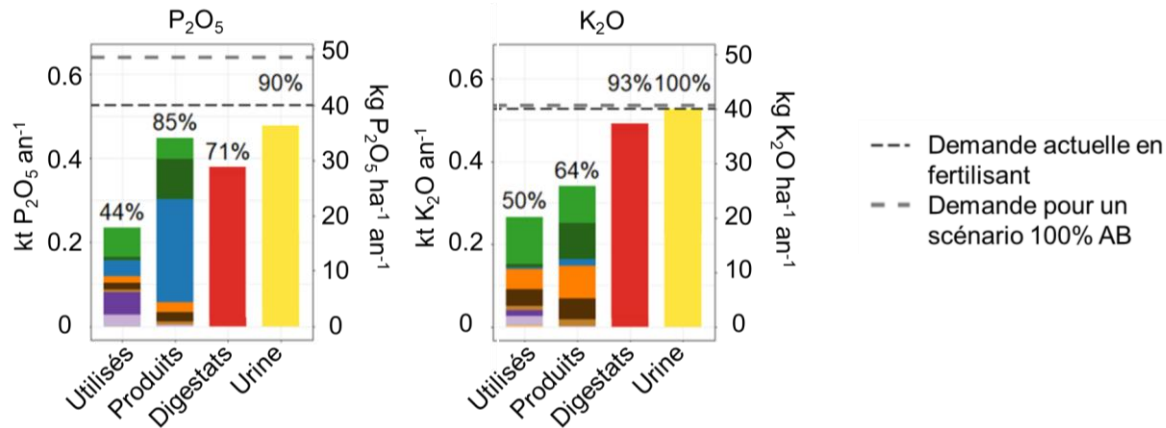
Compost déchets verts (DV)
Compost DV + farines animales
Boues STEP
Fumier cheval

Fumier bovin et ovin
Lisier bovin
Compost lisier porc
Fientes

Engrais organiques commerciaux
Vinasse
Digestat biodéchets
Urine humaine

➤ Contribution aux besoins en nutriments et au stockage de C

- Déjà forte contribution aux besoins P, K et potentiel + important si relocalisation du recyclage
- Faible contribution à court ou long terme aux besoins N, potentiel des digestats ou de l'urine



Compost déchets verts (DV)
 Compost DV + farines animales
 Boues STEP
 Fumier cheval

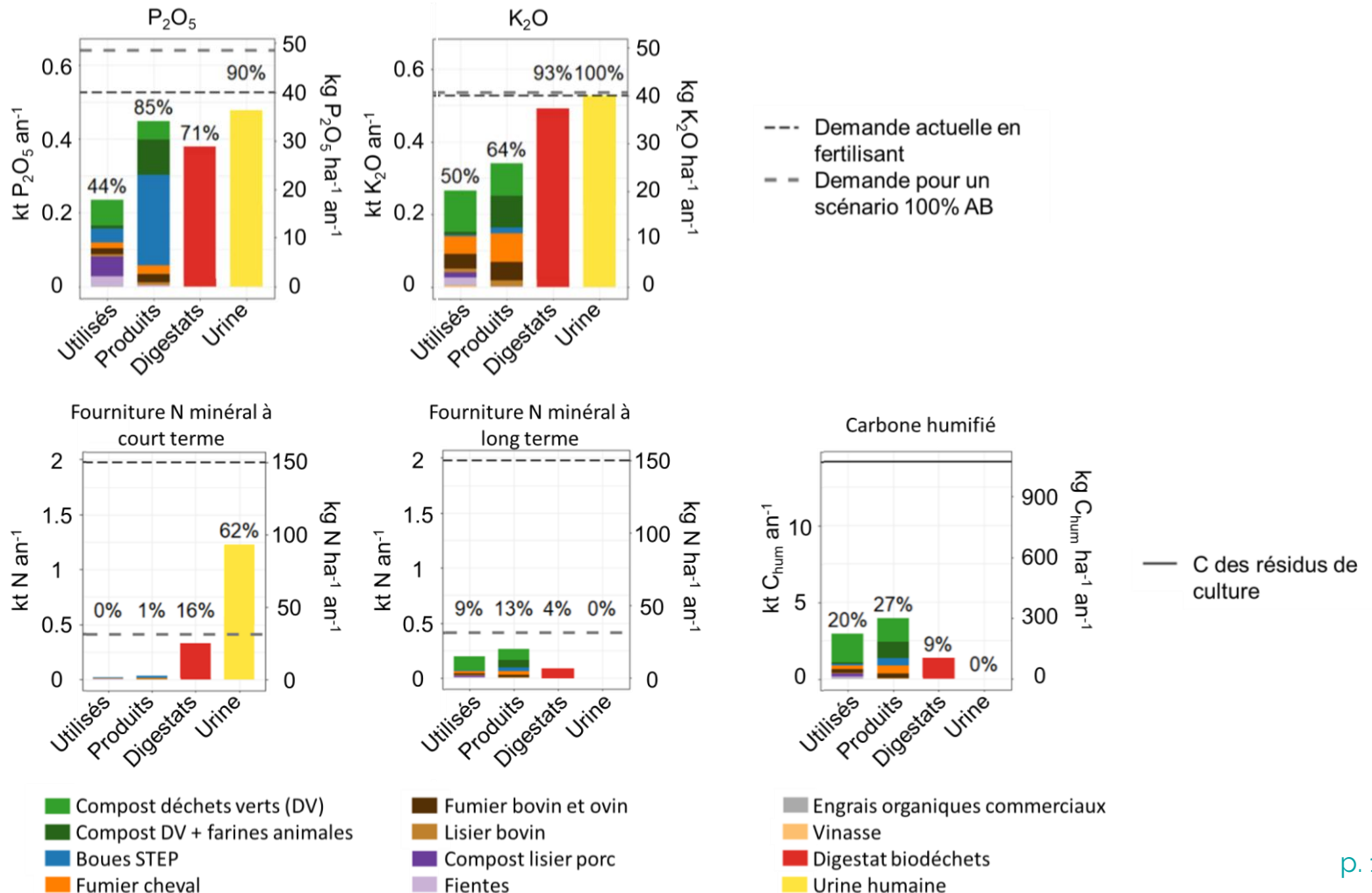
Fumier bovin et ovin
 Lisier bovin
 Compost lisier porc
 Fientes

Engrais organiques commerciaux
 Vinasse
 Digestat biodéchets
 Urine humaine

adapté de
 Moinard et
 al. (2021)

➤ Contribution aux besoins en nutriments et au stockage de C

- Déjà forte contribution aux besoins P, K et potentiel + important si relocalisation du recyclage
- Faible contribution à court ou long terme aux besoins N, potentiel des digestats ou de l'urine
- Contribution non négligeable au stockage de C par rapport aux résidus de culture



adapté de Moinard et al. (2021)

> Plan

- Valeur fertilisante azotée des PRO
- Contribution à la matière organique
- Conception et évaluation de systèmes avec des PRO
- Flux de PRO et de nutriments dans le territoire / adéquation aux besoins de l'agriculture
- Conclusion et perspectives

> Conclusion

- Bonnes connaissances des PRO du territoire, sur leur caractéristiques, leur valeur fertilisante N et amendante
- Gisement actuel contribue déjà fortement à la MO du sol
- Gisement insuffisant sur le territoire pour l'autosuffisance (surtout en N)
- Des sources alternatives avec un gros potentiel théorique (digestat de biodéchets, urine)
- Besoin de combiner à d'autres changements pour améliorer l'autonomie : légumineuses, couverts, \searrow besoins (AB...)
- Des outils développés pour aider à l'évaluation de systèmes de culture alternatifs, mobilisant PRO et légumineuses



> Perspectives

- Poursuite du travail dans d'autres projets :
 - Mieux prédire la disponibilité de l'azote et leur contribution à la matière organique du sol
 - Améliorer les outils pour considérer davantage d'effets des PRO (tassement du sol...)
 - Caractériser les ressources en PRO sur d'autres territoires contrastés et leur contribution potentielle aux besoins de l'agriculture / stockage C
 - Intérêt des PRO en maraîchage
 - Recherche de contaminants et effets écotox, émissions de polluants atmosphériques
 - Mieux connaître les pratiques d'épandage à des échelles larges (télédétection)
 - ...
- Projets en cours sur la méthanisation (dont CIVE)

- Et pour vous ?

