



SOERE PRO Assemblée Générale

3 décembre 2021

Rennes – UMR SAS & visioconférence



La méthanisation des effluents d'élevage peut diminuer l'utilisation d'engrais de synthèse, augmenter le stockage de C dans les sols, et augmenter la volatilisation d'ammoniac à l'échelle de la ferme : rôle clef de l'import de déchets et évaluation de différentes pratiques de gestion.

Victor Moinard¹, Antoine Savoie², Younès Bareha³, Romain Girault³, Florent Levavasseur¹, Jean-Marie Paillat^{4,5}, Sabine Houot¹

1: UMR ECOSYS, Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, Thiverval-Grignon, France

2: UE PAO, INRAE, Nouzilly, France

3: UR OPAALE, INRAE, Rennes, France

4: UPR Recyclage et risques, CIRAD, Montpellier, France

5: UPR ADI-Suds, ISTOM, Angers, France

Cadre de l'étude

Méthanisation des effluents d'élevage bovin à la ferme

Effluents bovins

Autres déchets organiques



→ **Biogaz** (CH_4 , CO_2)
Énergie renouvelable

→ **Digestat**
Valorisation en agriculture
Matière fertilisante organique

Cadre de l'étude

Méthanisation des effluents d'élevage bovin à la ferme

Effluents bovins

Autres déchets organiques



→ **Biogaz** (CH₄, CO₂)
Énergie renouvelable

→ **Digestat**
Valorisation en agriculture
Matière fertilisante organique

Effluents d'élevage → Digestats

Cadre de l'étude

Méthanisation des effluents d'élevage bovin à la ferme

Effluents bovins

Autres déchets organiques



→ **Biogaz** (CH₄, CO₂)
Énergie renouvelable

→ **Digestat**
Valorisation en agriculture
Matière fertilisante organique

Effluents d'élevage → Digestats

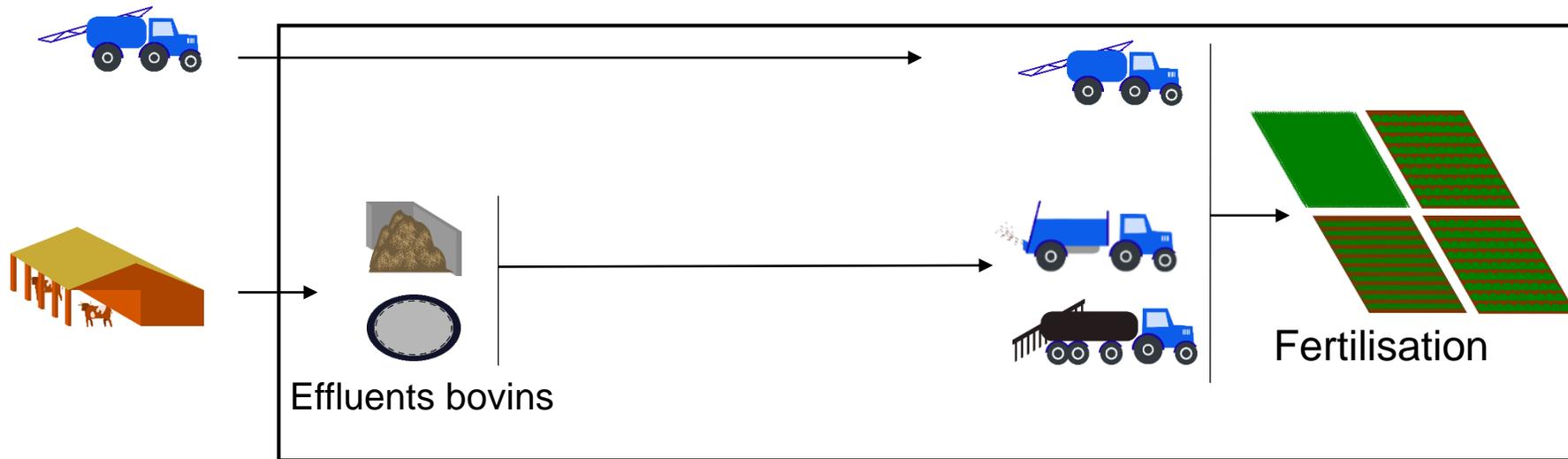
⊕ Production d'énergie,
recyclage des nutriments

⊖ Quels risques de pollution ?

⊙ Digestats : quels effets sur les sols ?

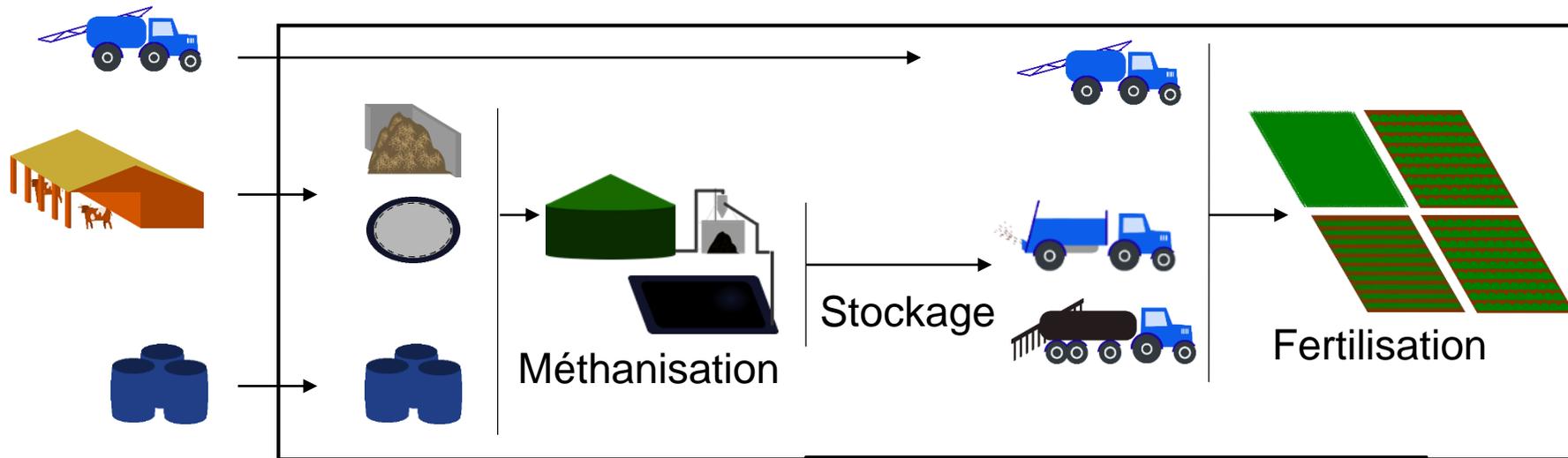
Effets de la méthanisation à l'échelle de l'exploitation

Engrais de synthèse



Effets de la méthanisation à l'échelle de l'exploitation

Engrais de synthèse

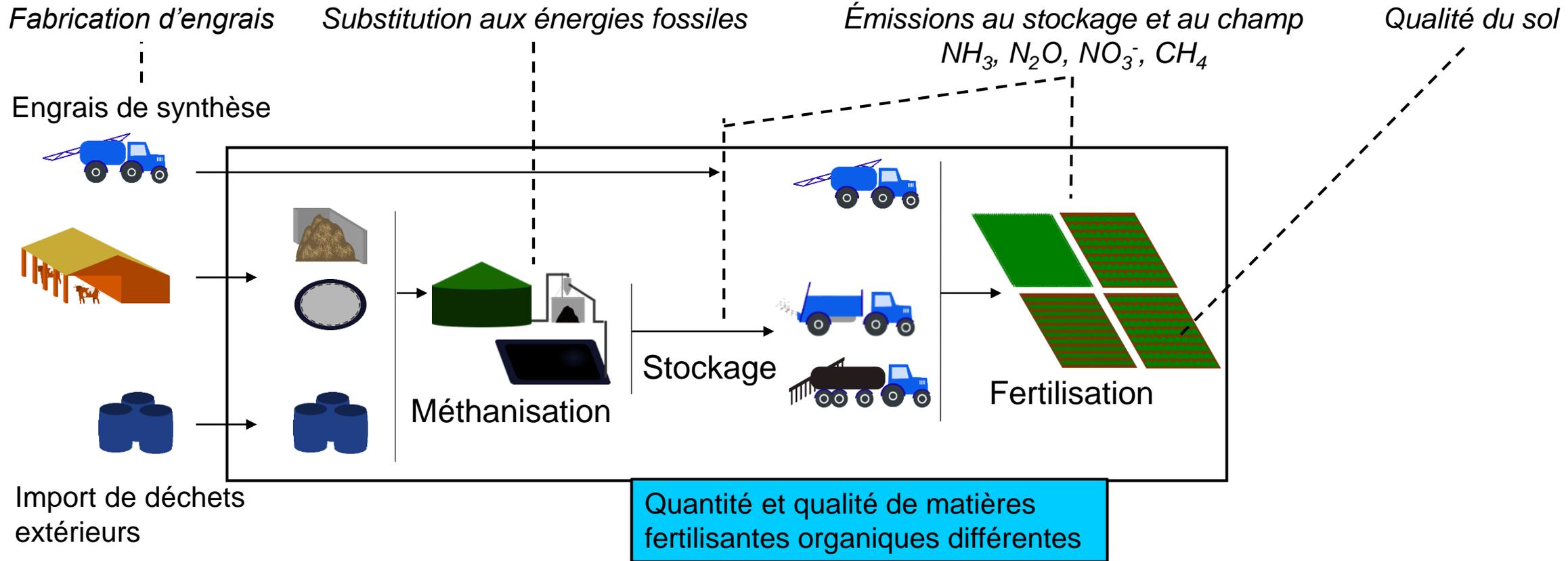


Import de déchets extérieurs

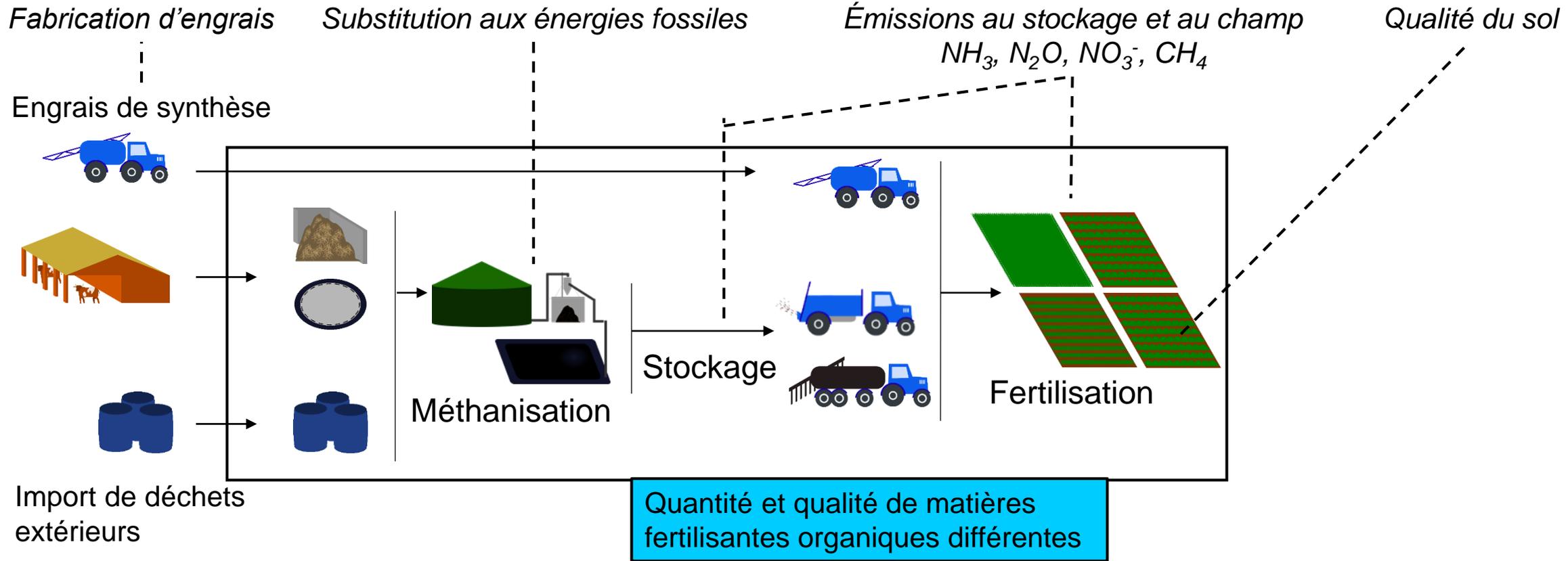
Quantité et qualité de matières fertilisantes organiques différentes

Evolution du système de culture

Effets de la méthanisation à l'échelle de l'exploitation



Effets de la méthanisation à l'échelle de l'exploitation



Comment considérer l'ensemble des effets de l'introduction d'un méthaniseur ?

Effets nombreux et en interactions

Trop large pour faire de l'expérimentation



Objectifs

Quantifier les effets de l'introduction d'un méthaniseur dans une exploitation agricole ?
Cas des flux de C et de N

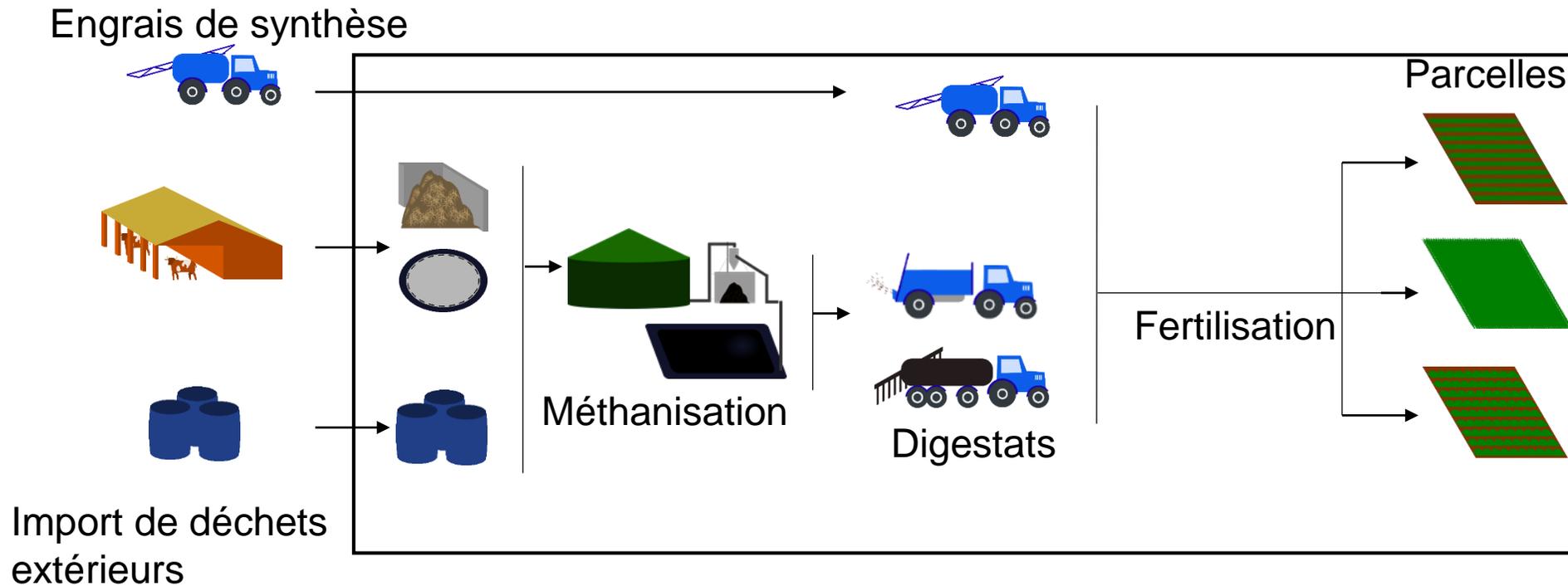
Méthode

Modélisation à l'échelle de l'exploitation agricole

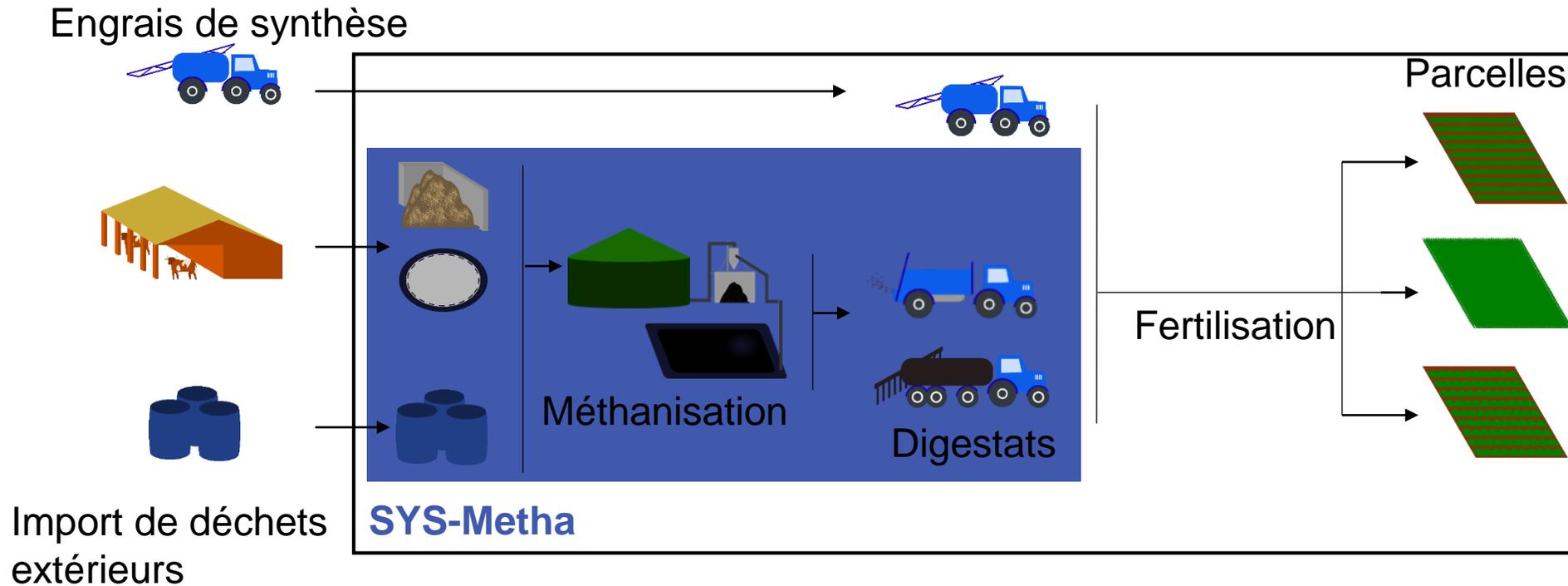


Présentation du modèle

Modèle à l'échelle d'une exploitation de polyculture-élevage bovin laitier



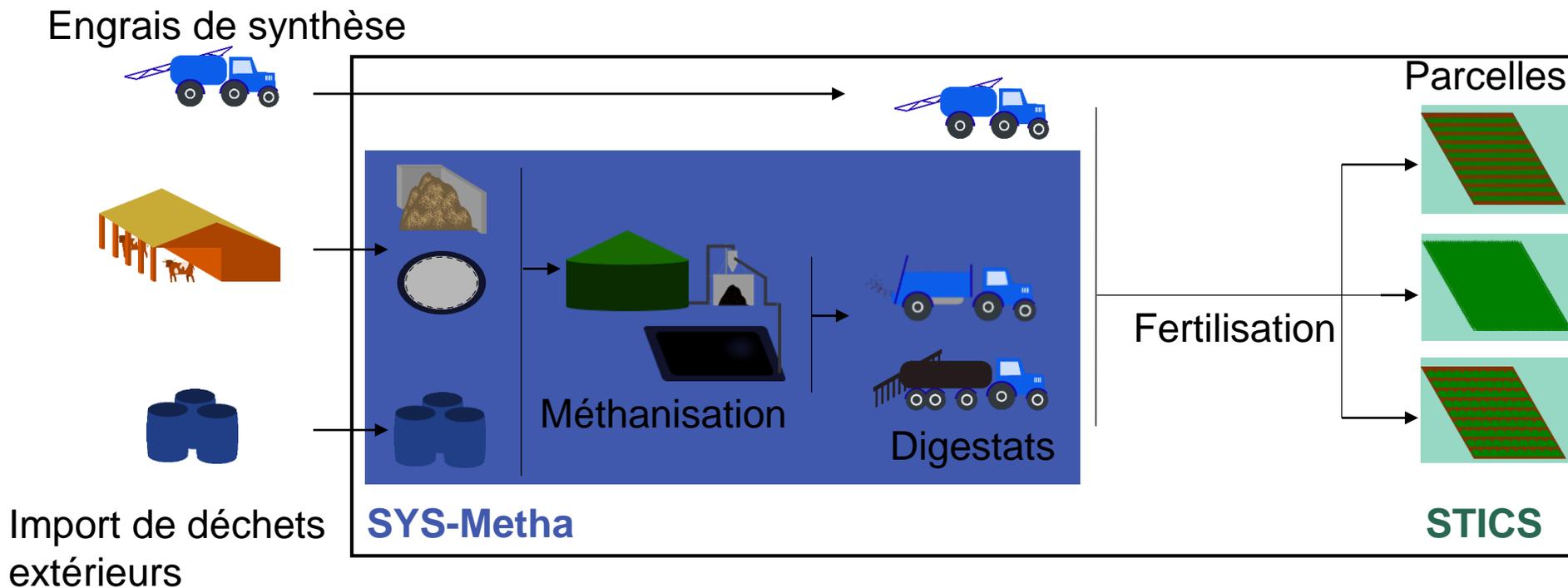
Modèle à l'échelle d'une exploitation de polyculture-élevage bovin laitier



SYS-Metha (Bareha et al., 2021)

- modèle très intéressant pour prédire simplement la qualité du digestat
- Biogaz et émissions au stockage

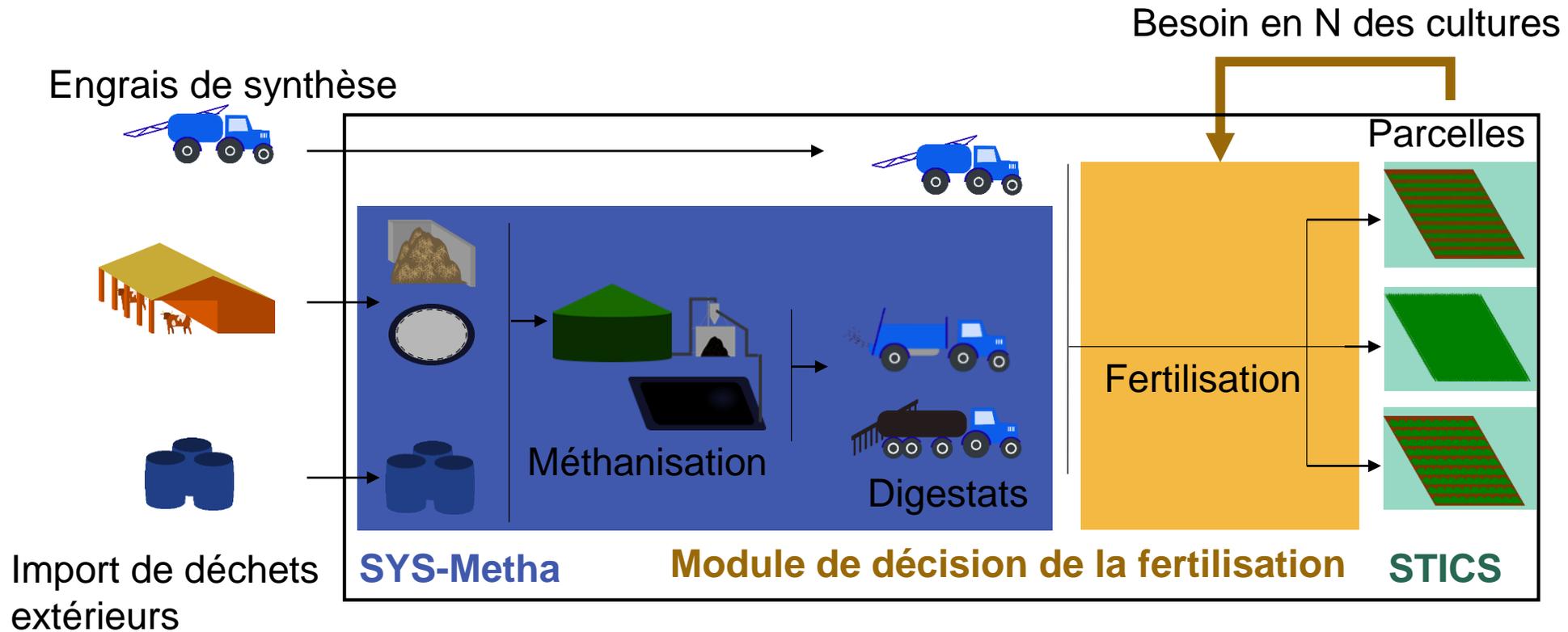
Modèle à l'échelle d'une exploitation de polyculture-élevage bovin laitier



STICS (sol et culture ; Brisson et al., 2008) + **ALFAM2** (volatilisation NH_3 ; Hafner et al., 2019)

→ Simulation de l'épandage de digestat au champ

Modèle à l'échelle d'une exploitation de polyculture-élevage bovin laitier



- Répartition des digestats selon des règles de décisions
- Prédiction de l'utilisation des engrais de synthèse pour avoir des rendements constant



Scénarios

Description des scénarios modélisés

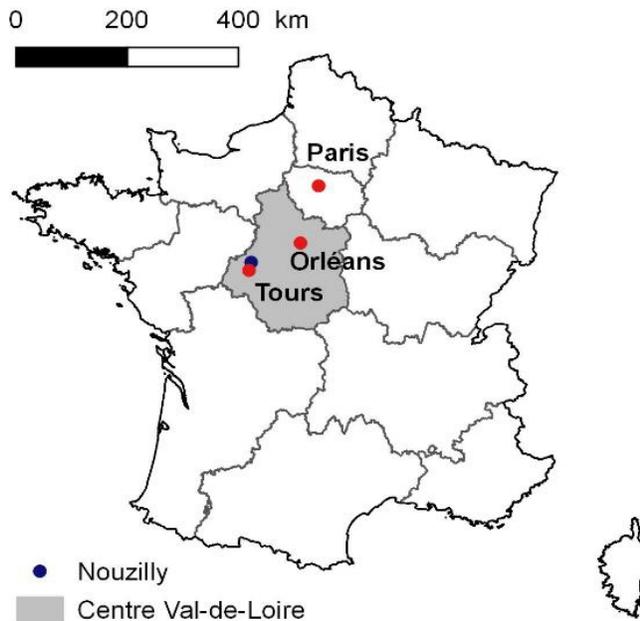
Conditions pédo-climatiques

1 sol (Luvisol, Nouzilly)

Climat océanique (11,9°C, 650 mm)

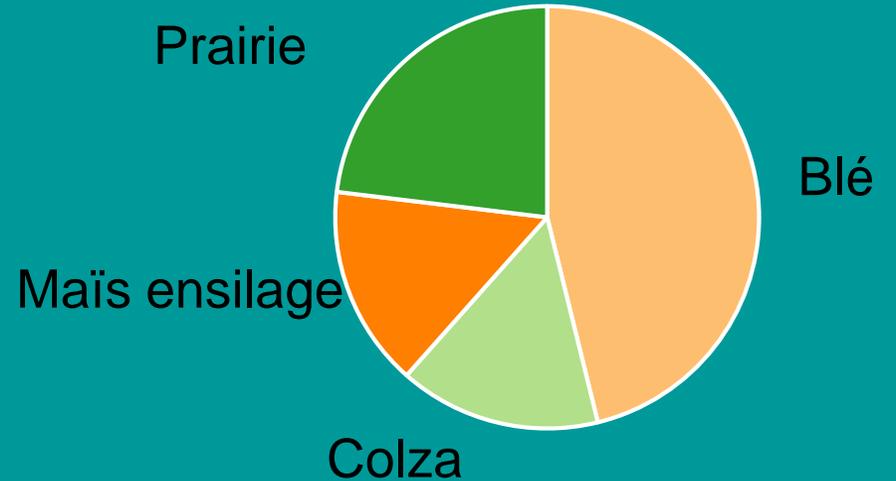
1 année climatique répétée pendant 20 ans

choix : 2010 = référence
5 autres années possibles



Assolement

300 ha de cultures ; 10 parcelles

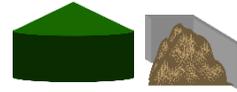
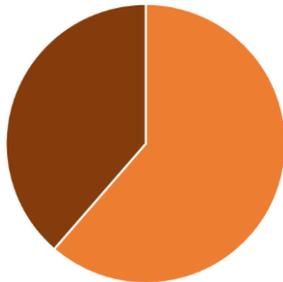


Description des scénarios modélisés

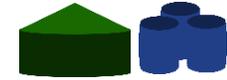
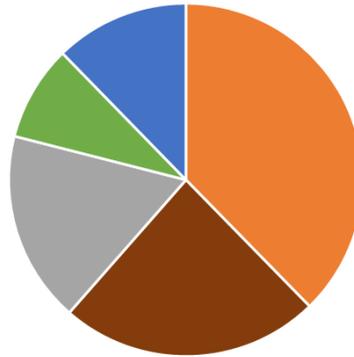
Traitement des effluents



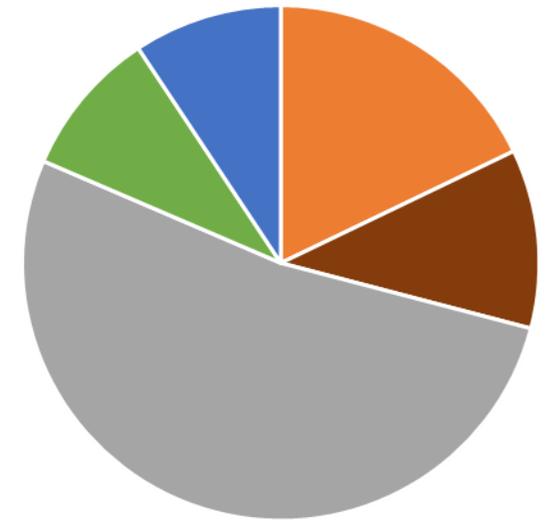
Pas de méthaniseur
1370 t d'effluents bovin



Méthaniseur à la ferme
2200 t de déchets
à majorité agricoles



Méthaniseur à la ferme
4700 t de déchets à majorité
urbains et industriels



Lisier bovin

Fumier bovin

Déchets urbains et industriels

Autres déchets agricoles

Eaux sales

Scénario idéal :

couverture fosse (lisier et digestat), séparation de phase, enfouissement après 24 h si possible



Résultats

Résultats de simulations : effets de l'import de déchets

Import de matières

Biogaz

Épandage de matières
fertilisantes organiques

Émissions polluantes



Résultats de simulations : effets de l'import de déchets

Import de matières

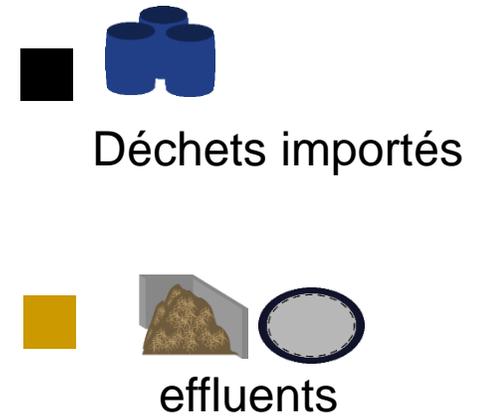
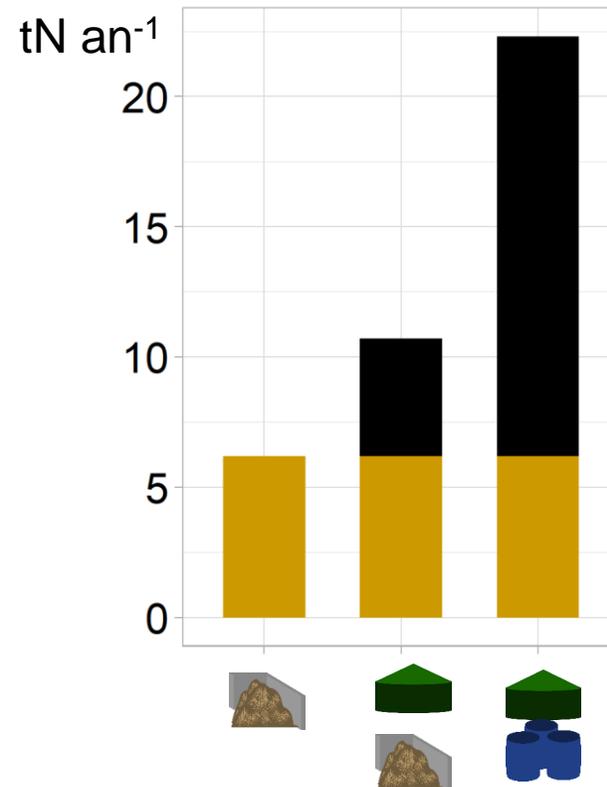
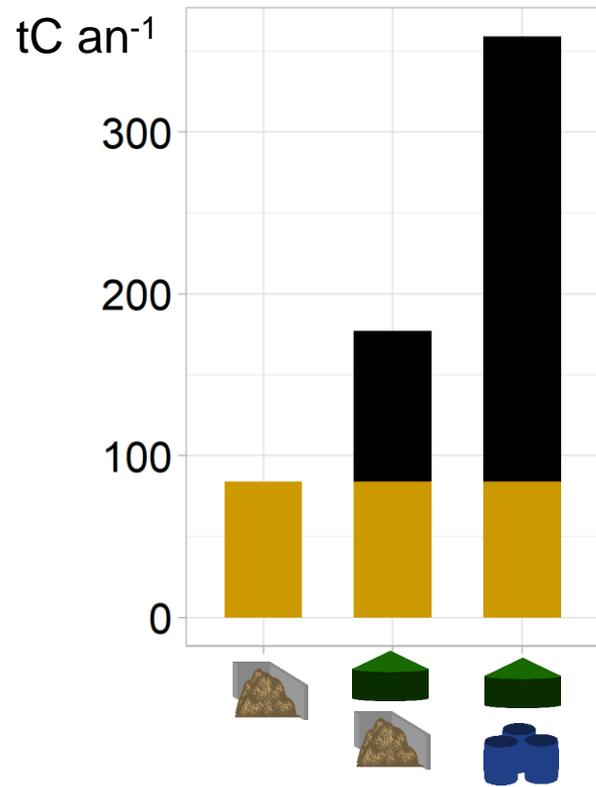
Biogaz

Épandage de matières
fertilisantes organiques

Émissions polluantes

C dans les effluents
et déchets organiques importés

N dans les effluents
et déchets organiques importés



Résultats de simulations : effets de l'import de déchets

Import de matières

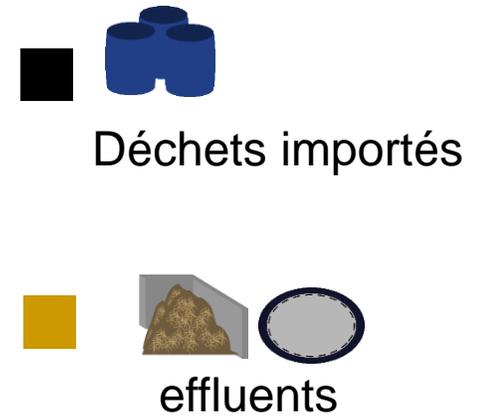
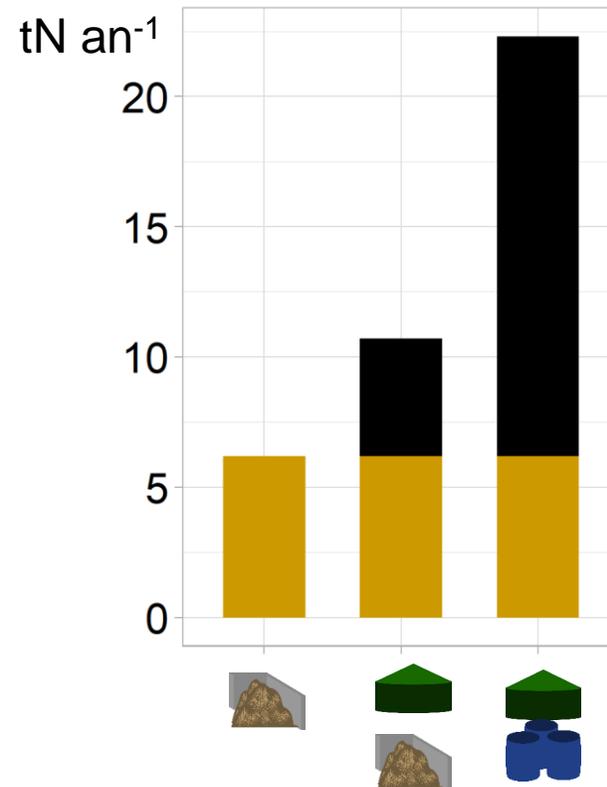
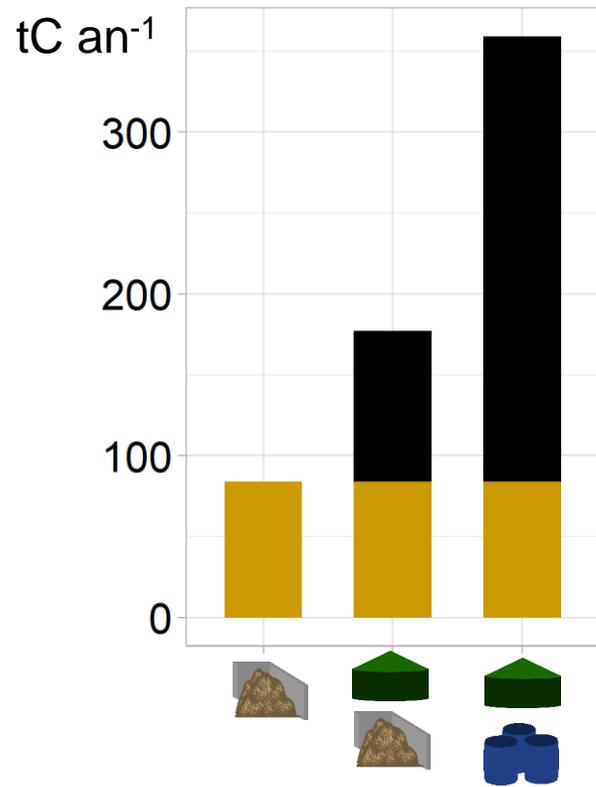
Biogaz

Épandage de matières
fertilisantes organiques

Émissions polluantes

C dans les effluents
et déchets organiques importés

N dans les effluents
et déchets organiques importés



Les apports de déchets extérieurs sont un facteur majeur influant sur les flux de C et N

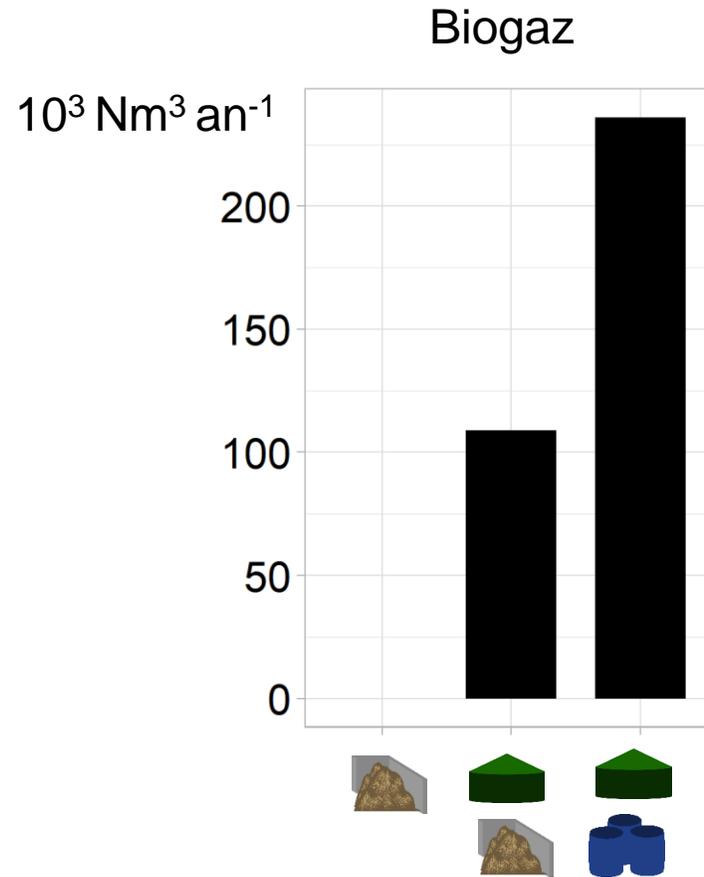
Résultats de simulations : effets de l'import de déchets

Import de matières

Biogaz

Épandage de matières
fertilisantes organiques

Émissions polluantes



Résultats de simulations : effets de l'import de déchets

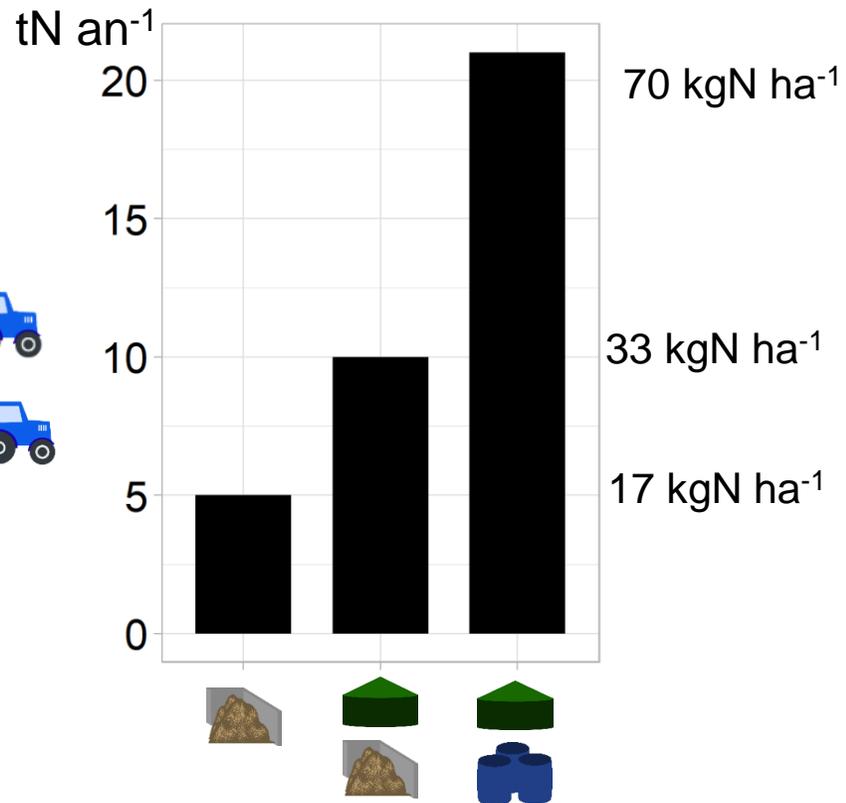
Import de matières

Biogaz

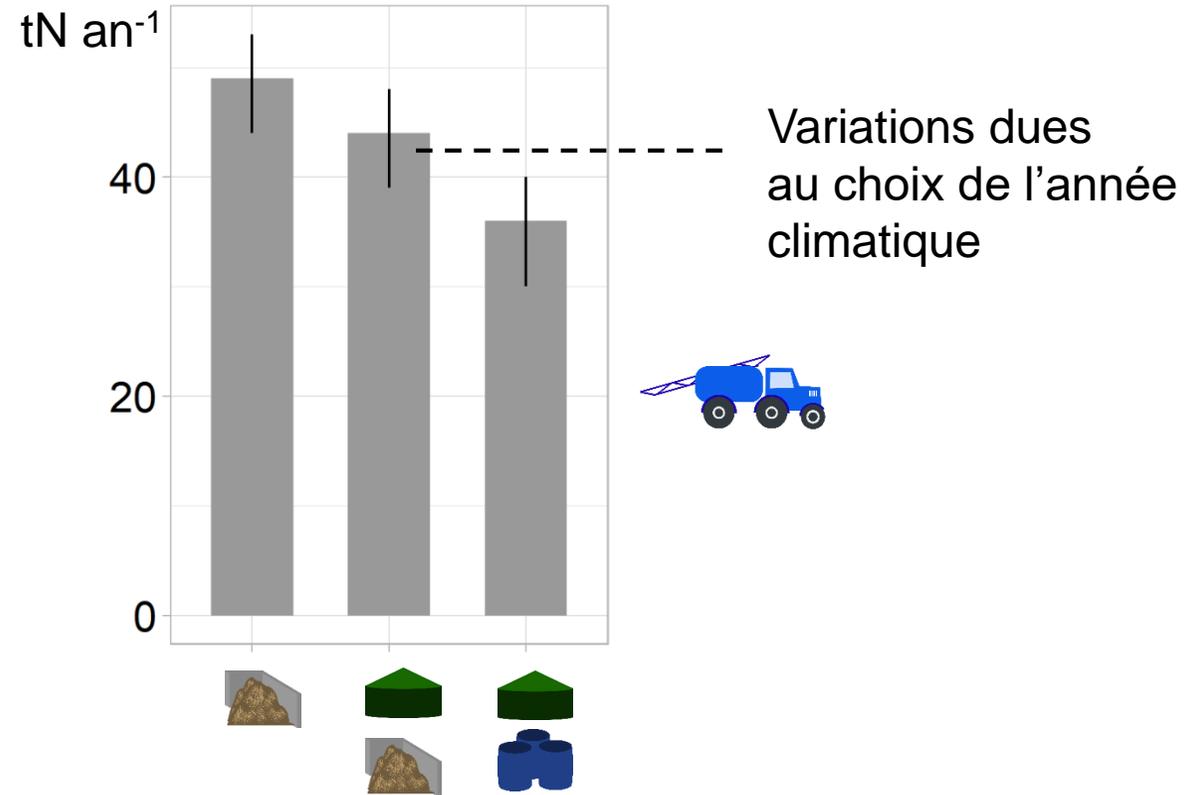
Épandage de matières
fertilisantes organiques

Émissions polluantes

N total épandu
(matières fertilisantes organiques)



N épandu (engrais de synthèse)
Moyenne sur 20 ans



Diminution de 10 – 30%

Résultats de simulations : effets de l'import de déchets

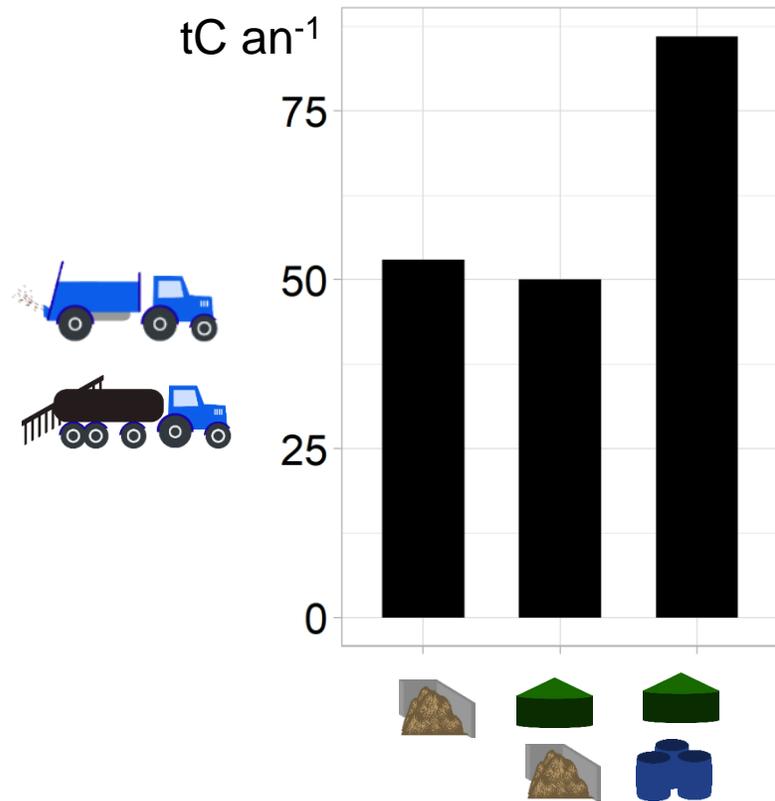
Import de matières

Biogaz

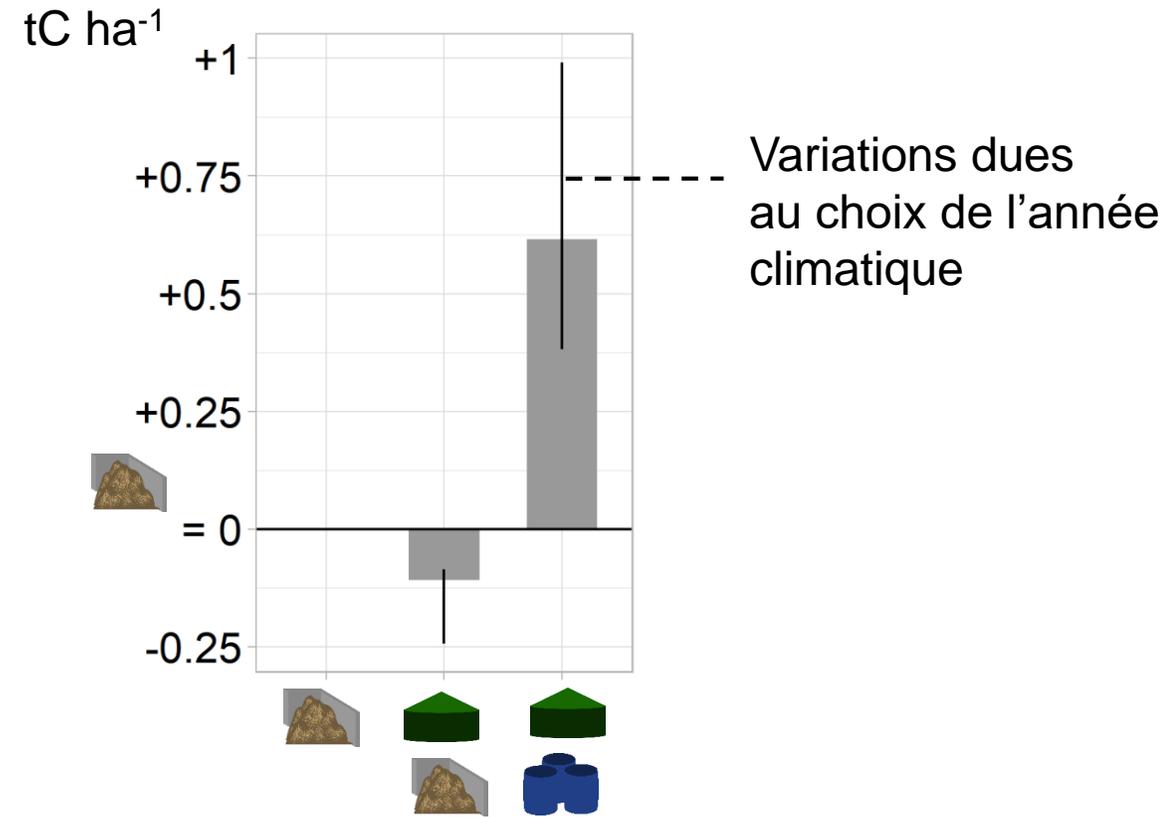
Épandage de matières
fertilisantes organiques

Émissions polluantes

C épandu
(matières fertilisantes organiques)



Stockage relatif de C dans les sols (à 20 ans)



-0,3‰ à +1,4‰ par an

Résultats de simulations : effets de l'import de déchets

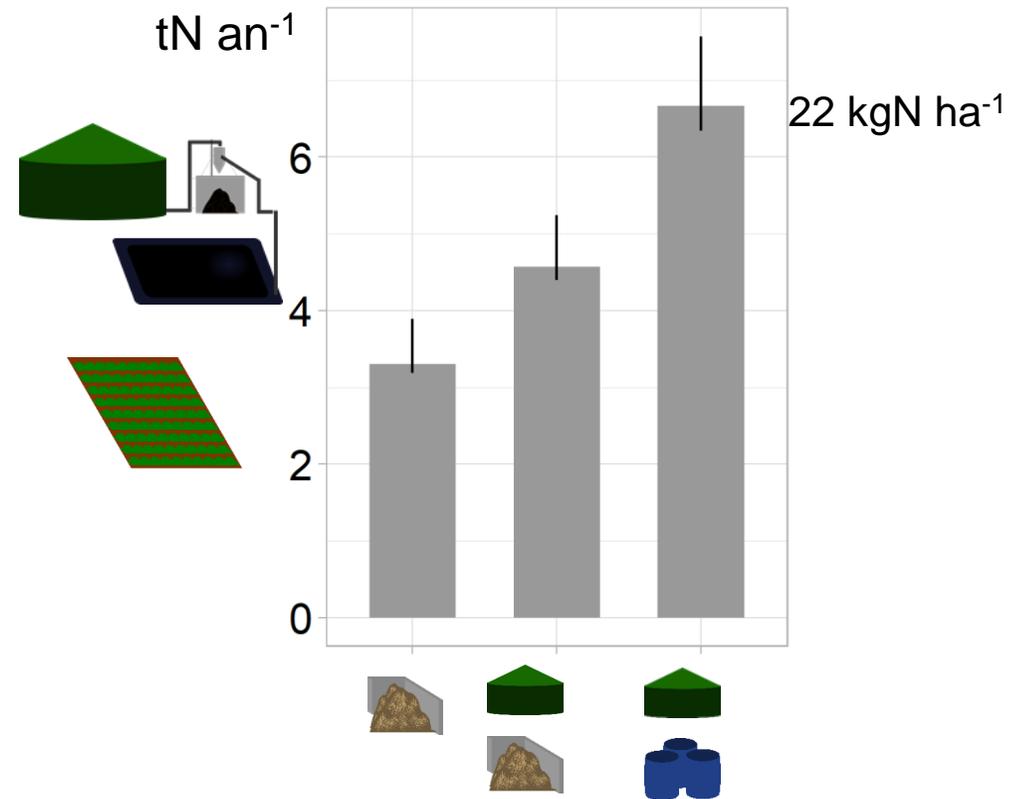
Import de matières

Biogaz

Épandage de matières
fertilisantes organiques

Émissions polluantes

Volatilisation de NH_3 (stockage et épandage)



Augmentation de 30 – 100%

Résultats de simulations : effets de l'import de déchets

Import de matières

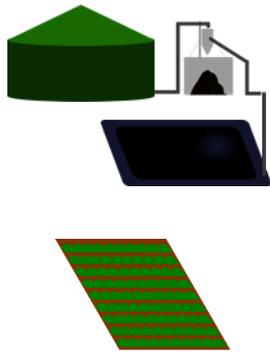
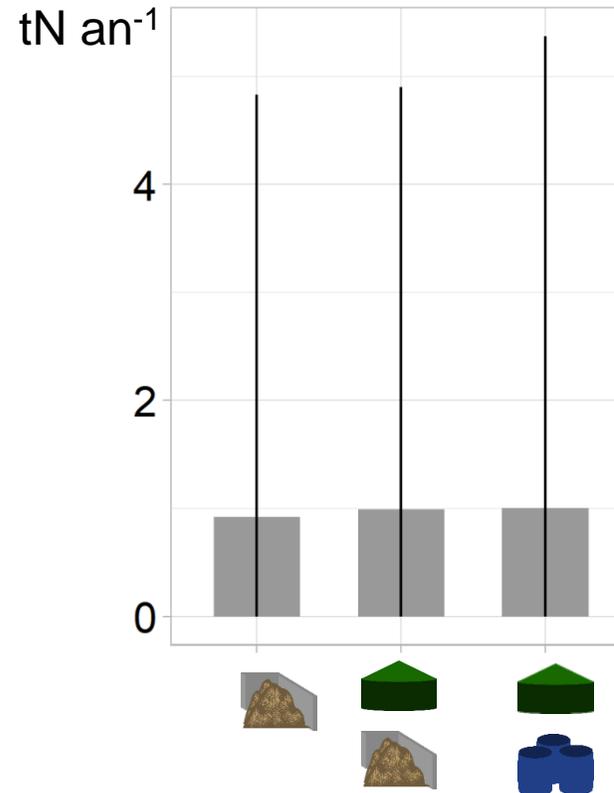
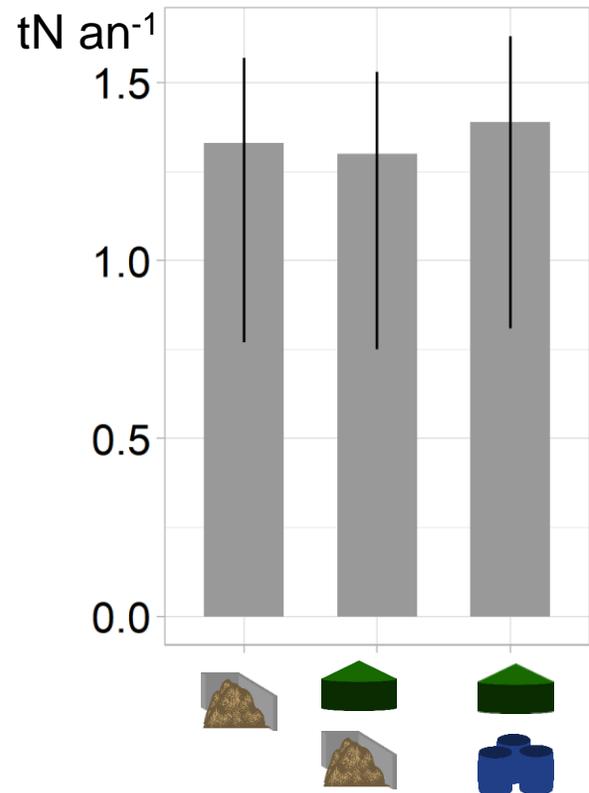
Biogaz

Épandage de matières
fertilisantes organiques

Émissions polluantes

N₂O
(stockage et épandage)

Lixiviation de nitrates

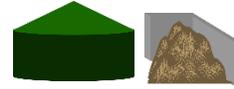


**Pas d'effet notable sur la lixiviation de nitrates
ou les émissions de N₂O dans nos conditions**

Résultats de simulations : résumé



= référence



Engrais de synthèse



Production de biogaz



Stocks de C dans les sols



NH₃



N₂O



Nitrates



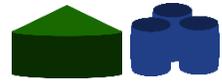
Résultats de simulations : résumé



Importance de l'import de déchets :

- ↘ engrais de synthèse
- ↗ NH_3
- ↗ stockage de C du sol

Résultats de simulations : comparaison de pratiques sur la volatilisation de NH_3



Lagune de stockage du digestat liquide non couverte

Littérature

↑ NH_3 Kupper et al. (2021)

Effets indirects au champ ?

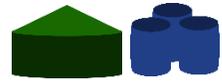
Simulation

NH_3 : ↑ 51% – 65%

Engrais de synthèse : ↑ 13% – 18%

→ **Très fort impact positif de la couverture de lagune**

Résultats de simulations : comparaison de pratiques sur la volatilisation de NH_3



Littérature

Lagune de stockage du digestat liquide non couverte

↗ NH_3 Kupper et al. (2021)

Effets indirects au champ ?

NH_3 : ↗ 51% – 65%

Engrais de synthèse : ↗ 13% – 18%

→ **Très fort impact positif de la couverture de lagune**

Injection du digestat dans le sol

↘ NH_3 Maris et al. (2021)

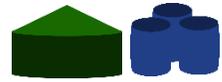
Échelle parcelle

NH_3 : ↘ 9% – 11%

→ **Impact positif limité par les contraintes du système agricole**

Simulation

Résultats de simulations : comparaison de pratiques sur la volatilisation de NH_3



Littérature

Lagune de stockage du digestat liquide non couverte

↗ NH_3 Kupper et al. (2021)

Effets indirects au champ ?

NH_3 : ↗ 51% – 65%

Engrais de synthèse : ↗ 13% – 18%

→ **Très fort impact positif de la couverture de lagune**

Injection du digestat dans le sol

↘ NH_3 Maris et al. (2021)

Échelle parcelle

NH_3 : ↘ 9% – 11%

→ **Impact positif limité par les contraintes du système agricole**

Absence de séparation de phase

NH_3 : ↘ au stockage
↗ au champ

Baldé et al. (2018). Thèse V. Moinard.

Résultante ?

NH_3 : ↗ 1% – 7%

→ **Impact positif modéré de la séparation de phase**

Simulation



Conclusion et discussion

Perspectives de modélisation

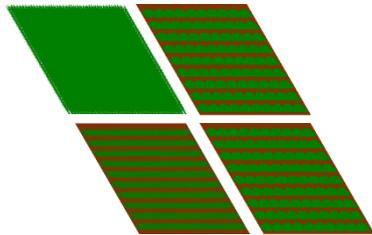
Quels risques de pollution N
dans d'autres contextes ?

  70 kgN ha⁻¹ → scénario 170kgN ha⁻¹ ?

Perspectives de modélisation

Quels risques de pollution N
dans d'autres contextes ?

  70 kgN ha⁻¹ → scénario 170kgN ha⁻¹ ?



Effets de la méthanisation sur les systèmes de cultures
Effet de l'utilisation de cultures intermédiaires

Intérêt de la modélisation à l'échelle de l'exploitation

Expériences

Analyses de Cycle de Vie

Modélisation à l'échelle de l'exploitation

Quantification plus réaliste des impacts associés à la méthanisation

Simuler des situations non mesurées (scénarios)



Merci de votre attention