



INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
TOULOUSE



Impacts de l'introduction de la méthanisation à la ferme sur les bilans Carbone et Azote de la fertilisation des cultures : Résultats de 3 ans de mesures à Nouzilly en région Centre Val-de-Loire

MétaMétha

Antoine Savoie¹, Victor Moinard², Catherine Pasquier³, Sabine Houot²

(1) INRAE UEPAO, 37380 Nouzilly ; (2) INRAE ECOSYS, 78850 Grignon ; (3) INRAE Sol, 45000 Orléans

en partenariat avec



1. Présentation du projet MétaMétha

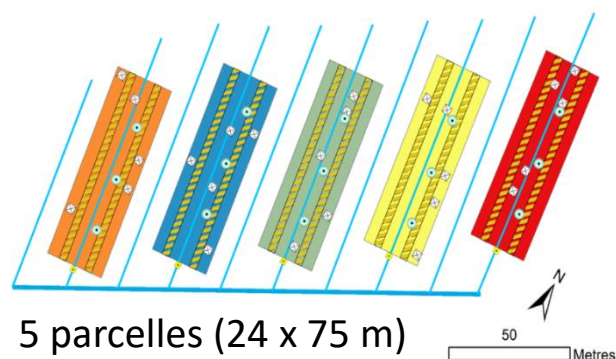
2. Résultats agronomiques liés à l'utilisation des digestats

3. Cycle de l'azote à l'échelle de la parcelle

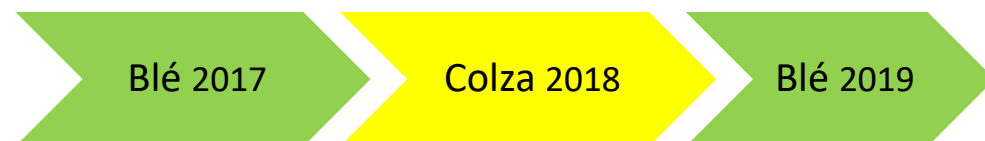
4. Vers une évaluation environnementale

Présentation de l'essai MétaMéth

- Etude de l'arrivée de la méthanisation dans une exploitation en polycultures-élevage
- Essai système
- Echelle parcelle. Grandeur nature pour tenir compte des contraintes agricoles



Systèmes	Fertilisation	Amendement
Elevage bovin	Lisier	Fumier
Grande culture	Solution N390*	/
Elevage bovin + méthaniseur avec séparation de phase	Digestat liquide	Digestat solide
Parcelle sans apport	/	/
Elevage bovin + méthaniseur	Digestat brut	Digestat brut



* 39 u N pour 100L :
 30% d'azote (N) dont :
 - 7,3 % Azote Nitrique,
 - 7,3 % Azote Ammoniacal,
 - 15,4 % Azote Uréique.

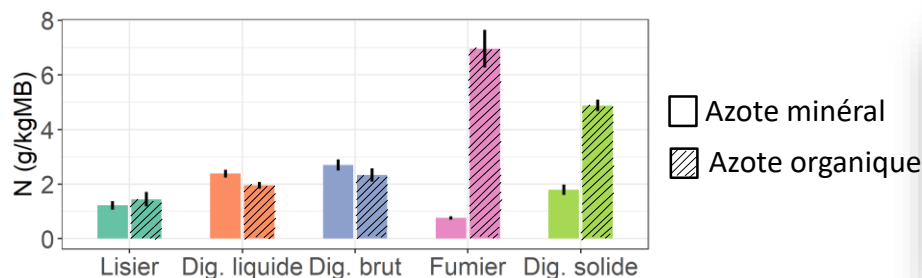
Le Méthaniseur

- Voie humide mésophile
- 250 kW élec. et 219 kW therm.
- Intrants : 12 000t/an : Effluents d'élevage, Boues de STEP, Déchets IAA

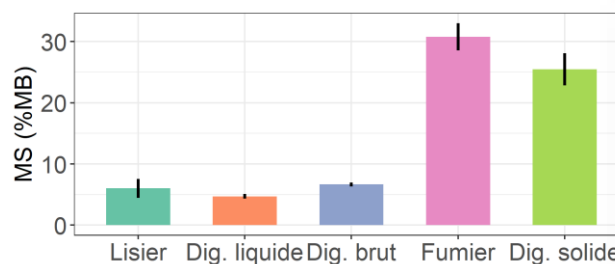
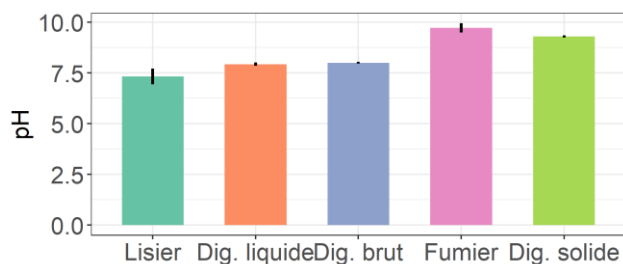


Presse à vis

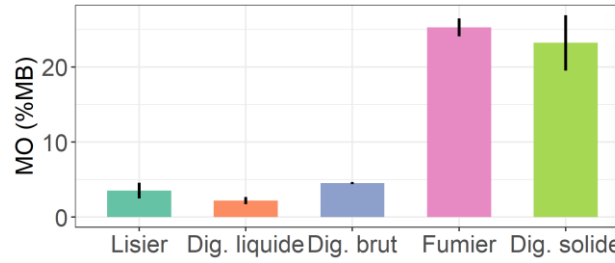
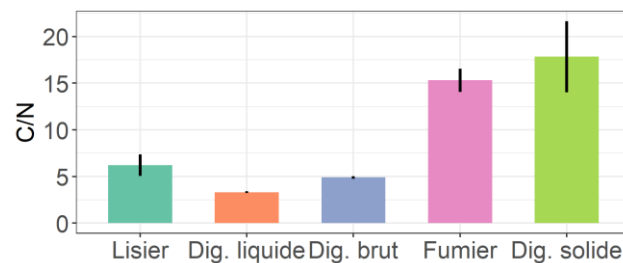
Les PRO



lisier



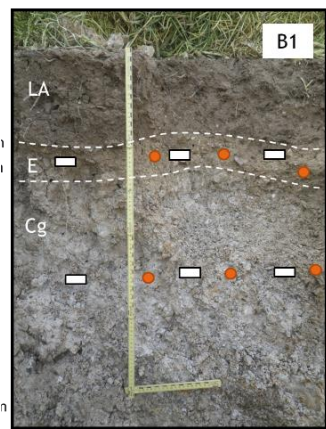
digestat liquide



digestat brut

Suivi du site MétaMéthà

Reliquats N



N exporté



Protoxyde d'azote



Ammoniac



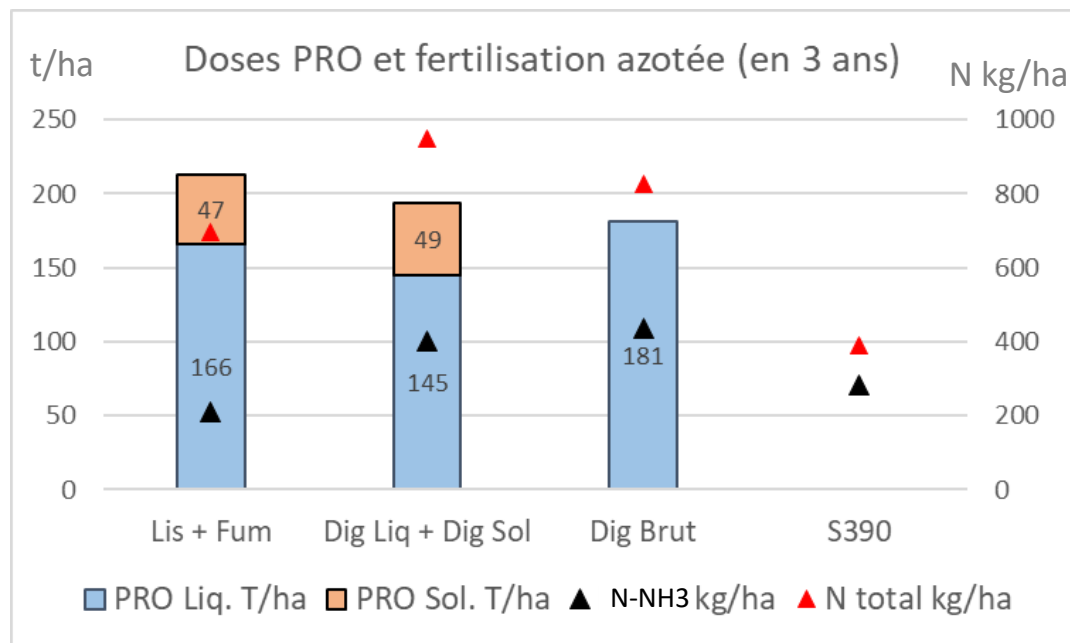
1. Présentation du projet MétaMétha

2. Résultats agronomiques liés à l'utilisation des digestats

3. Cycle de l'azote à l'échelle de la parcelle

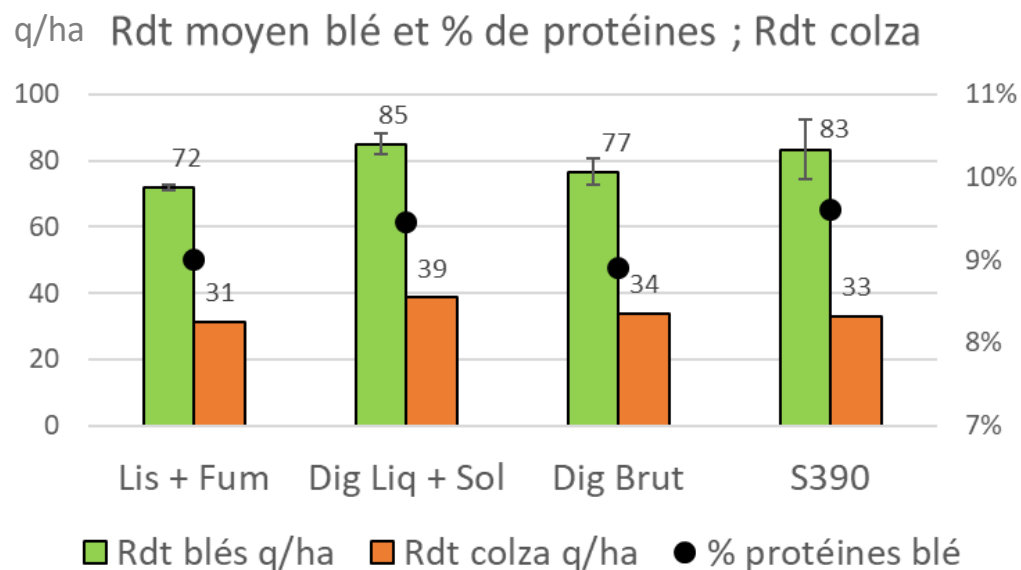
4. Vers une évaluation environnementale

Résultats agronomiques



- Avec les mêmes tonnages de PRO épandus, on atteint de plus hauts niveaux de fertilisation avec les digestats,

- Des rendements corrects peuvent être assurés grâce aux digestats
- Digestats > lisier
- Mais taux de protéines trop faibles car pas de « 3^e apport »
=> système mix



Synthèse économique

- Le lieu de stockage des PRO est proche du plan d'épandage (< 3km)
- Prix des PRO = 0

en €/ha.an	Lis + Fum	Dig Liq + Sol	Dig Brut	S 390
PRODUITS	1427	1666	1481	1580
CHARGES OPE	203	197	197	288
CHARGES MECA	328	333	332	216
CHARGES MO	69	70	72	35
MARGE BRUTE	1224	1469	1284	1292
MARGE SEMI NETTE	897	1136	952	1076
MARGE SEMI NETTE - MO	828	1066	881	1041

- Après déduction de la Main d'œuvre, Digestats séparés et N390 ont des marges semi-nettes équivalentes
- Fertiliser avec des digestats n'impacte pas le bilan économique de l'activité agricole dans les conditions de l'étude

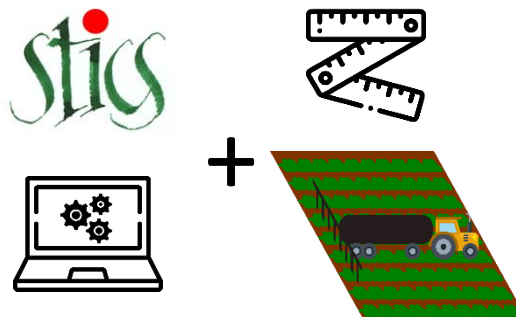
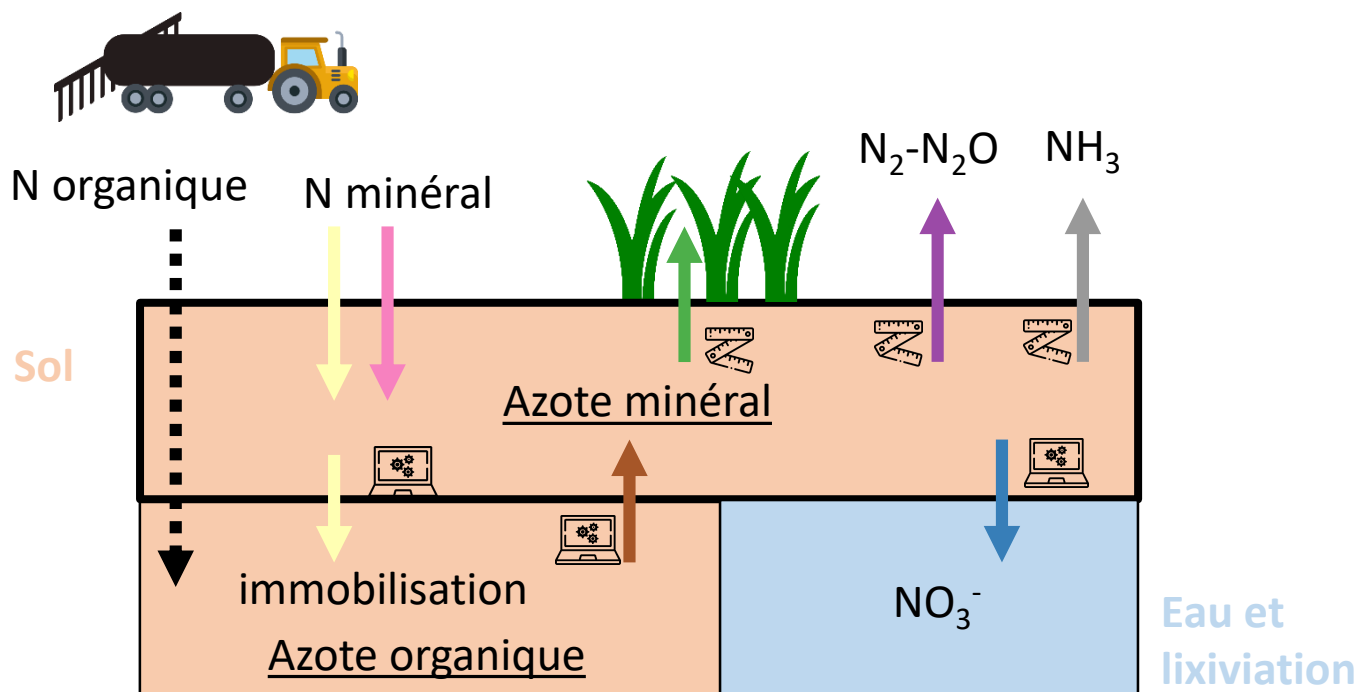
1. Présentation du projet MétaMétha

2. Résultats agronomiques liés à l'utilisation des digestats

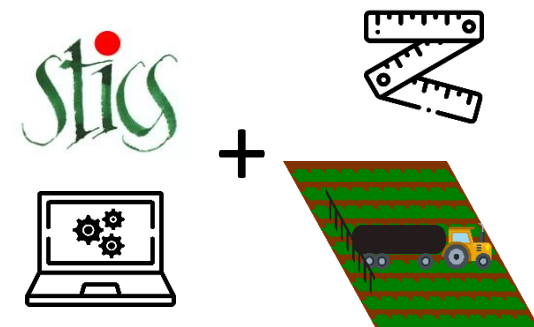
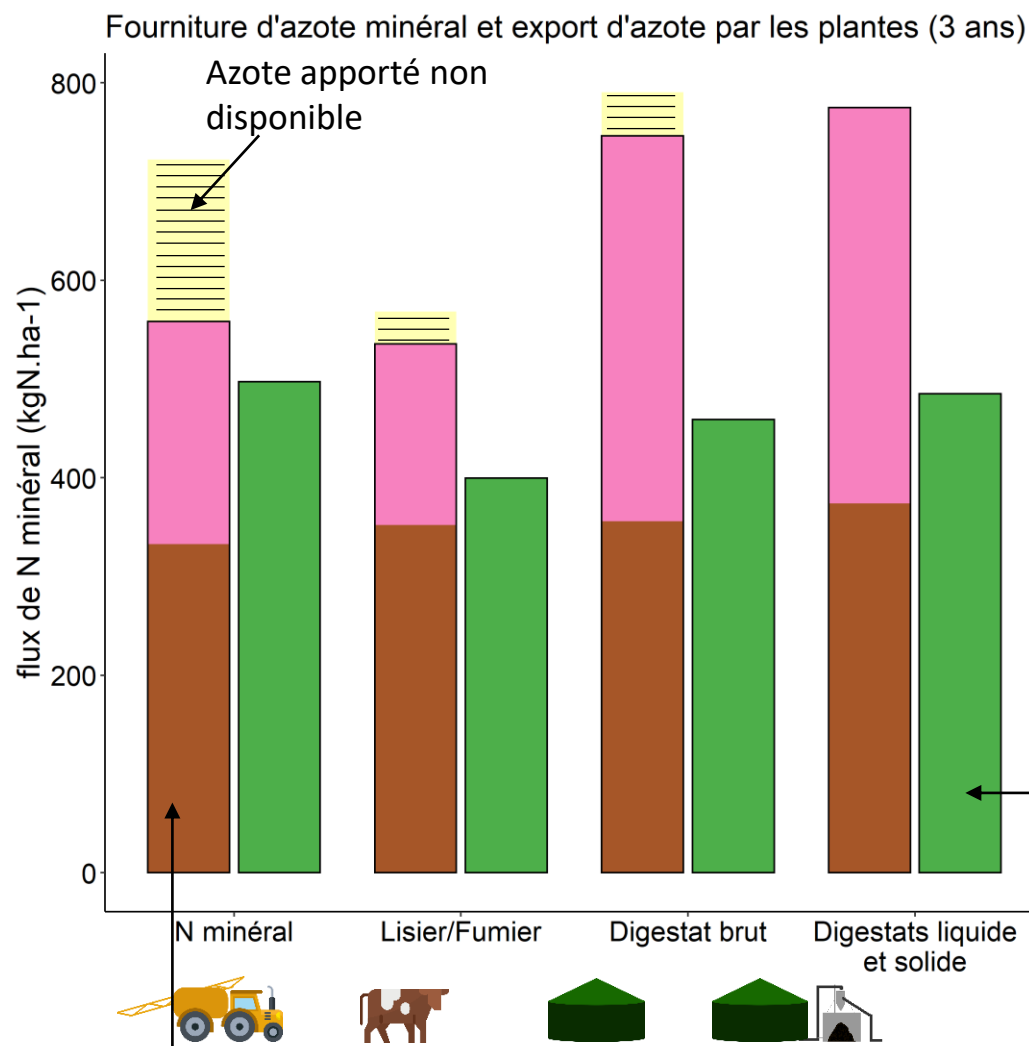
3. Cycle de l'azote à l'échelle de la parcelle

4. Vers une évaluation environnementale

Bilan d'azote minéral : quel azote est disponible pour les plantes ?



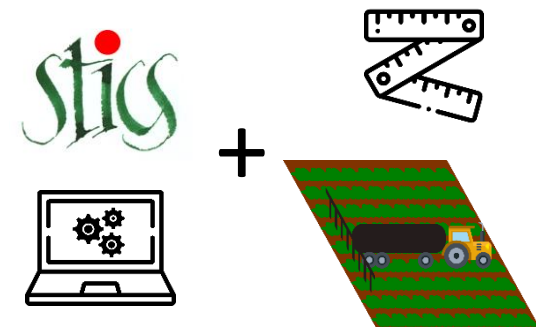
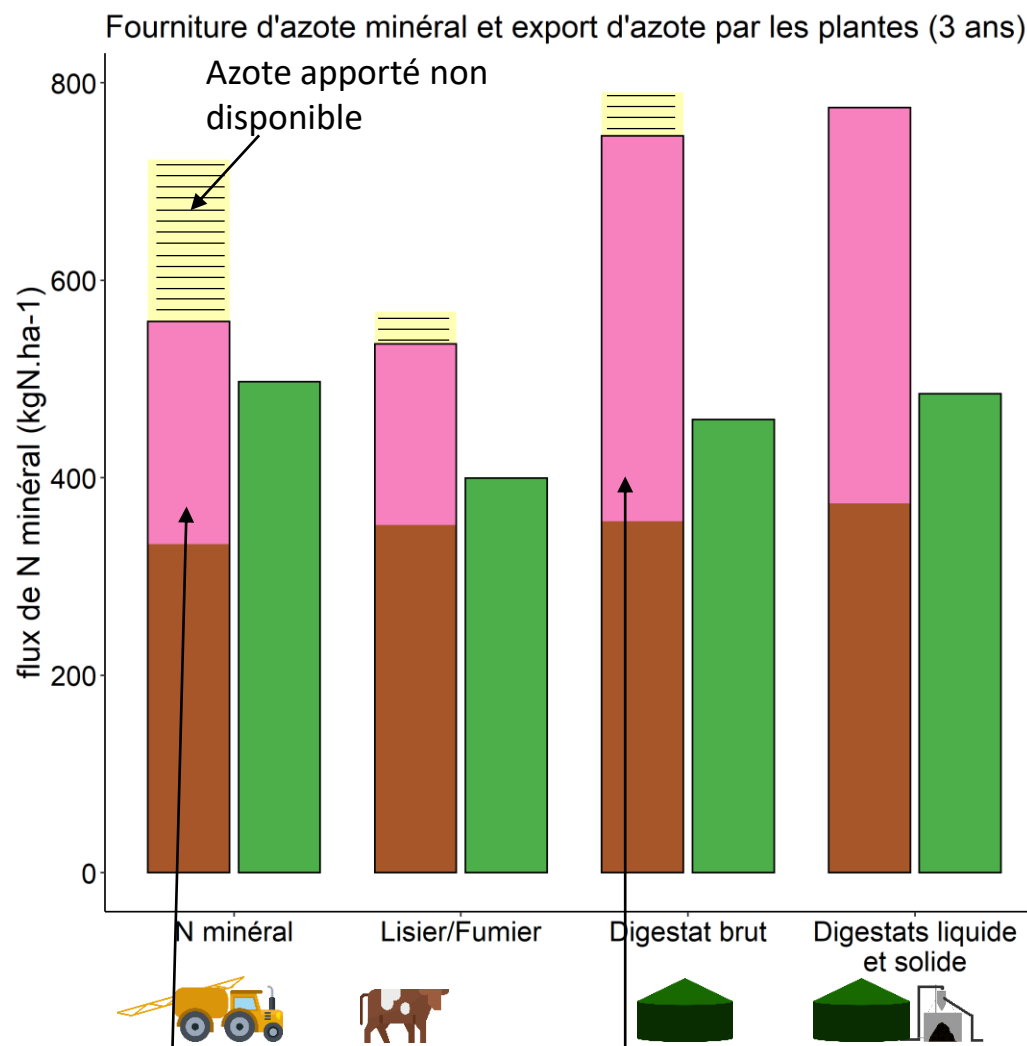
Bilan d'azote minéral : quel azote pour les plantes ?



Droite = assimilation des plantes

Gauche = fourniture d'azote

Bilan d'azote minéral : quel azote pour les plantes ?

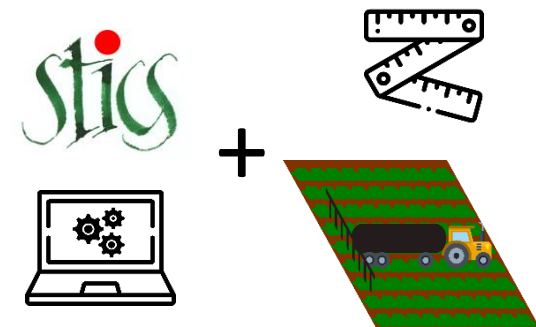
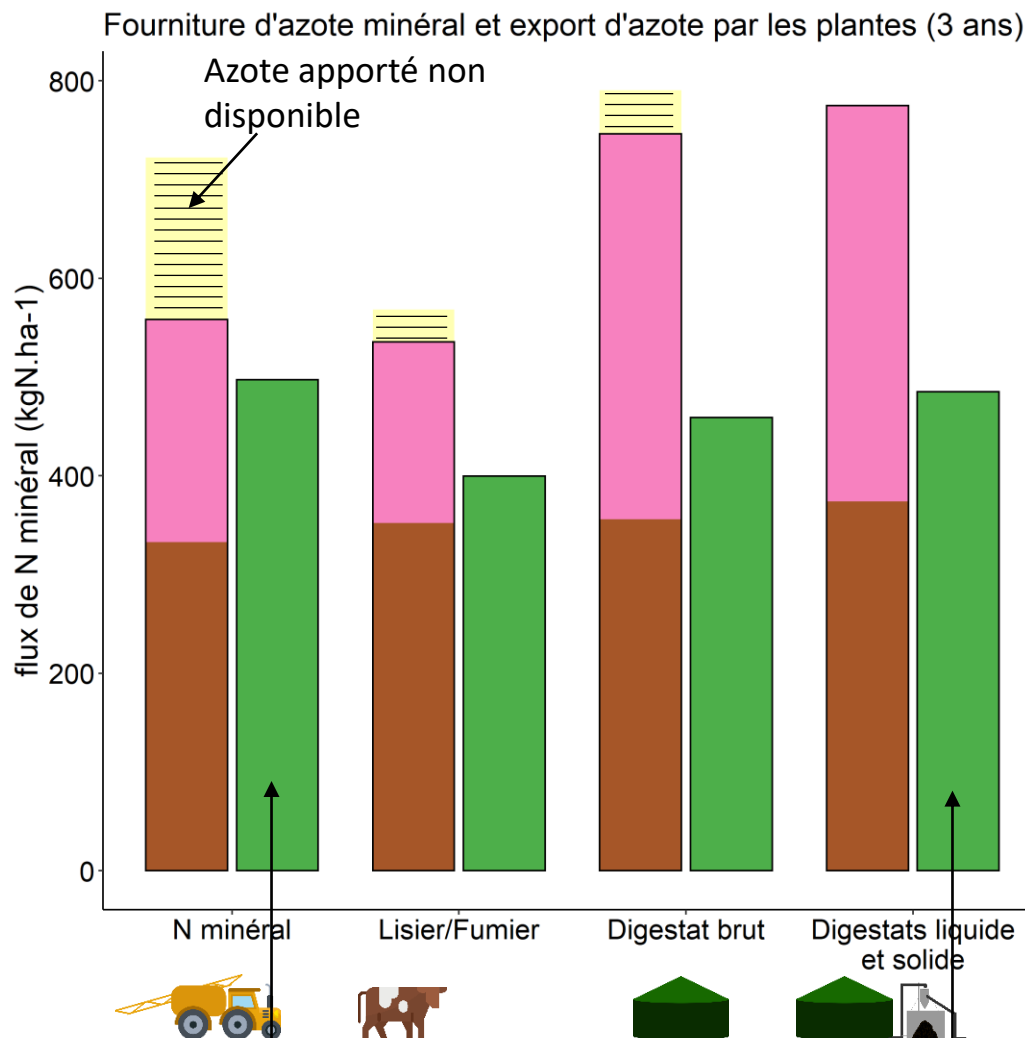


Type de flux

- Immobilisation nette (modèle)
- N assimilé par la plante (mesure)
- Apport d'azote minéral disponible pour la plante (fertilisants minéraux ou organiques)
- Minéralisation (modèle)

Les apports d'azote sont très importants en système digestats

Bilan d'azote minéral : quel azote pour les plantes ?



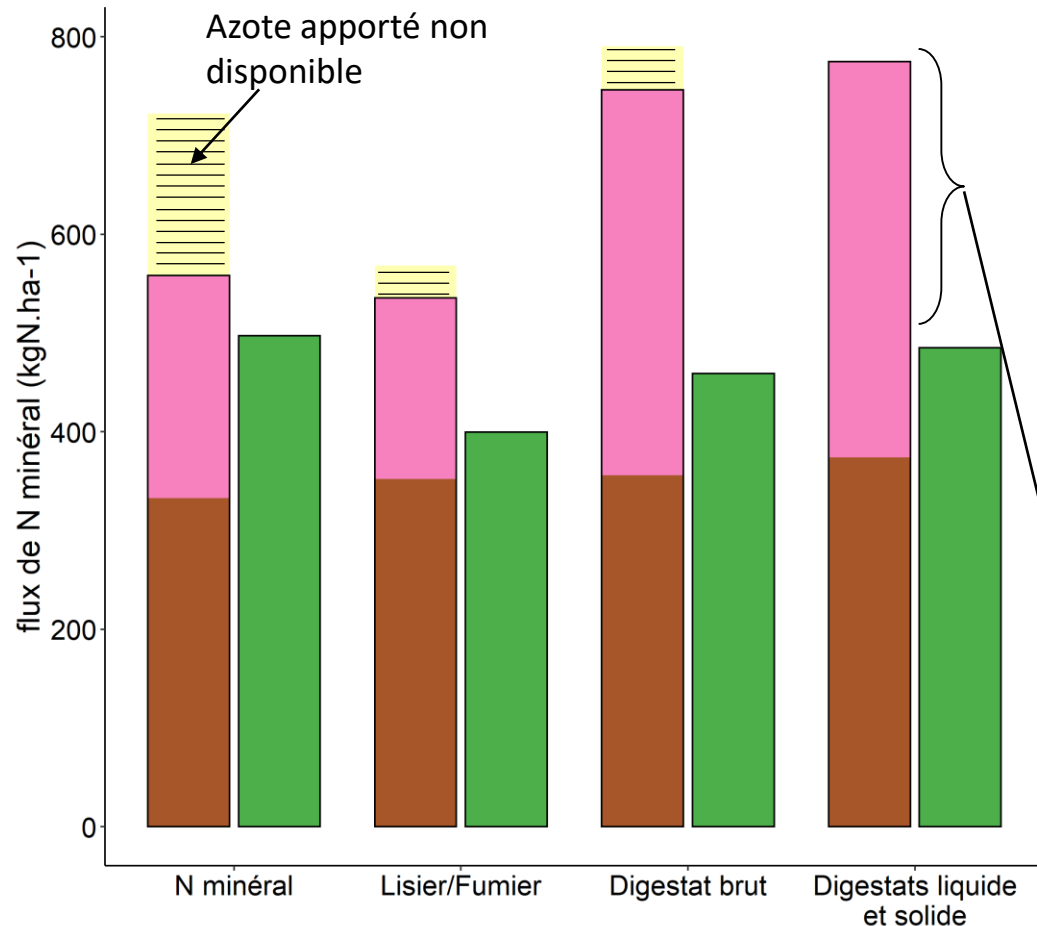
Type de flux

- Immobilisation nette (modèle)
- N assimilé par la plante (mesure)
- Apport d'azote minéral disponible pour la plante (fertilisants minéraux ou organiques)
- Minéralisation (modèle)

L'assimilation d'azote sur le système digestat est similaire au système engrais minéral : bon pouvoir fertilisant

Bilan d'azote minéral : quel azote pour les plantes ?

Fourniture d'azote minéral et export d'azote par les plantes (3 ans)



stics



+



Type de flux

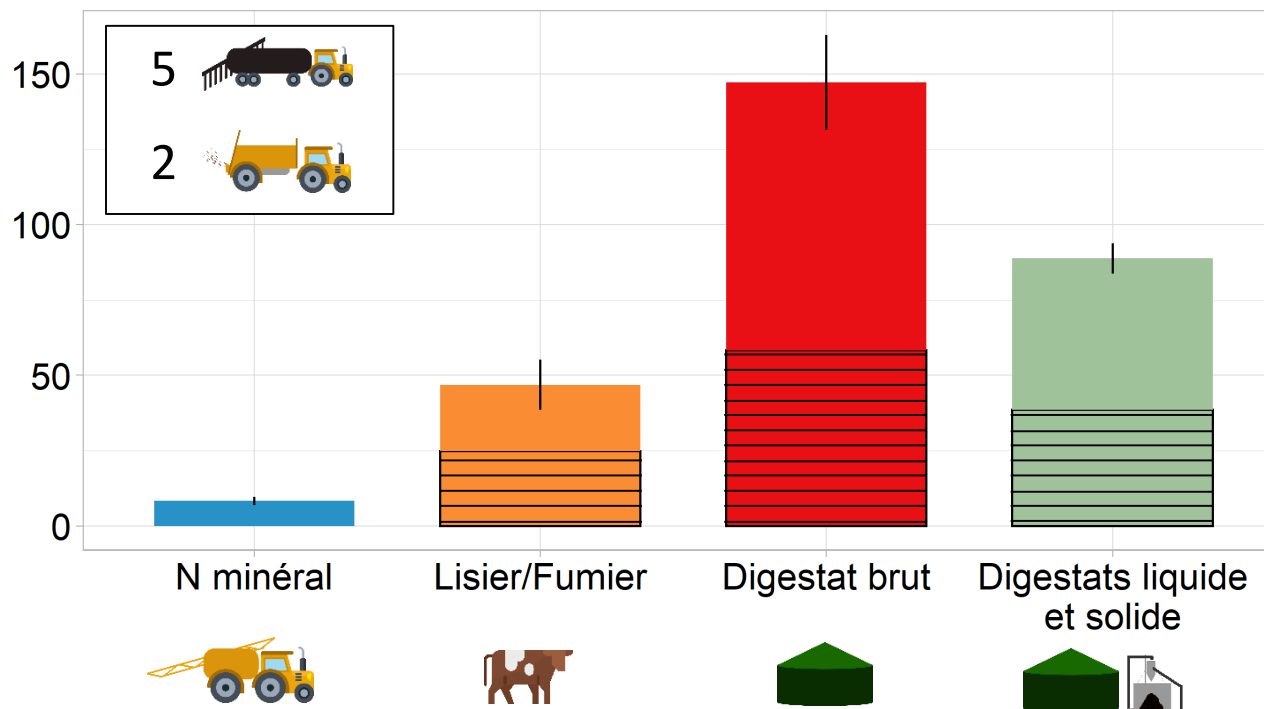
- Immobilisation nette (modèle)
- N assimilé par la plante (mesure)
- Apport d'azote minéral disponible pour la plante (fertilisants minéraux ou organiques)
- Minéralisation (modèle)

Delta = lixiviation
+ volatilisation
+ azote racinaire
+ incertitudes

Systèmes digestats : plus de risques de pertes d'azote

Pertes en N : volatilisation d'ammoniac

Emission de NH_3 , en kg N ha^{-1} (3 ans)

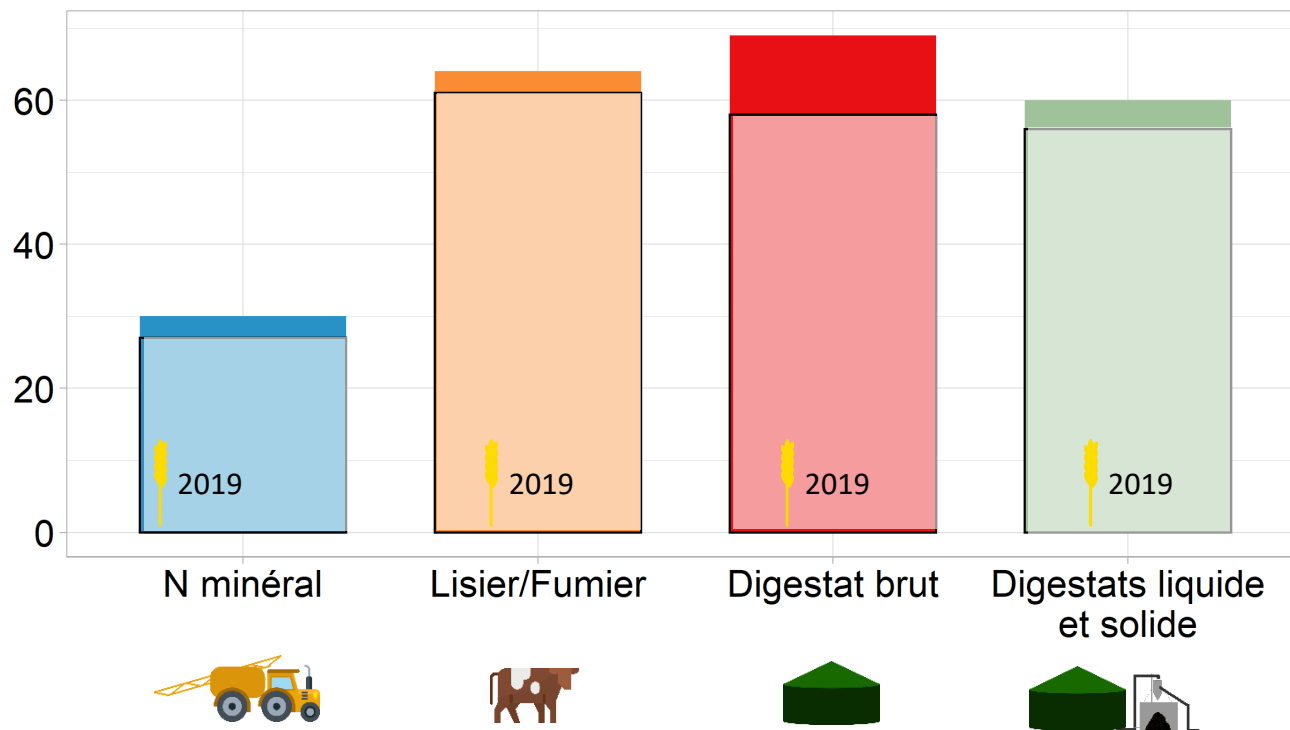


Émissions après
apports d'été
ou d'automne

- Sensibilité des digestats à la volatilisation
- La volatilisation en été est forte
- La séparation de phase diminue la volatilisation

Pertes en N : lixiviation de nitrate

Lixiviation de NO_3^- , en kg N ha⁻¹ (3 ans)

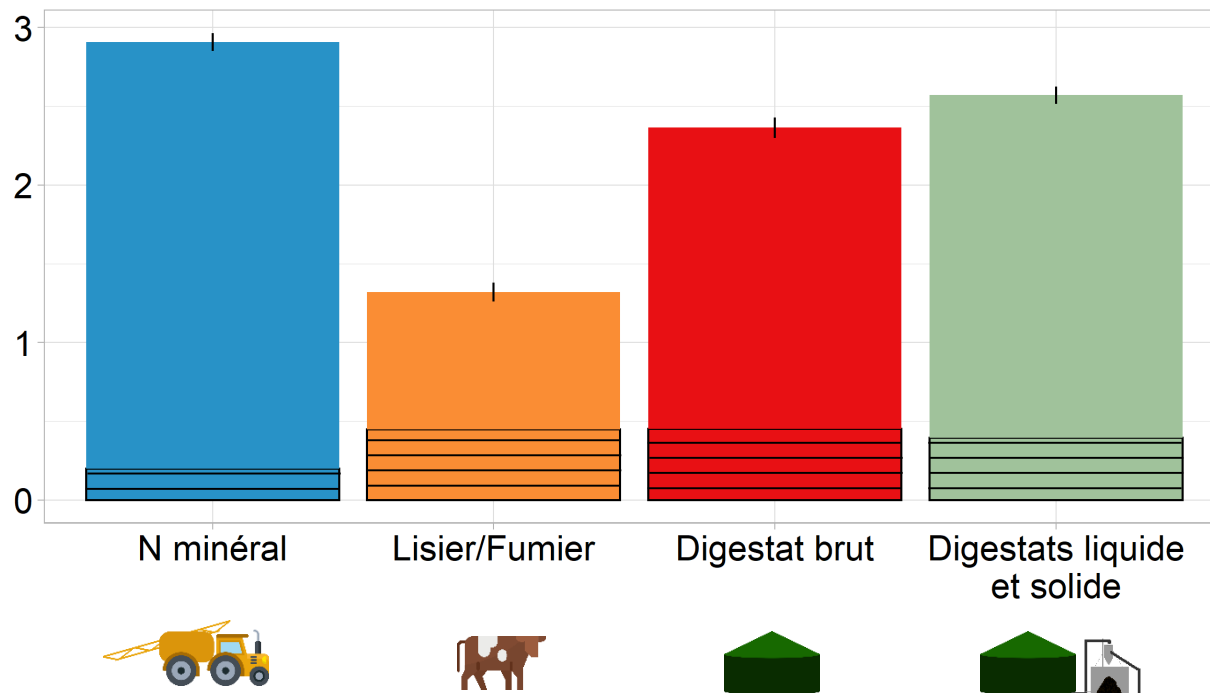


Hiver 2018 –
été 2019

- Presque toute la lixiviation sur une même période sur tous les systèmes : effet météorologique
- Lixiviation due aux doses et dates d'apports (apport de PRO devant blé)
=> Pratique à éviter (*réalisée ici pour les besoins de la Recherche*)
- La modélisation montre une lixiviation identique sur les systèmes organiques

Pertes en N : émissions de N₂O

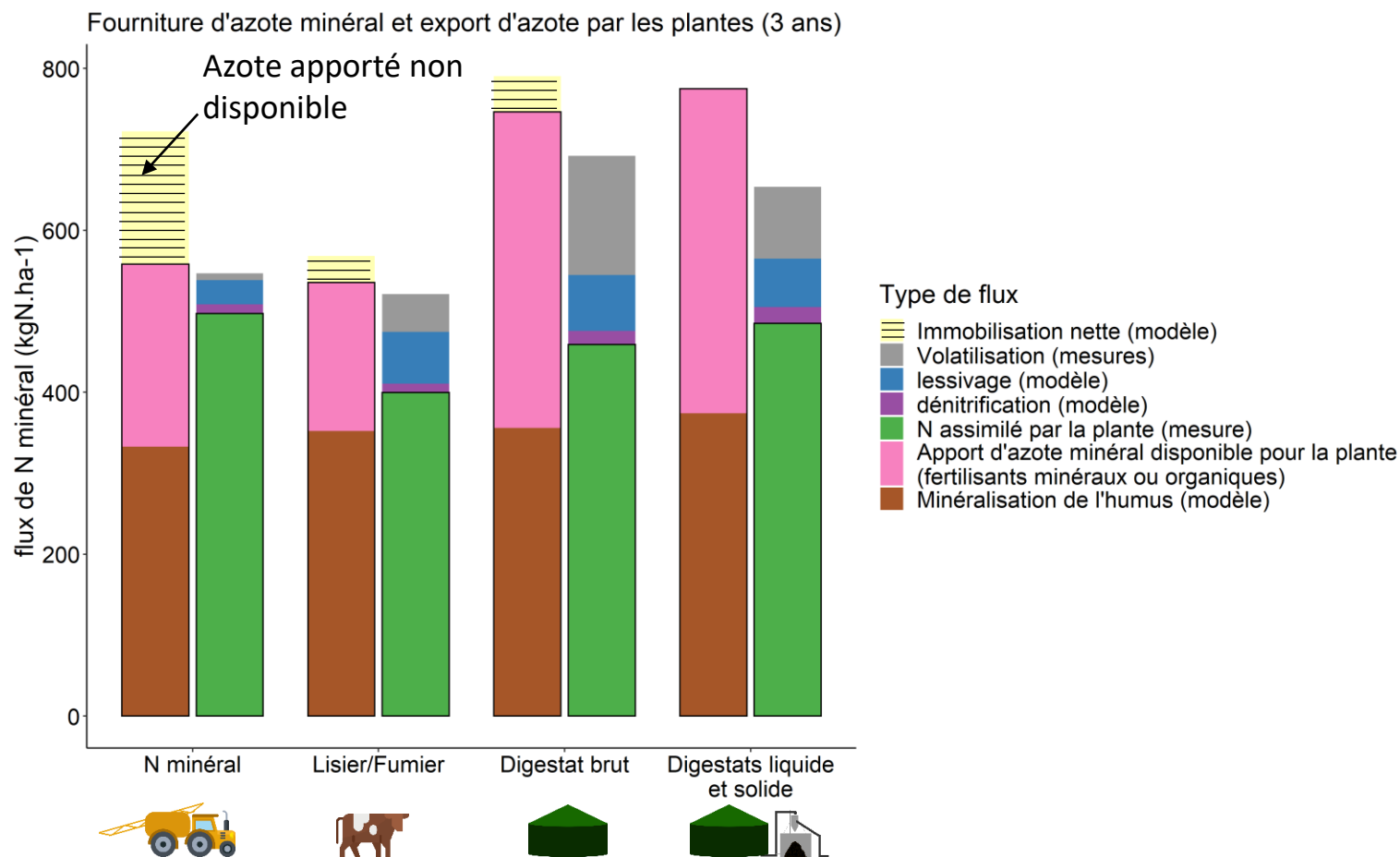
Emission de N₂O (3 ans, kgN ha⁻¹ an⁻¹)



Émissions après
apports d'été
ou d'automne

- Les importantes doses d'azote apportées avec les digestats favorisent les émissions de N₂O
- Les émissions après apports d'été ou d'automne sont faibles

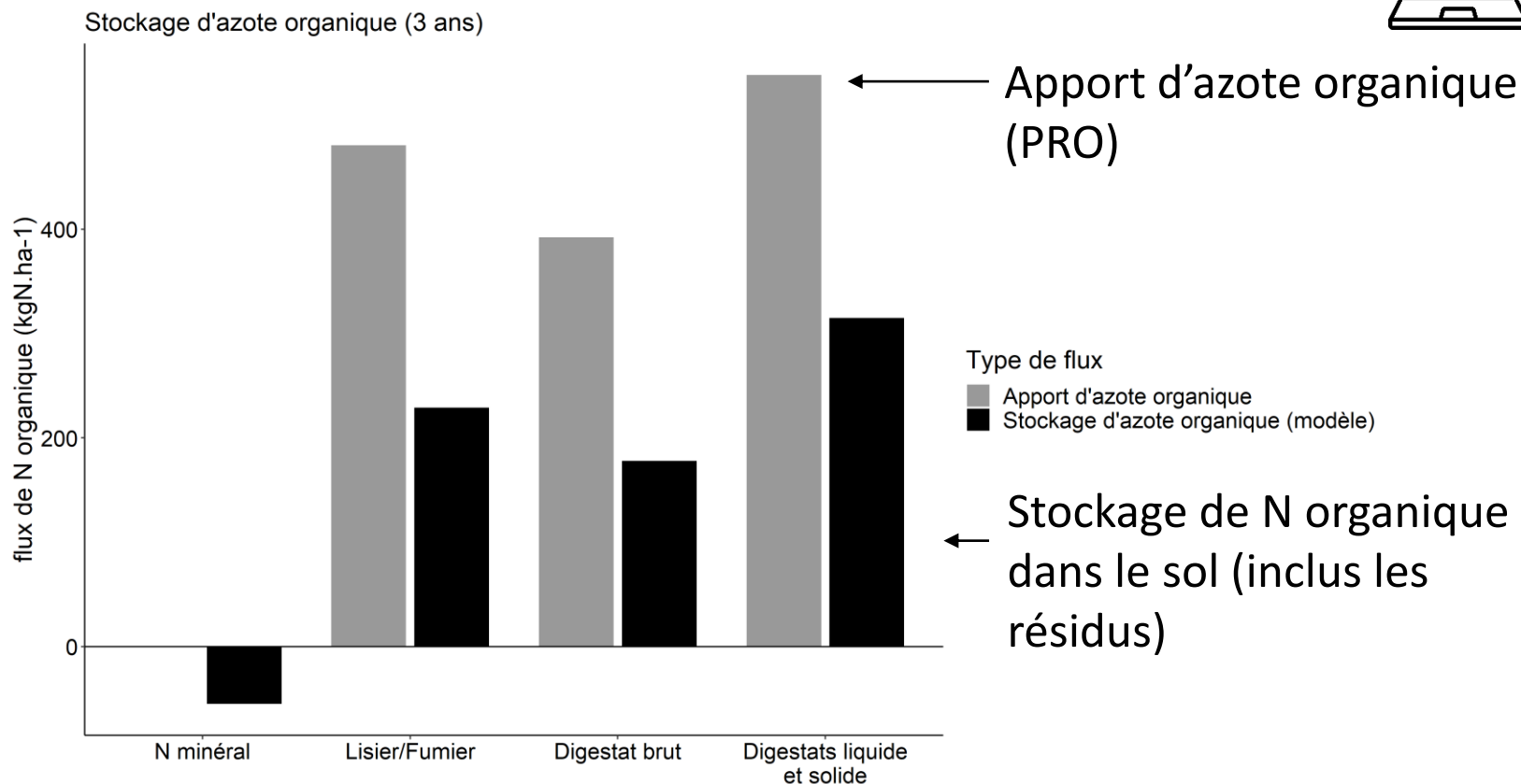
Importances des fuites par rapports aux apports



- Plus d'azote disponible avec les digestats :
 ⇒ intéressant pour la fertilisation des cultures
 ⇒ risque de fuites d'azote

Stockage de matière organique : vers une augmentation de la fertilité des sols

Stockage de N dans la MO su sol (modèle, 3 ans)



Les systèmes PRO stockent de la MO :

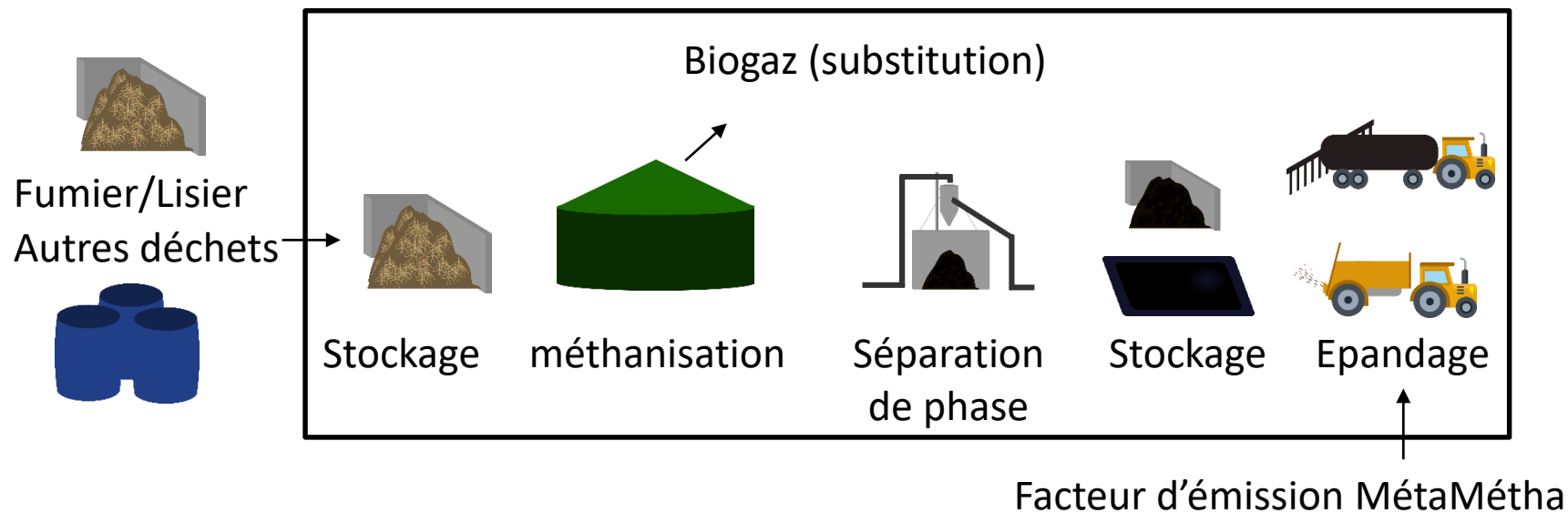
La fertilité (fourniture d'azote) du sol augmentera avec le temps

1. Présentation du projet MétaMétha
2. Résultats agronomiques liés à l'utilisation des digestats
3. Cycle de l'azote à l'échelle de la parcelle
- 4. Vers une évaluation environnementale**



ACV : systèmes et unité fonctionnelle

Objectif : Quel est l'impact de l'épandage par rapport aux autres impacts ?



Unité fonctionnelle : « Apporter 170kg/ha d'azote total au champ »

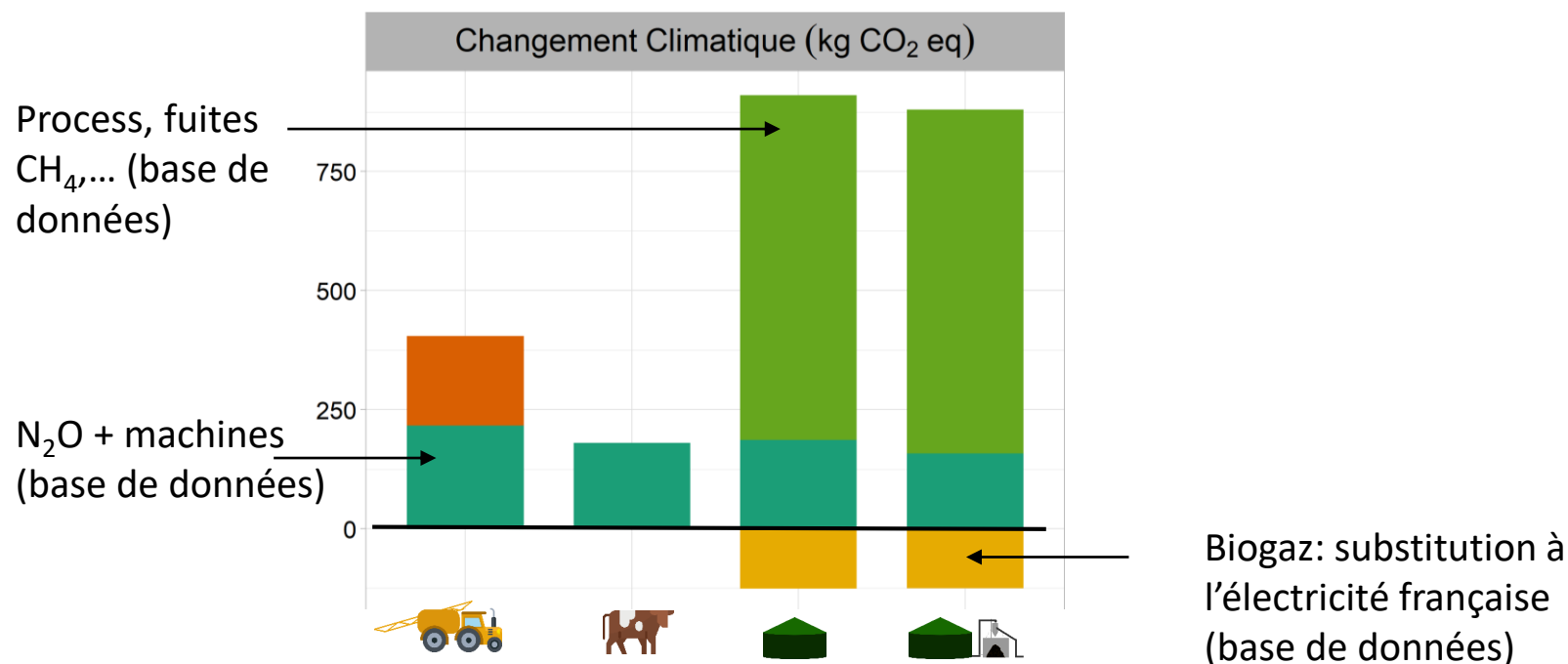


Ne lire que des tendances !

Point de vue : la méthanisation sert à fabriquer des digestats principalement

Bilan C

Secteur ■ Valorisation du biogaz ■ Fabrication d'engrais ■ Méthanisation ■ Epandage



Changement climatique

Pas de grosses différences d'impact à l'épandage

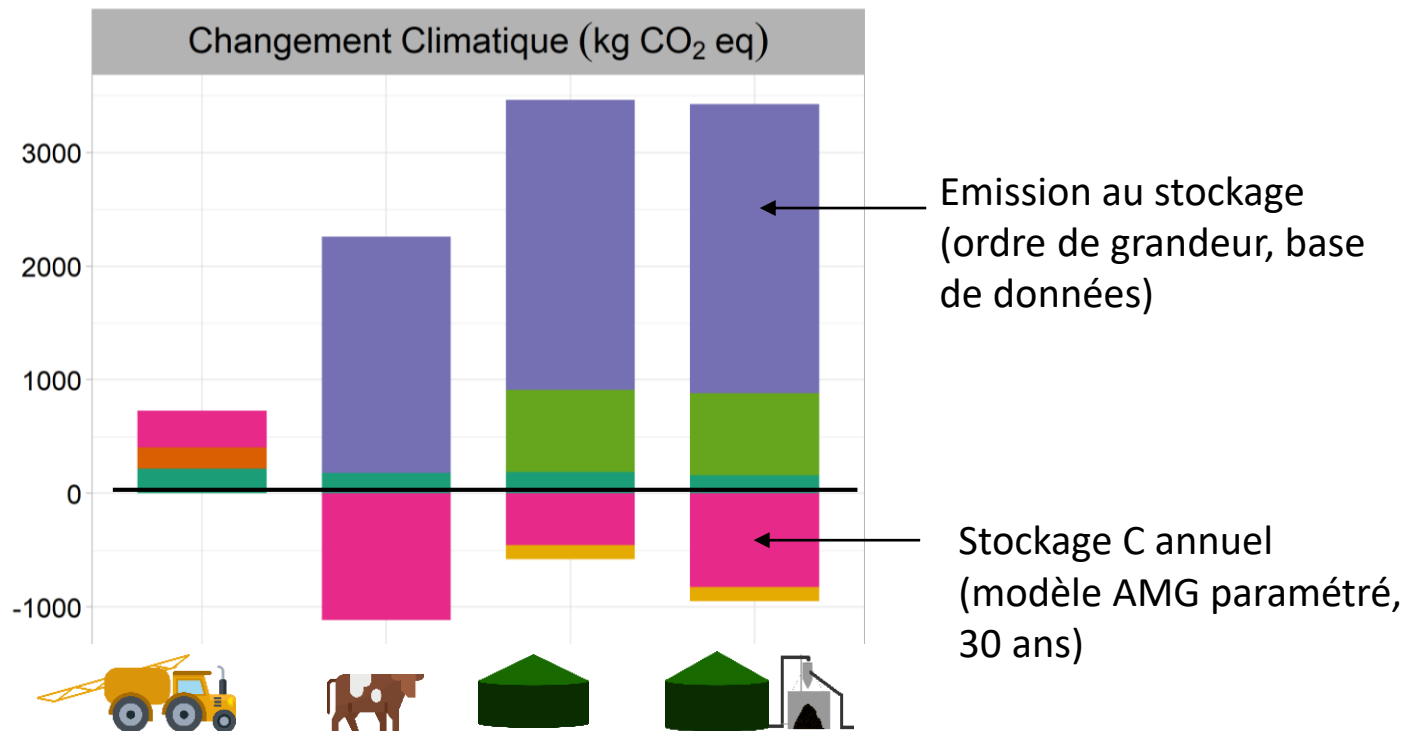
Le process est important par rapport à l'épandage

Biogaz : avec le mix électrique français faiblement carboné, impact limité dans ces conditions !

Bilan C

Secteur

- Emissions au stockage
- Stockage de carbone du sol
- Méthanisation
- Valorisation du biogaz
- Fabrication d'engrais
- Epandage



Changement climatique

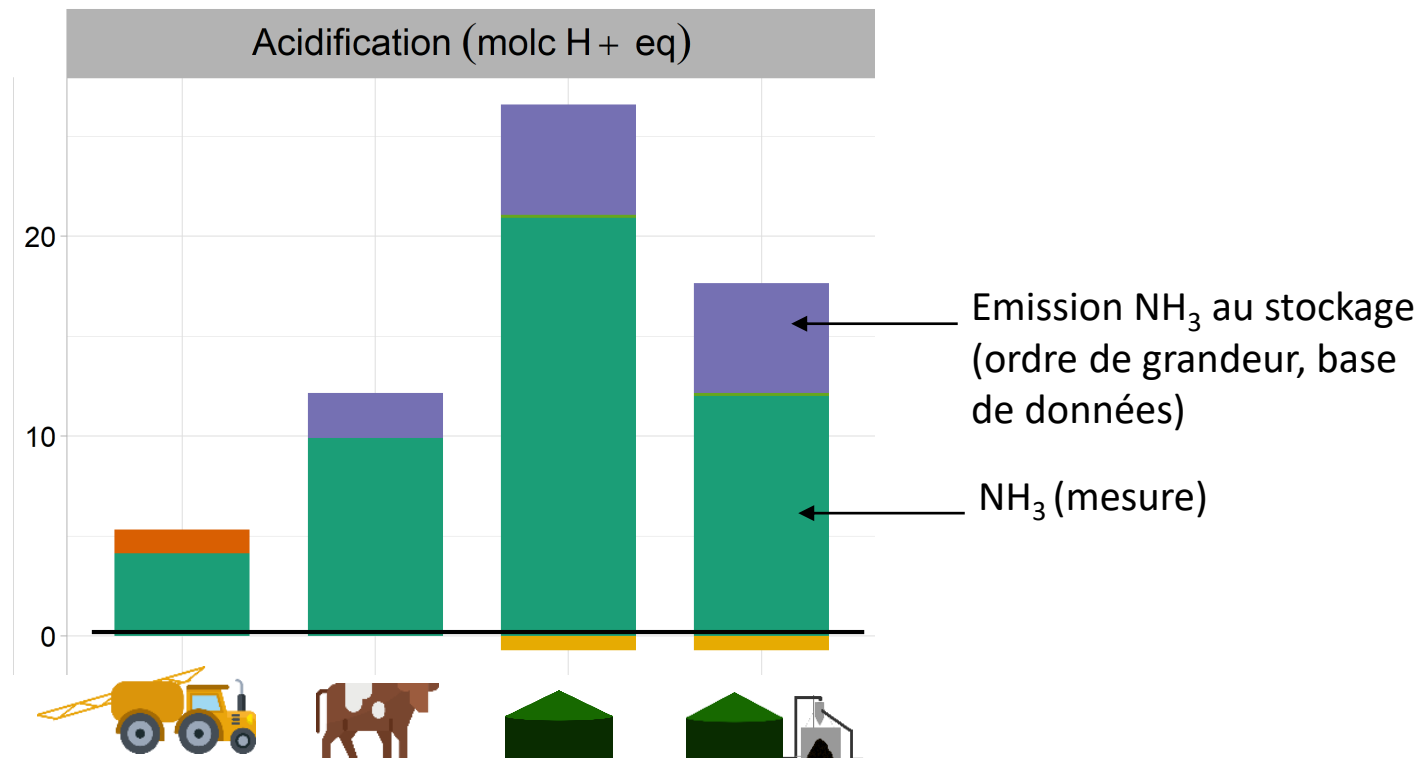
Les émissions au stockage seraient les flux de GES les plus importants

Le stockage de C représente des flux important
(modèle AMG paramétré, 30 ans)

Acidification

Secteur

- Emissions au stockage
- Stockage de carbone du sol
- Méthanisation
- Valorisation du biogaz
- Fabrication d'engrais
- Epandage



Acidification

L'épandage est plus important que le traitement

Effet important de la séparation de phase



Vers une évaluation environnementale : ACV

Ordres de grandeur à retenir (résumé) :

Indicateur effet de serre (CO_2 eq)

kg CO_2 eq

Emission au stockage (déchets et digestats)

~2500

Process = stockage de C

~750

Transport et épandage (impact au champ) =
fabrication des engrais

~200



Indicateur acidification atmosphérique (molc H^+ eq) (NH_3)

Emission au champ (15) > Emission au stockage (5)

Questionnements méthodologique :

- allocation VS substitution du biogaz, mix énergétique français (nucléaire) VS biogaz,
- manque de connaissances sur les émissions au stockages des déchets, lors du process

Conclusion

Fertilisation avec du digestat par rapports aux effluents bruts

Intéressant agronomiquement pour la fertilisation des cultures

Plus de risques de fuites en azote qui peuvent être réduits par l'observation de bonnes pratiques

Les enjeux GES semblent se jouer plutôt au traitement qu'au champ

Perspectives pour la suite du projet MétaMétha

Échelle de la parcelle → échelle de l'exploitation

Simuler la gestion agronomique (raisonner dates et doses d'apports, systèmes mixtes PRO + engrais minéral)

Sur le dispositif MétaMétha, les épandages sont maintenus pour suivre l'évolution des stocks de carbone du sol

Comptages de vers de terre

Etude logistique (type de matériel et distance des parcelles)

Merci de votre attention

**Impacts de l'introduction de la méthanisation
à la ferme sur les bilans Carbone et Azote
de la fertilisation des cultures**

**Résultats de 3 ans de mesures à Nouzilly
en région Centre Val-de-Loire**

Antoine Savoie et Victor Moinard

Financier :



Icons made by Freepik and prettycons from www.flaticon.com