

Colloque APIVALE  
Rennes, 19/11/2019

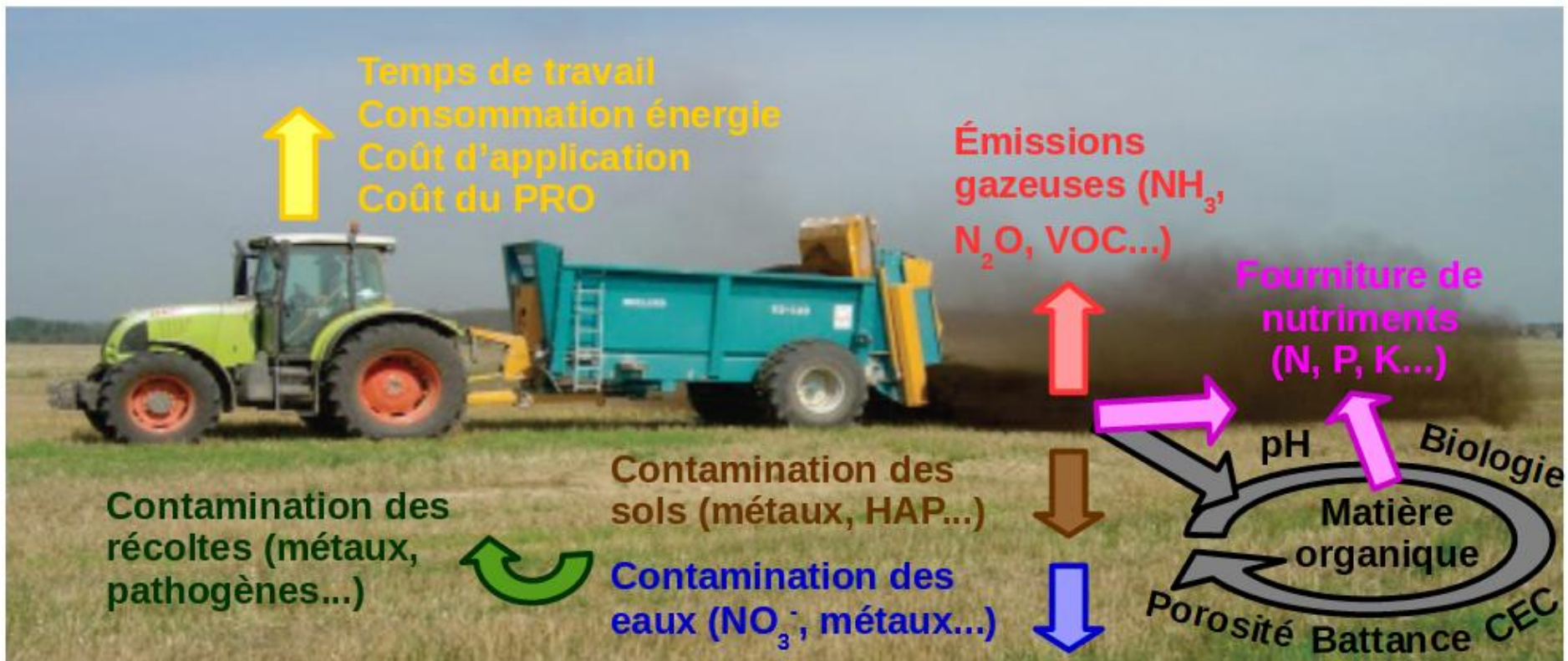
Développement d'un outil d'évaluation  
multicritère des performances des systèmes  
de cultures utilisant des PRO

Florent Levavasseur, Sabine Houot

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

# Contexte

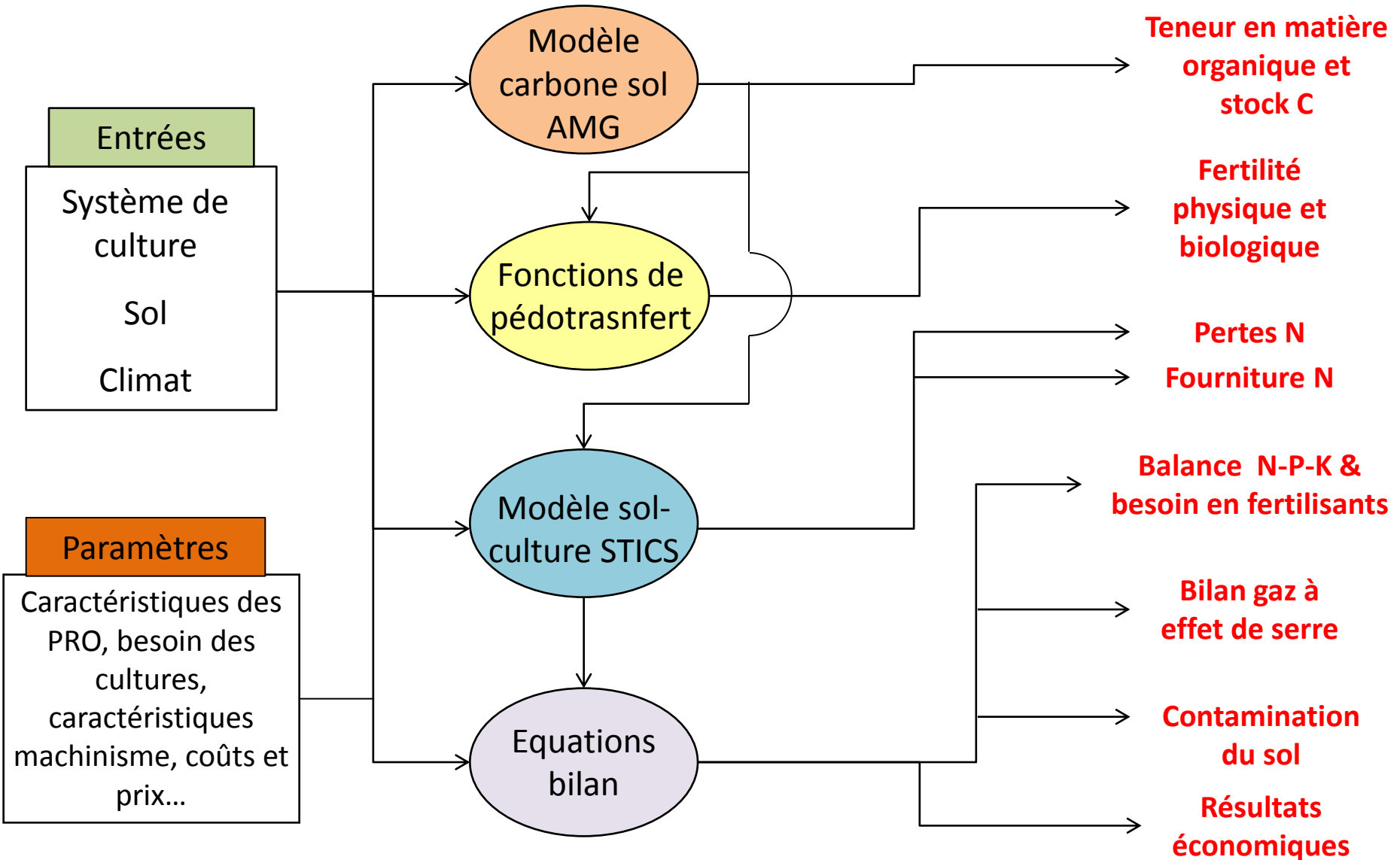
- Multiple effets positifs du retour au sol des PRO (stockage de carbone, fourniture de nutriments) mais des impacts à limiter (contamination, émissions gazeuse...)
- Effets des PRO dépendent des caractéristiques des PRO, des systèmes de culture, du contexte pédoclimatique, etc.



# Objectif

- Transition agroécologique : recherche ↗ autonomie fertilisant, ↗ fertilité du sol, ↘ émissions GES
- Reconception de systèmes de cultures qui optimisent le recyclage de PRO pour répondre (pour partie) à ces objectifs
- Impossible de tester au champ tous les systèmes → besoin d'expérimentation virtuelle par modélisation
- Outils existants ne prennent pas suffisamment en compte les effets des PRO (effets à long terme, minéralisation...) ou les abordent de façon « monospécifique »
- **Besoin de développer un outil multicritère d'évaluation prédictive des performances des systèmes de culture avec PRO**

# Schéma général de l'outil



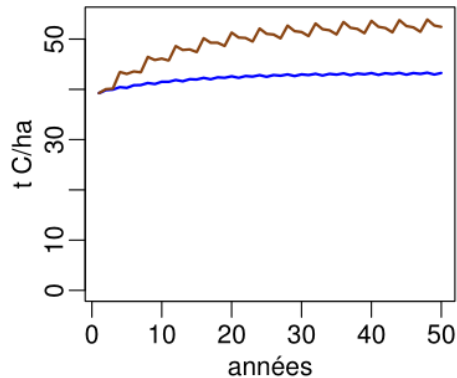
# Présentation de l'exemple d'application

- Succession de culture : colza-(repousses)-blé tendre-(moutarde)-maïs grain-blé tendre
- Sol limoneux décarbonaté profond, MO sol initiale = 2 %
- Tous les résidus de culture enfouis, labour (25cm)
- 2 scénarios différents simulés :
  - Sc1 : fertilisation minérale uniquement
  - Sc2 : fientes avant semis de colza (3 t/ha) et compost de déchets verts et boue (30 t/ha) sur moutarde
- Ajustement automatique de la fertilisation minérale N-P-K par l'outil pour répondre aux besoins des cultures
- Simulation sur 5 années climatiques (prise en compte de la variabilité climatique sur les flux de N)

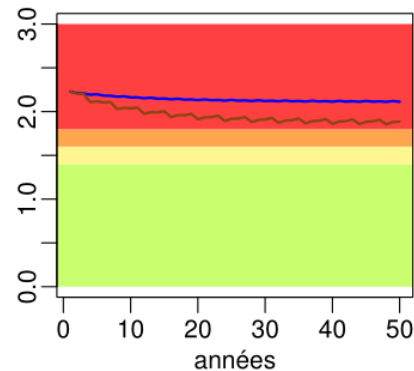
# Carbone organique du sol et propriétés liées

- Simulation des augmentations de stocks de C suivant apport PRO avec AMG (*Clivot et al., 2019*)
- Simulation d'indicateurs de fertilité du sol en lien avec C :
  - Diminution de l'indice de battance (*Rémy et Laflèche, 1971*)
  - Augmentation de la biomasse microbienne (*Horrigue et al., 2016*)
  - Très légère augmentation de la réserve utile (*Rawls et al., 2003*)

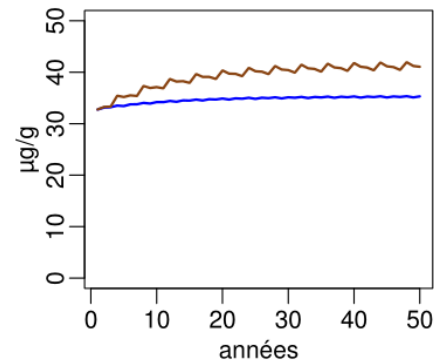
**Stocks de carbone**



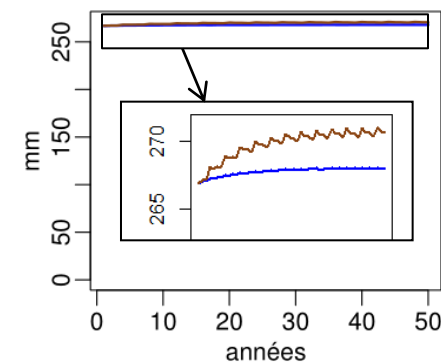
**Indice de battance**



**Biomasse microbienne**

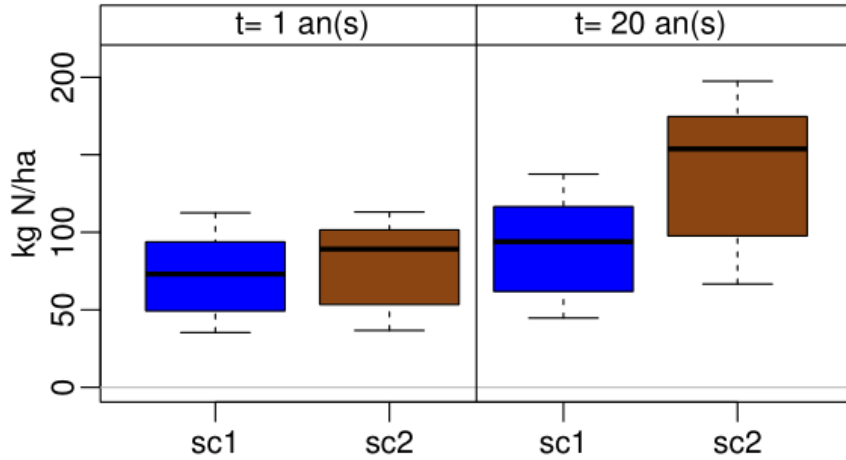


**Réserve utile**

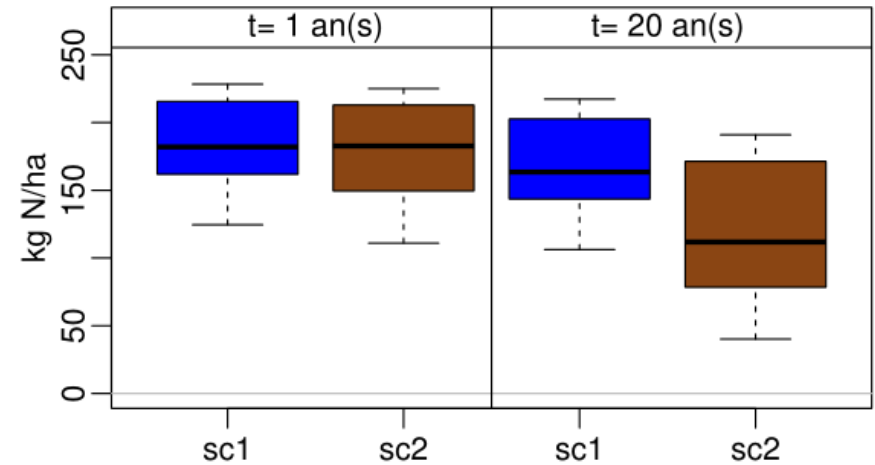


# Fournitures et besoins NPK

## Fourniture moyenne N \*

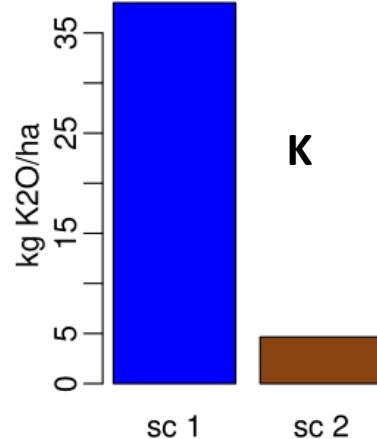
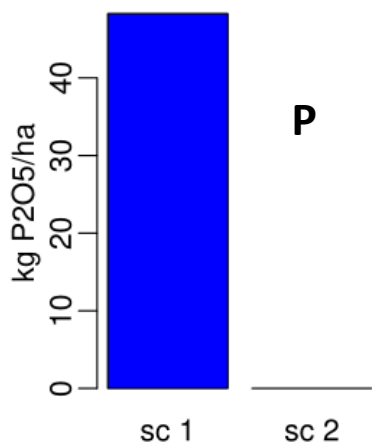


## Besoin moyen annuel en fertilisant N \*



\* Variabilité selon les cultures et les années climatiques

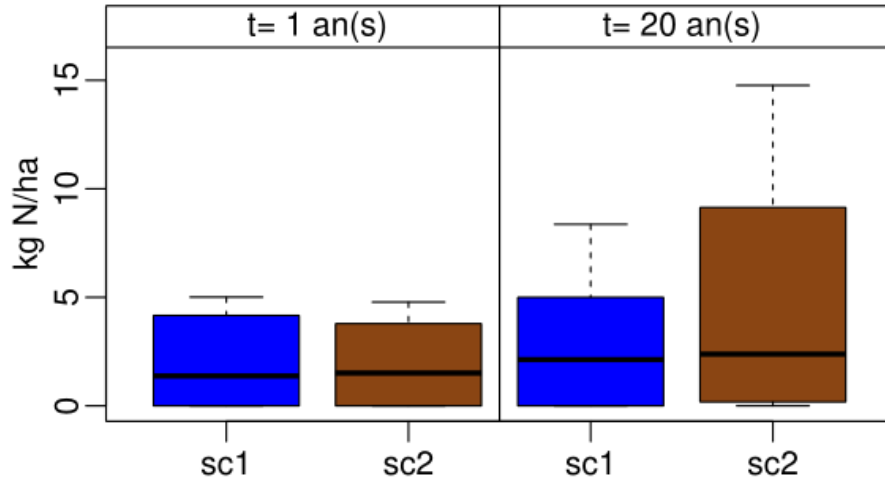
## Besoin moyen annuel en fertilisant P et K



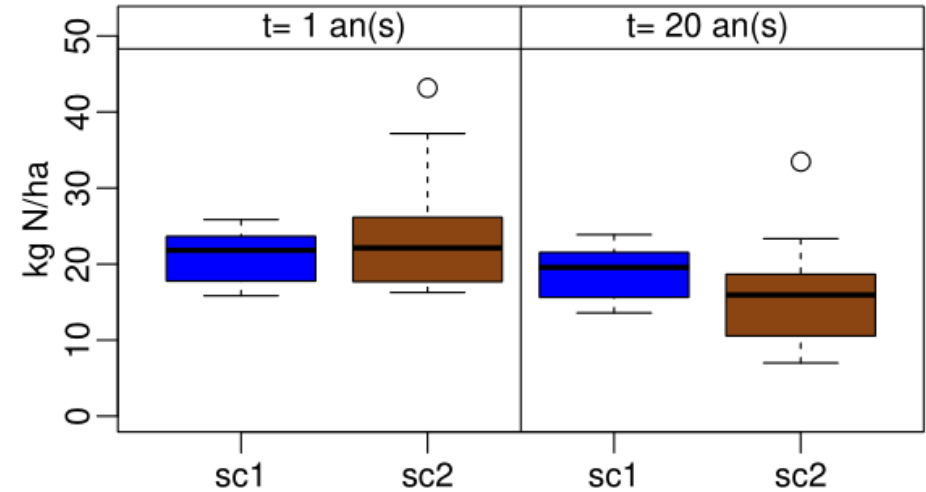
- Simulation avec STICS (*Brisson et al., 2008*) de l'augmentation de fourniture N après 20 ans d'apports répétés de PRO et diminution correspondante des besoins en fertilisants N
- Diminution des besoins P et K avec apports de PRO

# Pertes N

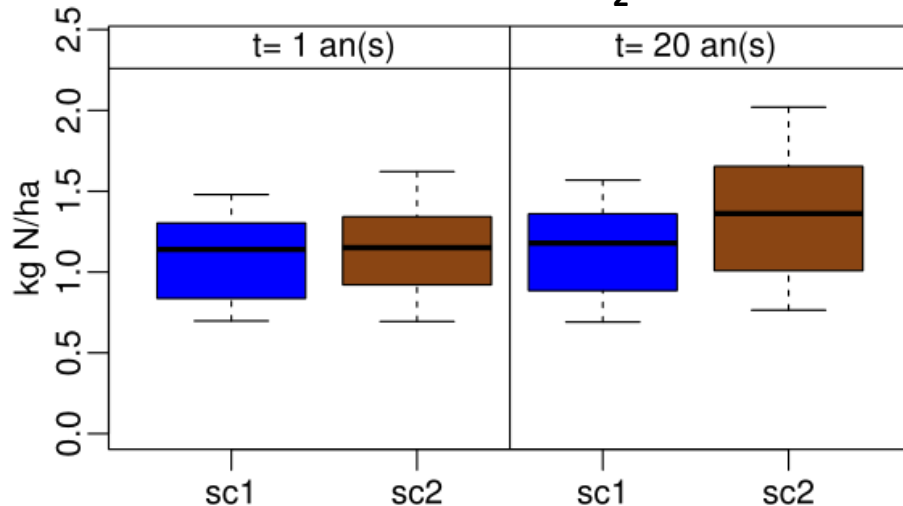
## Lixiviation de nitrates \*



## Volatilisation d'ammoniac \*



## Emissions de N<sub>2</sub>O \*



\* Variabilité selon les cultures et les années climatiques

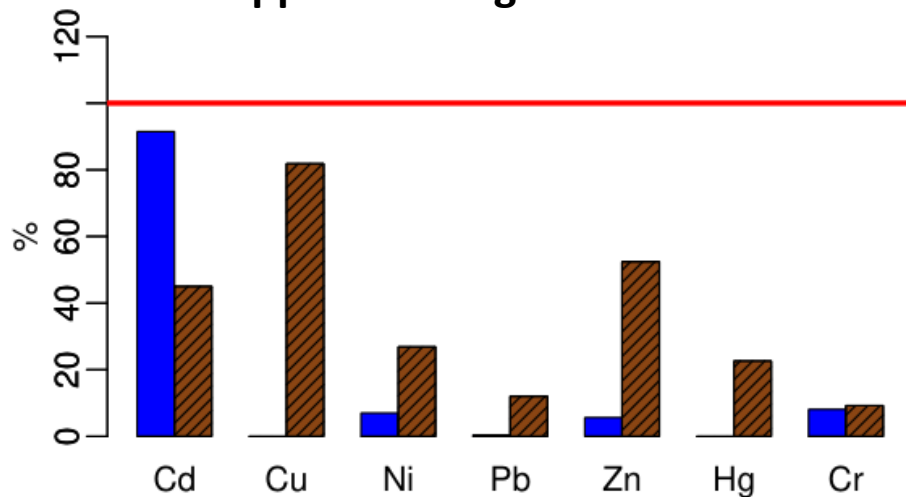
- Simulation de l'augmentation de la lixiviation N et des émissions de N<sub>2</sub>O après 20 ans d'apports de PRO suite à l'augmentation du N minéral du sol
- Simulation de la diminution de la volatilisation d'ammoniac après 20 ans d'apport suite à la baisse de la fertilisation minérale



# Contamination du sol

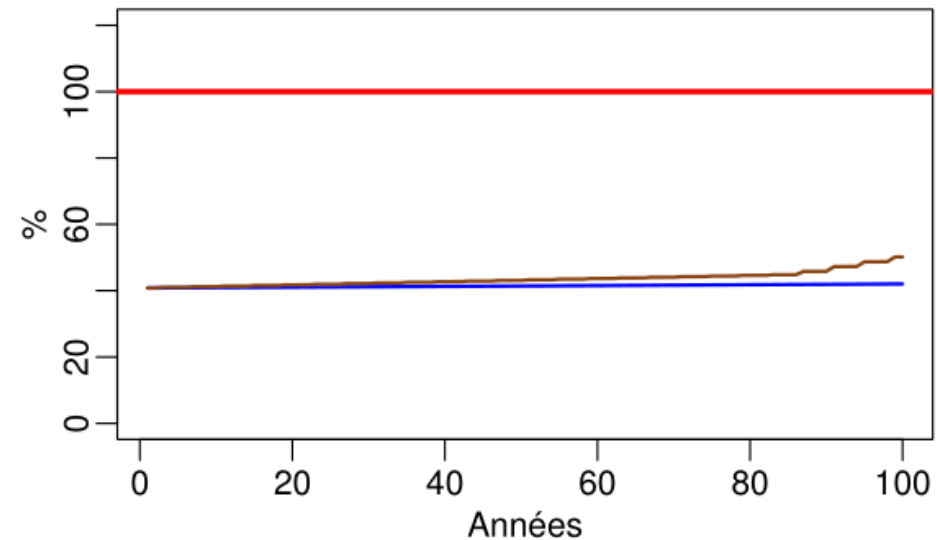
- Vérification du respect de la réglementation en termes de flux de métaux et teneur en métaux des sols :
  - Flux de Cd avec fertilisants P (sc1) > flux Cd avec PRO (sc2)
  - Autres flux de métaux supérieurs avec PRO
  - Légère augmentation à long terme des teneurs relatives en métaux du sol avec PRO

**Flux d'apport de métaux par rapport à la réglementation \***



\* Engrais minéraux et PRO

**Teneur en métaux du sol relativement au seuil réglementaire \***



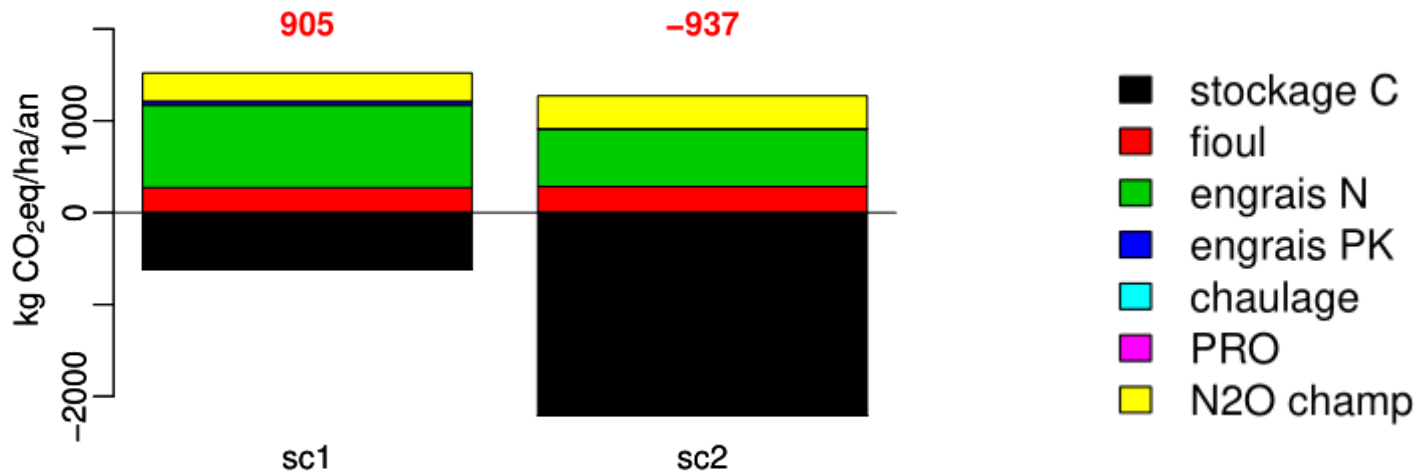
\* Métal le plus déclassant

# Bilan GES

- Bilan GES =  $N_2O$  au champ + fabrication engrais + fabrication/combustion carburant – stockage carbone dans le sol

⚠ Emissions relatives au traitement/stockage des PRO non incluses

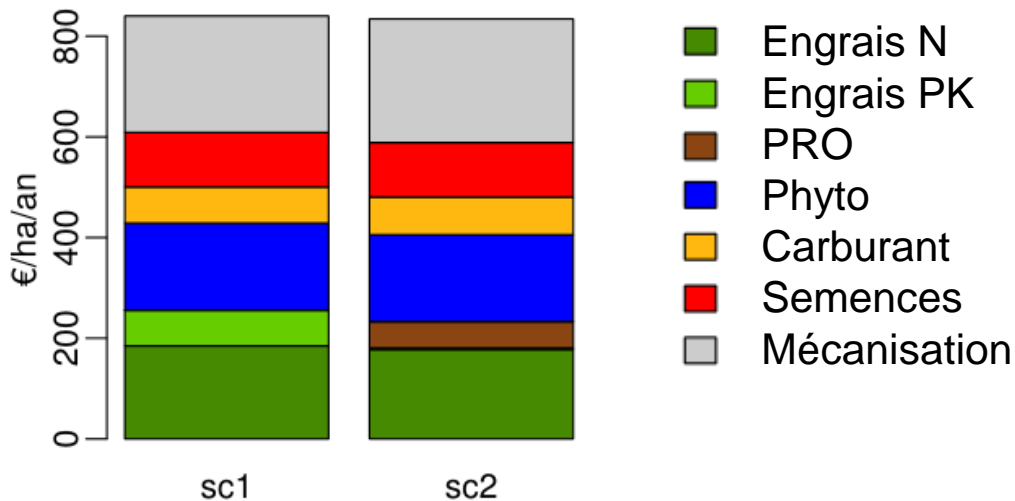
- Simulation d'une réduction des émissions GES avec PRO (↗ stockage C et ↘ engrais), **mais** bilan pourrait s'inverser en considérant le traitement des PRO



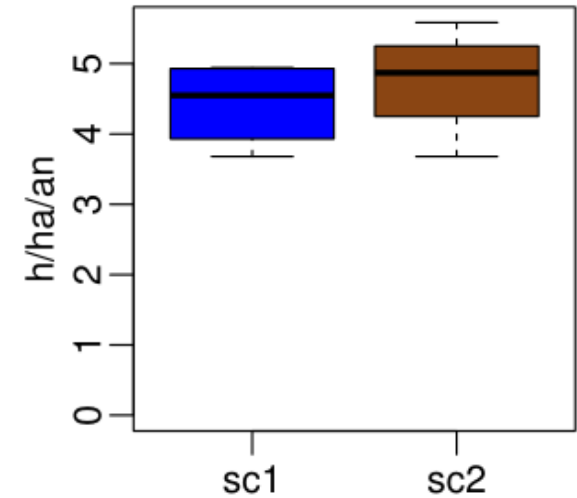
# Indicateurs économiques

- Augmentation du temps de travail avec PRO
- Diminution des charges (dès 1 an) du fait des économies en engrais PK
- Augmentation de la marge à 20 ans suite aux économies en engrais N

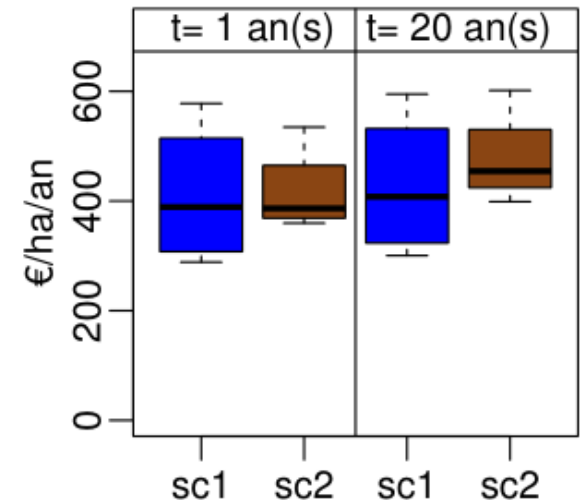
### Charges initiales (t=1 an)



### Temps de travail



### Marge semi-nette



# Conclusion

- Nécessité de développer un nouvel outil pour évaluer les multiples effets des PRO
- Outil basé sur des modèles et formalismes existants
- Principales fonctionnalités et paramétrages quasi-terminés, mise en forme à finaliser, validation en cours
- Des nouveaux indicateurs à intégrer (biologie du sol, pH, compaction, autres contaminants...)
- Diffusion en réflexion
- Intégration progressive dans la plateforme de modélisation spatialisée MAELIA pour évaluer des scénarios territoriaux

# Merci de votre attention

