



# Assemblée générale du SOERE PRO

Vendredi 16 juin 2017, Paris





# Prédiction au laboratoire de la dynamique du carbone des PRO au champ : application sur QualiAgro et perspectives d'utilisation

Germain M.<sup>1</sup>, Levavasseur F.<sup>1</sup>, Duparque A.<sup>2</sup>, Mouny J.C.<sup>2</sup>, Mary B.<sup>3</sup>, Clivot H.<sup>3</sup>, Houot S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UMR INRA AgroParisTech ECOSYS, Université Paris-Saclay, 78850 Thiverval-Grignon, France

<sup>2</sup> Agro-Transfert Ressources et Territoires, 80200 Estrées-Mons

<sup>3</sup> UR INRA AgroImpact, 02000 Barenton-Bugny, France





## Plan

- Contexte
- Méthodes
- Résultats
- Conclusion et perspectives



## Contexte

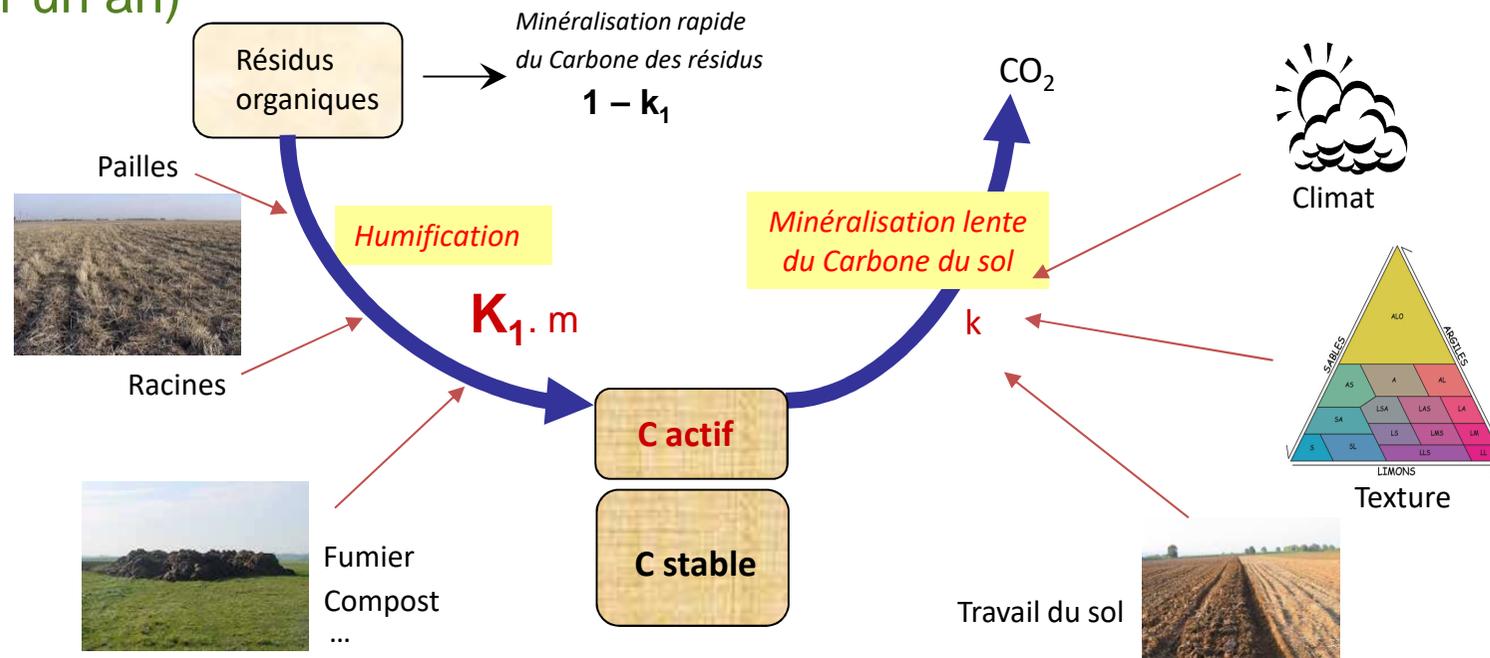
- Carbone organique du sol
  - Rôle central dans la fertilité du sol
  - Moyen de lutter contre le réchauffement climatique
- Apports de PRO : un des moyens de stocker du C



- Quelle partie du C du PRO contribue effectivement au stockage de C dans le sol ?

# Détermination du K1 au champ avec AMG

- Essais au champ longue durée avec apports de PRO
- Simulation de la dynamique du C au champ avec modèle simple AMG (Andriulo et al., 1999)
- K1 : coefficient isohumique, part du C du PRO qui intègre le C du sol (sur un an)



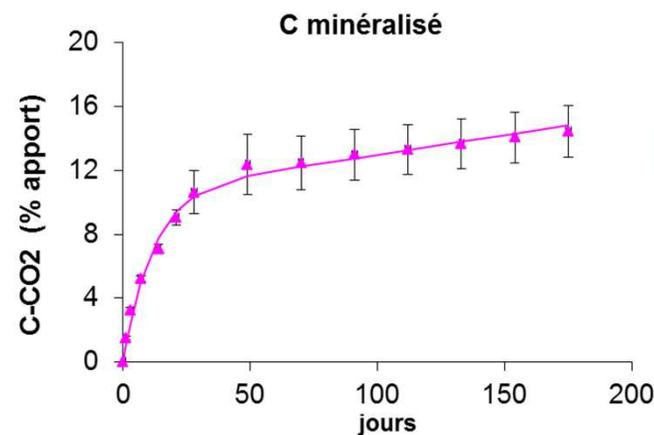
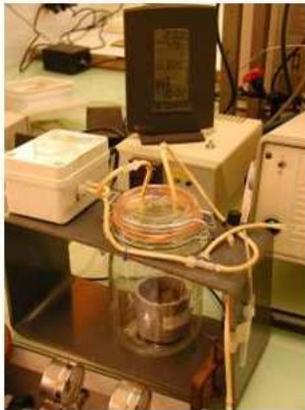
- Inversion du modèle pour obtenir les valeurs de K1 des PRO
- Lourd à mettre en œuvre



## Détermination du K1 par des incubations et STICS résidus

- Incubations de PRO
- Modélisation de la cinétique de minéralisation pour obtenir le K1 avec STICS-résidus (Nicolardot et al., 2001)

$$K1 = Y.h$$



$$C = C_{RO} \left[ 1 - Yh - \left( 1 + \frac{Y(k - \lambda h)}{\lambda - k} \right) e^{-kt} + \left( \frac{kY(1 - h)}{\lambda - k} \right) e^{-\lambda t} \right]$$

- Moins lourd que le champ, mais tout de même contraignant

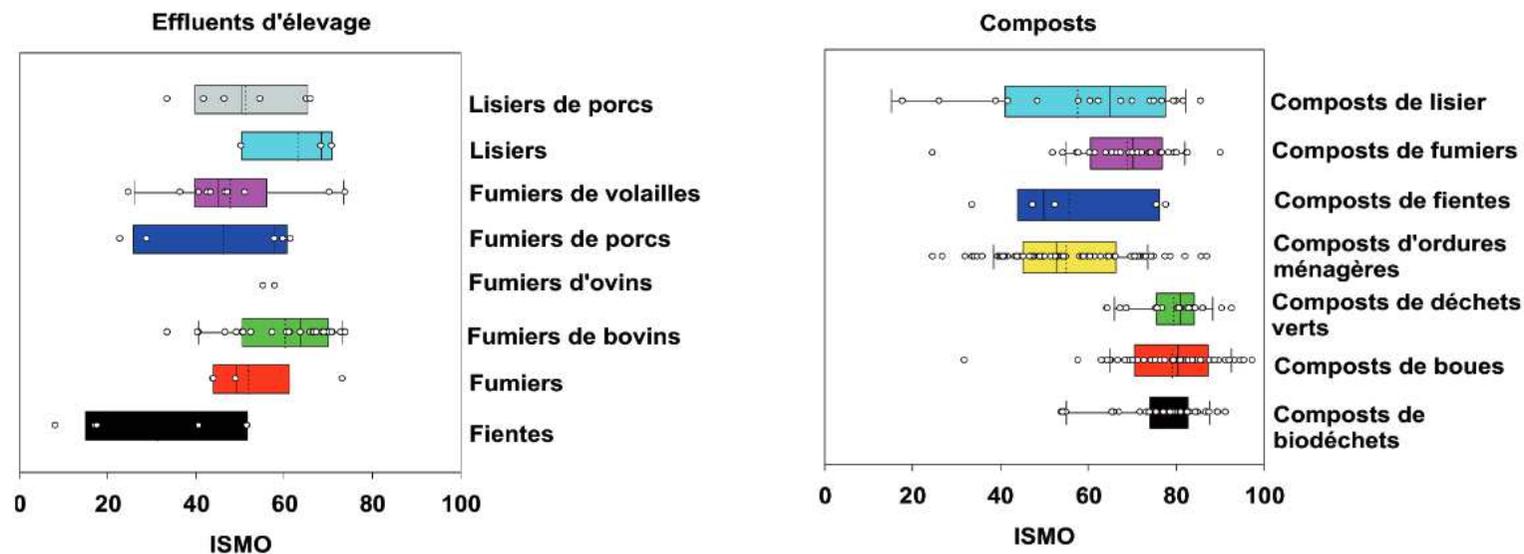


## Approximation du K1 par l'indicateur ISMO

- ISMO / IROC = indicateur du carbone organique résiduel potentiel dans les sols (Lashermes et al., 2009)
- Fractionnement biochimique de la matière organique

$$\text{ISMO} = 445 + 0.5.\text{SOL} - 0.2.\text{CEL} + 0.7.\text{LIC} - 2.3.\text{C}_{3d}$$

- Mesure normalisée, facile à mettre en œuvre.



Source : Chambre agriculture Languedoc-Roussillon



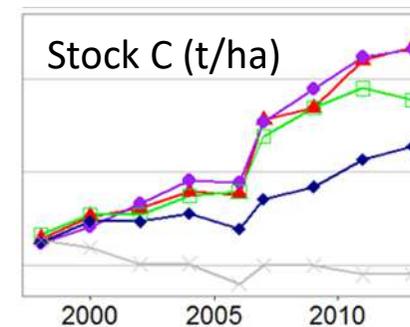
## Objectif

- Est-ce possible de prédire la fraction de carbone des PRO qui intègre la matière organique du sol au laboratoire ?
  - Les K1 obtenus au labo par incubation ou avec l'ISMO sont-ils de bons prédicteurs des K1 obtenus dans AMG sur la base des essais au champ ?
  - Ces K1 obtenus au labo permettent-ils de bien prédire avec AMG l'évolution du C observée au champ ?



K1 du PRO caractérisé au laboratoire

Modèle de simulation AMG



Simulation des stocks de carbone au champ



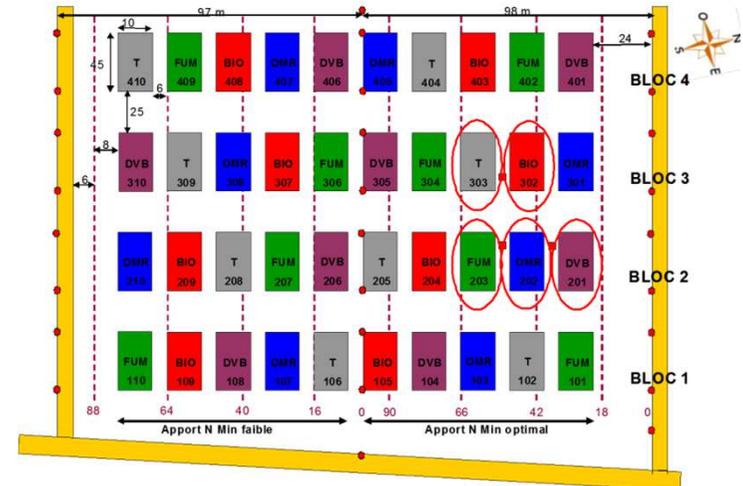
## Plan

- Contexte
- Méthodes
- Résultats
- Conclusion et perspectives



## Cas d'étude : QualiAgro 1998-2013

- Parcelle située dans les Yvelines sur sols limoneux profonds décarbonatés
- Rotation maïs-blé, labour, pailles exportées
- Epandage tous les deux ans de différents PRO, à 4 t C / ha :
  - Compost de boues d'épurations et de déchets verts (DVB),
  - Composts de biodéchets et de déchets verts (BIO),
  - Compost d'ordures ménagères (OMR)
  - Fumier Bovin (FUM)
  - Témoin (TEM)
- Deux sous-essais, avec complémentation azotée optimale ou minimale
- Suivi du sol (Corg...) et des PRO épandus (quantité, Corg, incubation, ISMO...)





## Méthodes

- 1) Obtention des K1 selon 3 méthodes différentes :
  - sur la base des données au champ (inversion AMG)
  - simulation avec STICS résidus des incubations de tous les PRO épandus et K1 correspondants
  - prédiction avec ISMO des K1 obtenus par incubation et au champ
  
- 2) Comparaison des différents K1 obtenus et de la qualité de prédiction avec AMG des stocks de carbone au champ selon les K1 utilisés

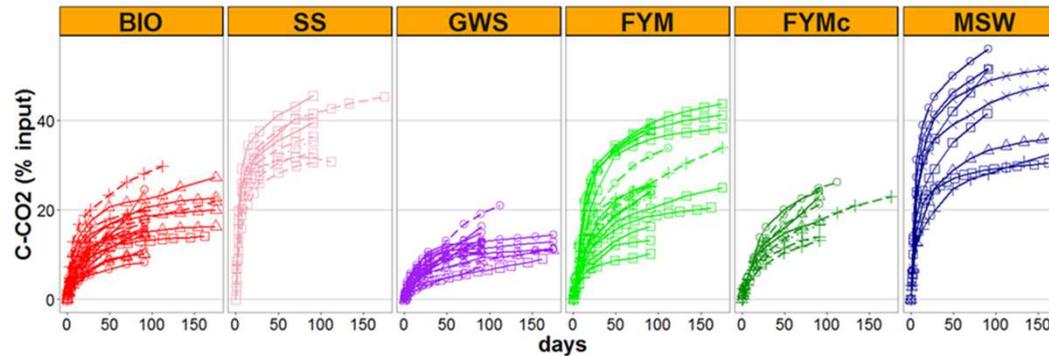


## Plan

- Contexte
- Méthodes
- Résultats
- Conclusion et perspectives

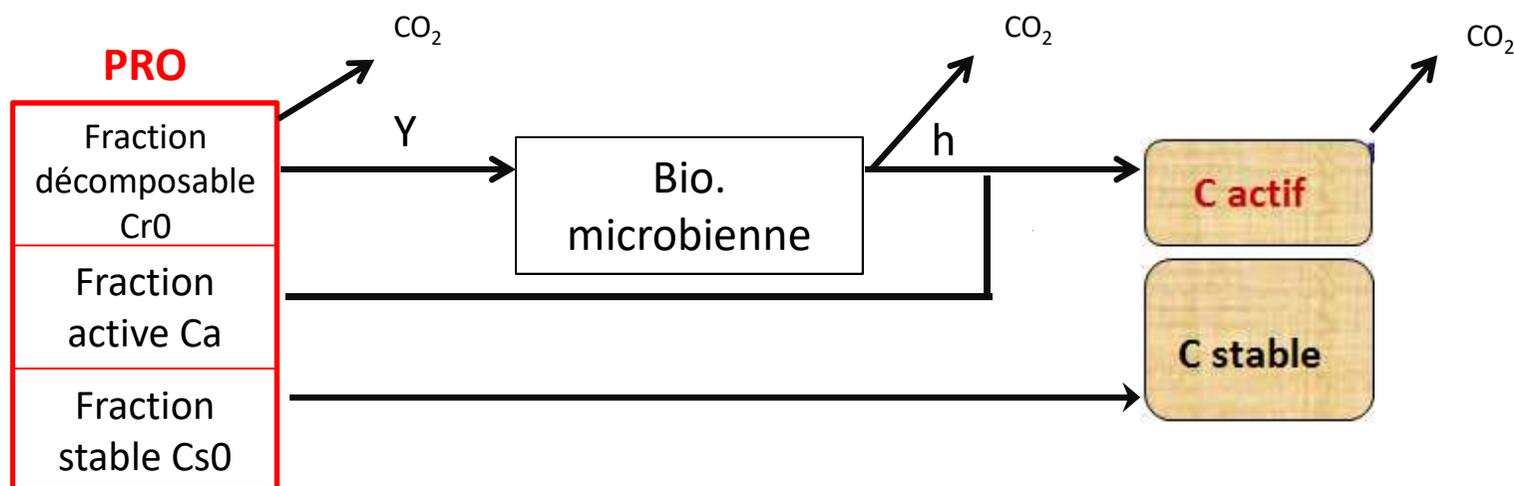


# Modélisation des incubations



- Version initiale de STICS résidus avec uniquement des fractions actives dans le PRO : simulation des incubations non satisfaisantes
- Ajout d'une fraction stable dans le PRO

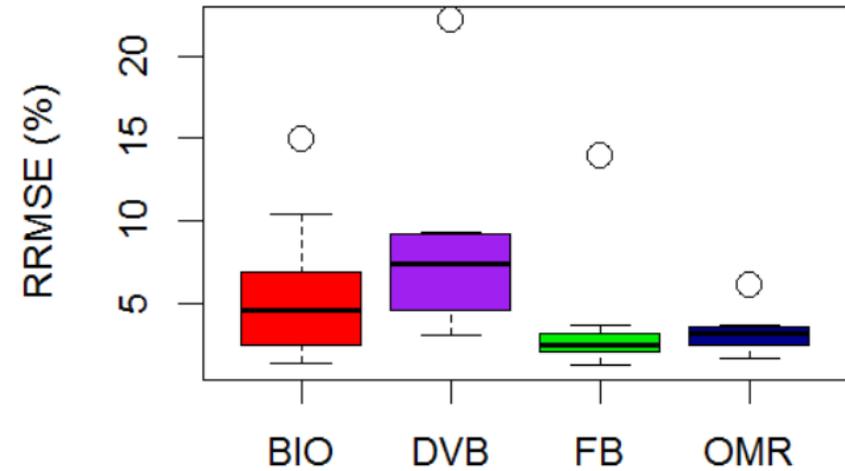
$$k1 = k1a + Cs0 = Y \cdot h \cdot Cro + Ca + Cs$$



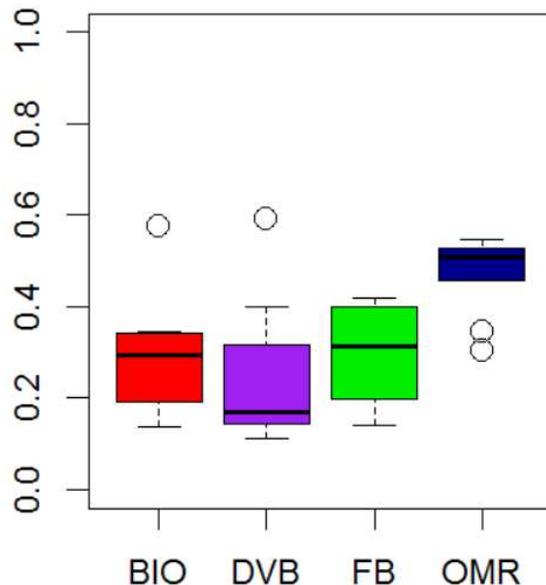


## Modélisation des incubations

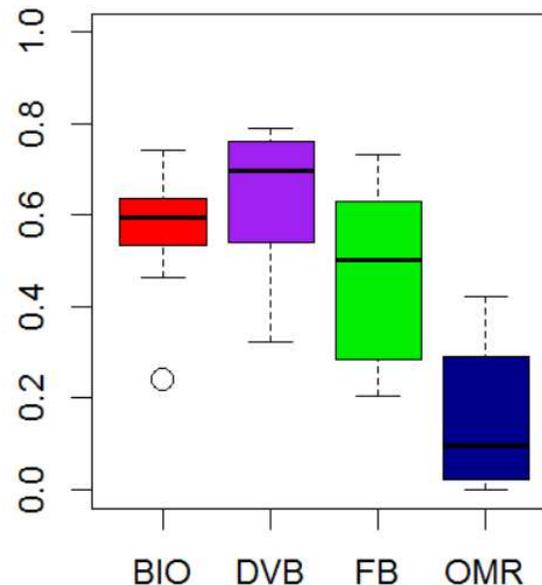
- Prédiction satisfaisante du carbone minéralisé lors des incubations
- Obtention d'un jeu de paramètres  $K1$ ,  $K1a$  et  $Cs$



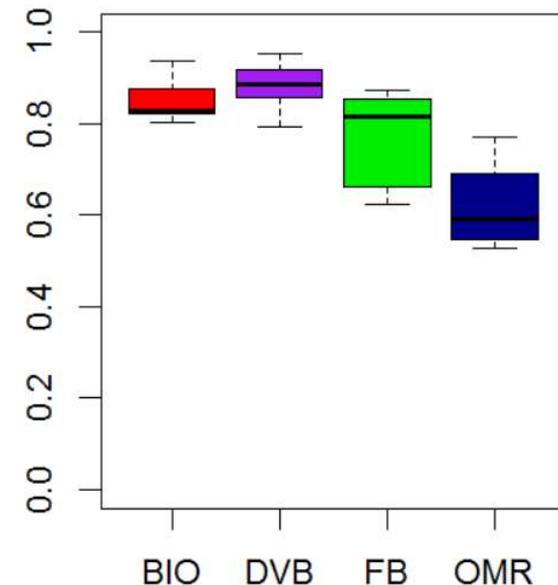
**k1a**



**Cs**

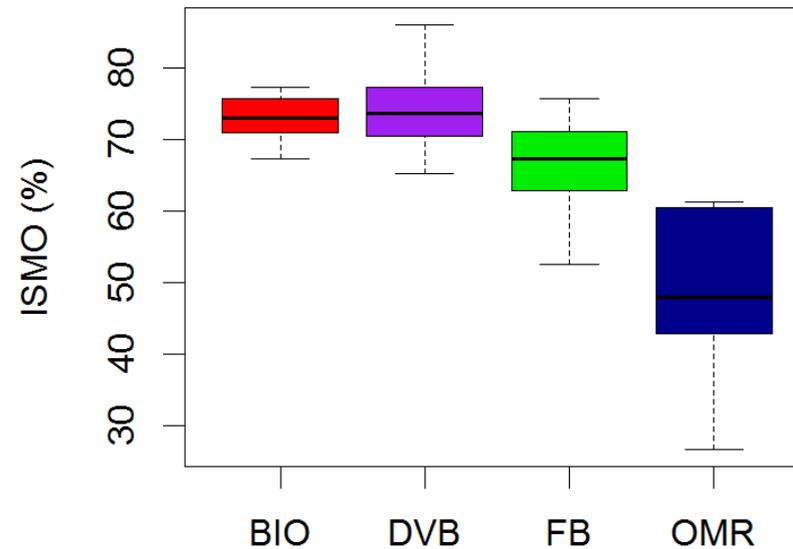


**k1**





## Prédiction des K1 avec ISMO

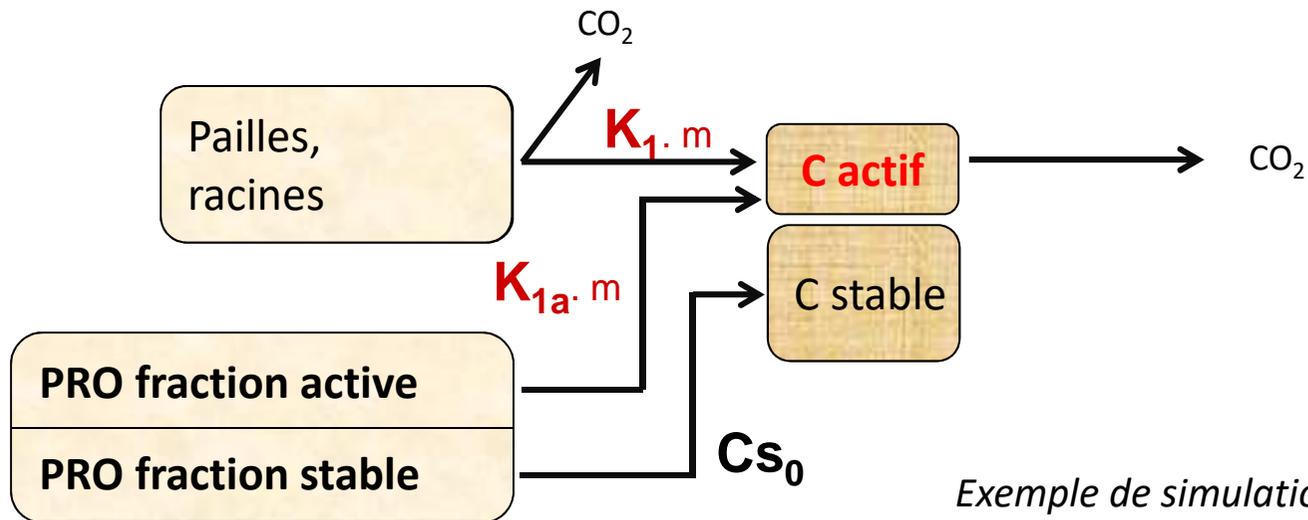


- Corrélation entre ISMO et K1 labo :
  - Bonne corrélation avec K1 et Cs ( $r^2 = 0.8$  et  $0.6$ )
  - Mauvaise corrélation avec K1a ( $r^2 = 0.3$ )



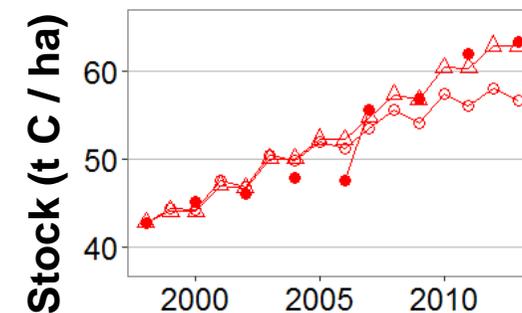
## K1 au champ avec AMG

- AMG : ajout d'un compartiment stable dans le PRO pour être cohérent avec les incubations



$$K1 = K1a + Cs_0$$

Exemple de simulation du Corg du sol au champ (traitement BIO)



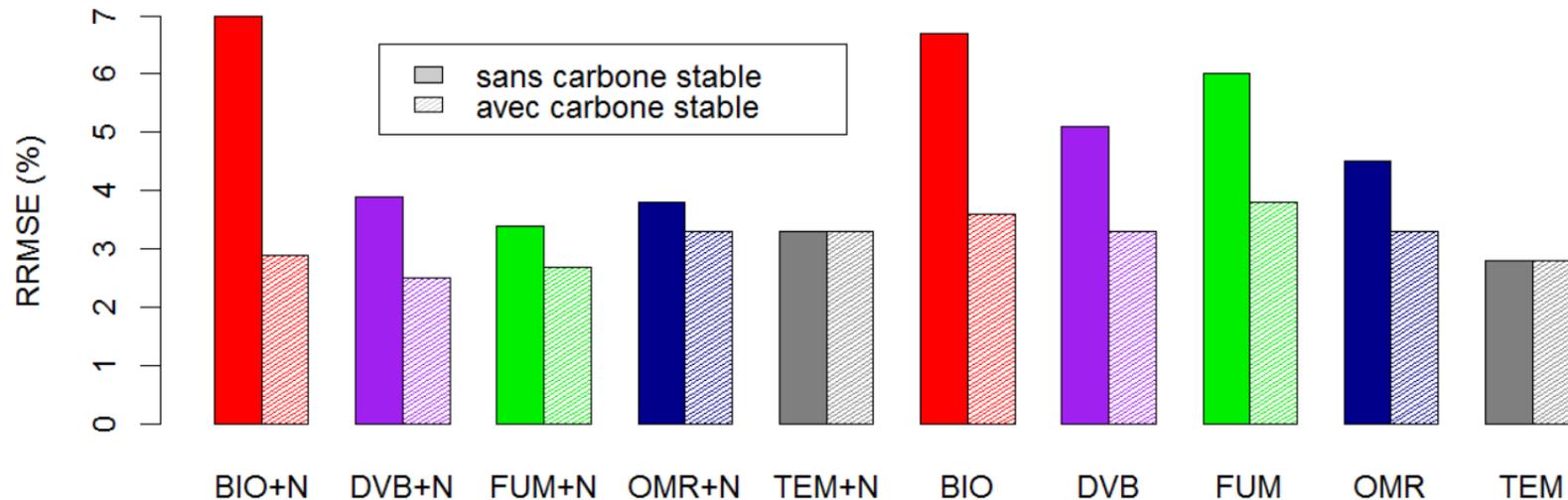
○ AMG without Cs △ AMG with Cs • Observed



## K1 au champ avec AMG

- Légère plus-value avec l'ajout de la partie stable

*Erreur sur la prédiction du Corg du sol au champ*



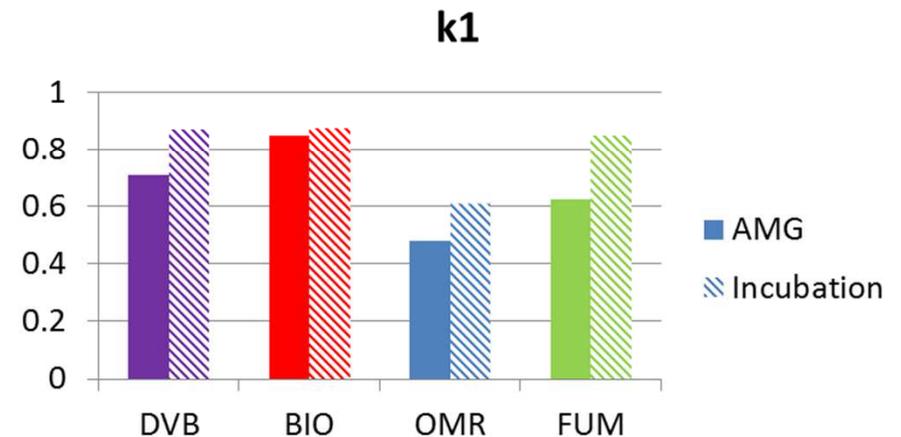
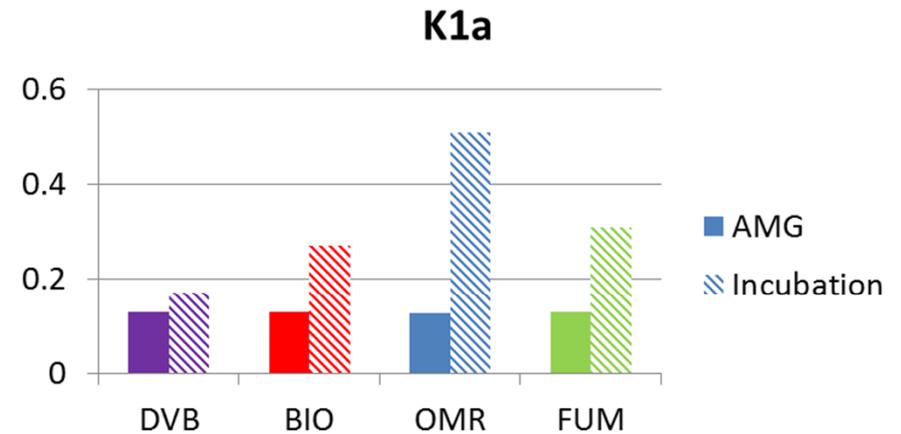
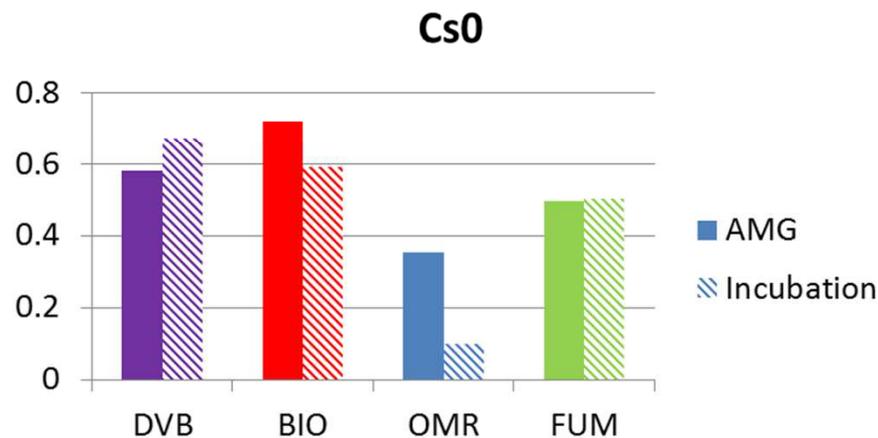
- K1 obtenu avec la partie stable

Paramètre	BIO	GWS	FYM	MSW
K1a	0.13	0.13	0.13	0.13
Cs <sub>0</sub>	0.72	0.58	0.50	0.36
K1	0.85	0.71	0.63	0.48



## Corrélation K1 labo / K1 champ

- Prédiction satisfaisante par les incubations des K1 et  $Cs_0$  obtenus avec AMG ( $r^2 = 0.7$  pour k1 et  $Cs_0$ ), pas de K1a

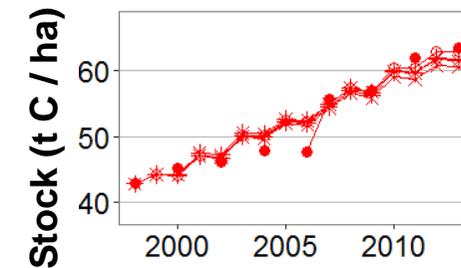


- Bonne corrélation paramètres AMG avec ISMO :  $r^2$  de 0.8 à 0.9 pour k1a,  $Cs_0$  et k1



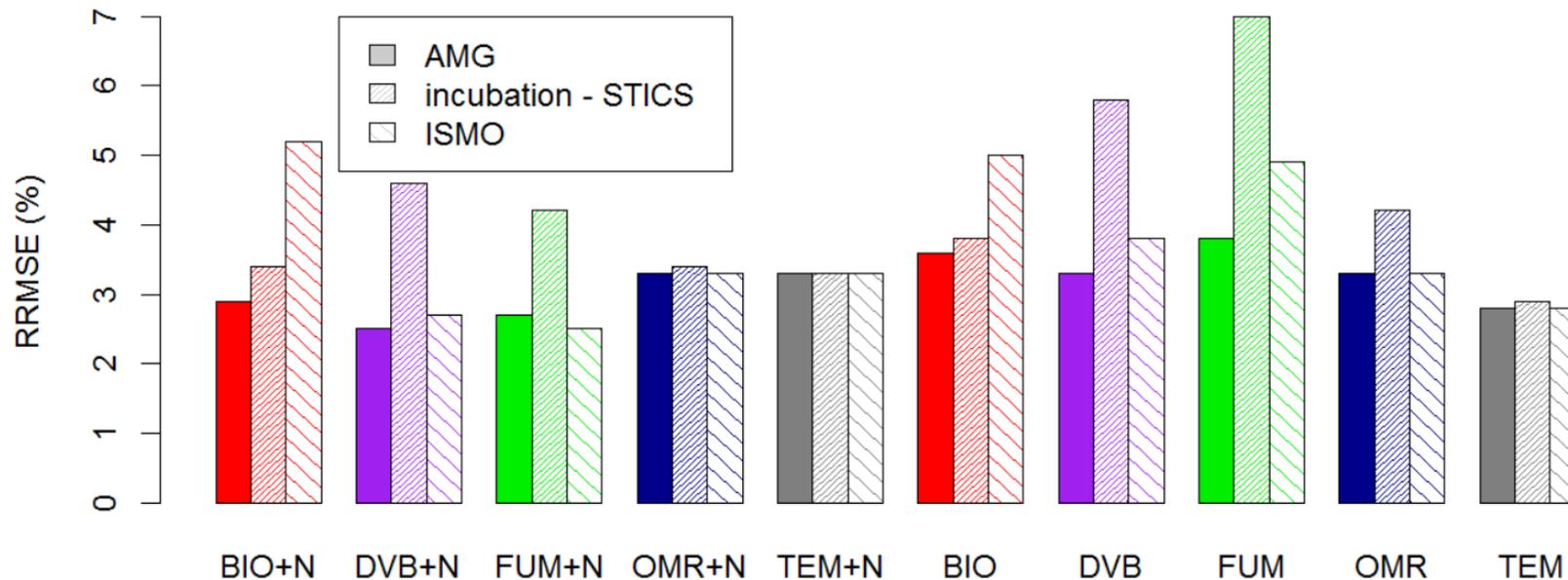
## Prédiction C au champ avec K1 labo

- Bonne prédiction du C au champ avec les paramètres obtenus au labo
  - Peu de sensibilité d'AMG à la valeur de k1a mal prédite par les incubations



Exemple de simulation du Corg du sol selon le k1 utilisé (traitement BIO)

Erreur sur la prédiction du Corg du sol au champ selon les k1 utilisés





## Plan

- Contexte
- Méthodes
- Résultats
- Conclusion et perspectives



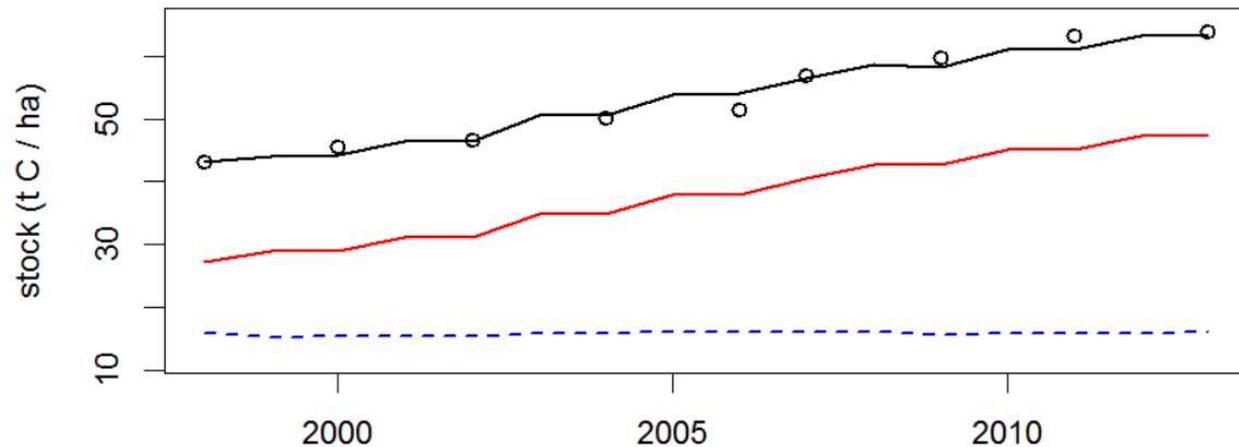
## Conclusion

- Au labo :
  - Nécessité d'introduire un compartiment de carbone stable (non dégradable) dans les PRO pour bien reproduire les dynamiques de minéralisation du C des PRO avec STICS-résidus
  - Valeurs de K1 obtenues par incubation prédictibles par ISMO, mais pas la composante active du K1 (k1a)
- Au champ avec AMG :
  - Carbone stable non indispensable pour bien simuler avec AMG les dynamiques du carbone observées au champ, mais améliore légèrement les simulations
  - Qualité de prédiction du carbone du sol au champ très satisfaisante en optimisant les K1
- Recroisement labo / champ :
  - K1 (et  $Cs_0$ ) incubation et champ similaire pour QualiAgro
  - ISMO bons prédicteurs des K1, K1a et  $Cs_0$  obtenus au champ avec AMG
  - Prédiction possible avec AMG du carbone du sol au champ avec la valeur de K1 obtenue au labo par incubation ou avec l'ISMO



## Incohérence sur le carbone stocké

- Optimisation de la fraction stable amène à stocker presque exclusivement du carbone stable
- Implique une stabilité de la minéralisation de la matière organique du sol même en augmentant fortement les stocks



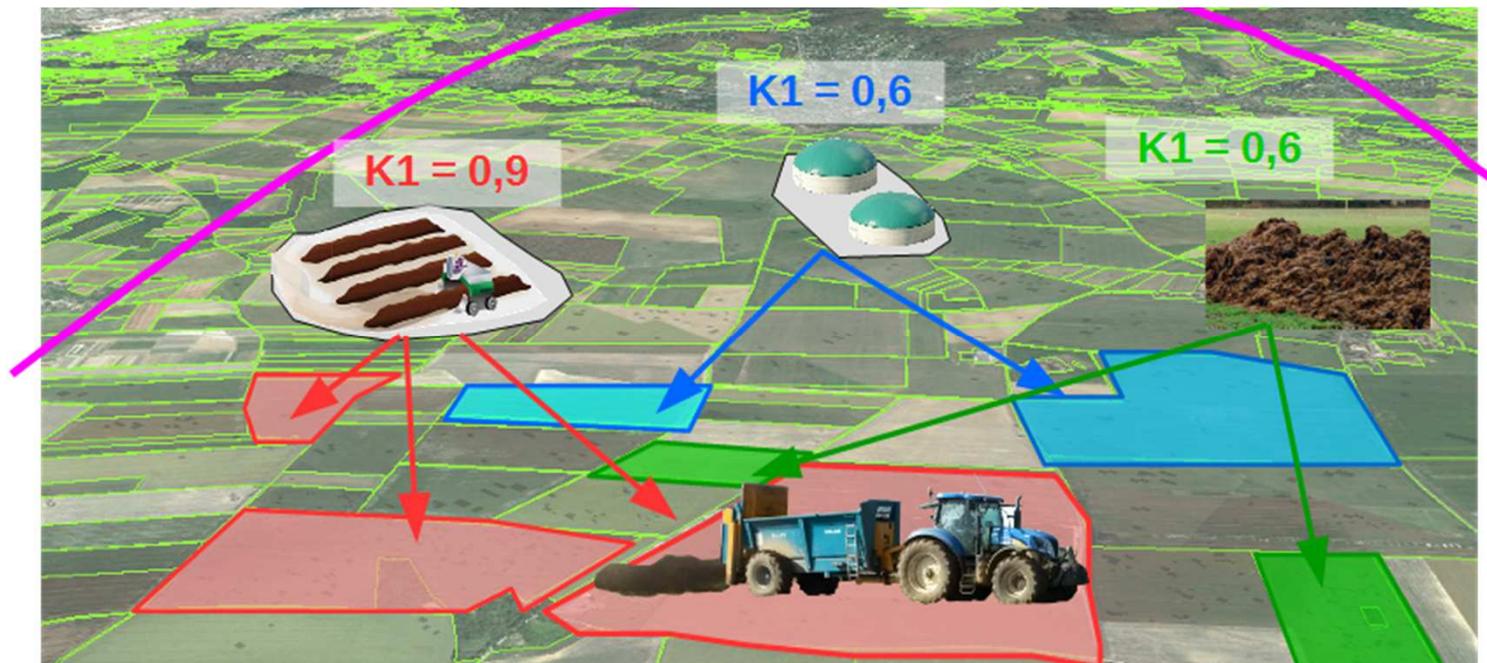
*Exemple de simulation du Corg du sol avec K1 optimisé dans AMG (traitement DVB+N)*

○ C total observé — C total simulé - - - C actif simulé — C stable simulé

- Optimisation du k1 (et Cs) sans contraintes non satisfaisante
- Recherche d'un jeu de paramètres plus cohérent à poursuivre, en intégrant la dynamique de l'azote également

## Perspectives d'utilisation

- Objectif : paramétrage d'AMG en limitant le besoin des essais aux champs, pour simuler plus facilement l'effet de l'insertion d'un PRO sur le C du sol
- Une fois ces PRO paramétrés : optimisation de l'utilisation des PRO à l'échelle des territoires, en fonction du type de PRO, des sols, des systèmes de culture → Projet PROTERR avec la plateforme MAELIA (Thérond et al., 2014)



Merci de votre attention

