



# Entrées et sorties de carbone dans les sols agricoles : quels ordres de grandeur ?

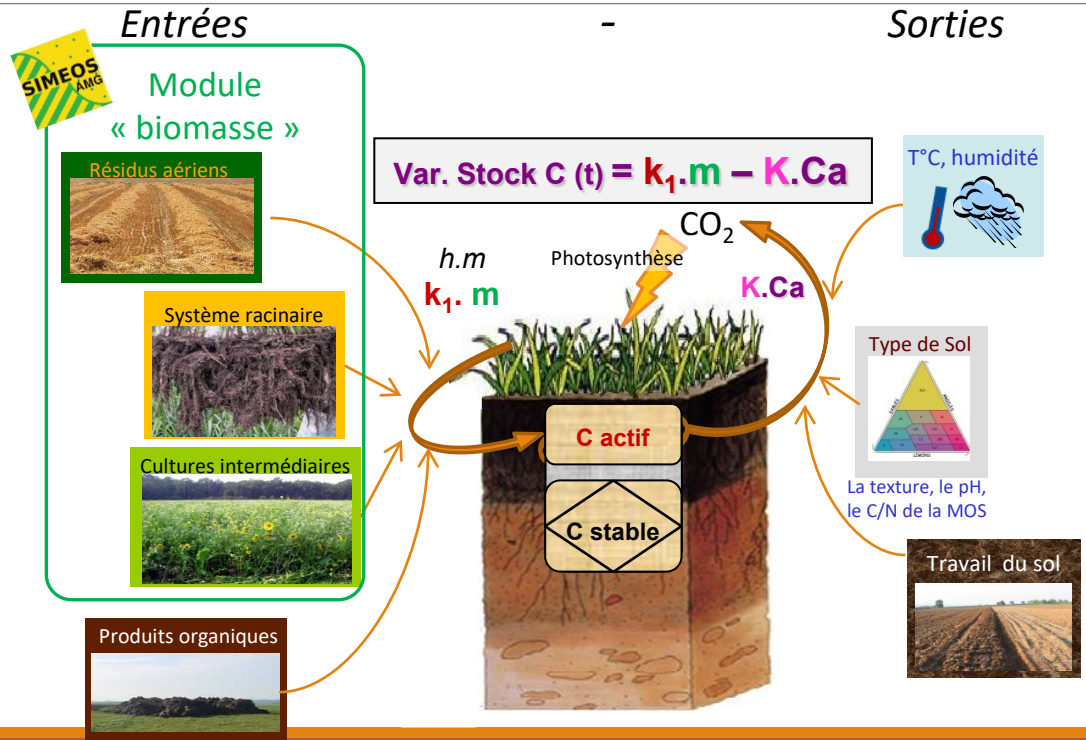
Exemples d'utilisation de SIMEOS-AMG sur les systèmes de culture Syppre

---

Jean-Christophe Mouny – Agro-Transfert Ressources et Territoires  
Anne-Sophie Perrin – Terres Inovia



# Biomasses produites par les cultures et entrées de carbone humifié dans la MOS



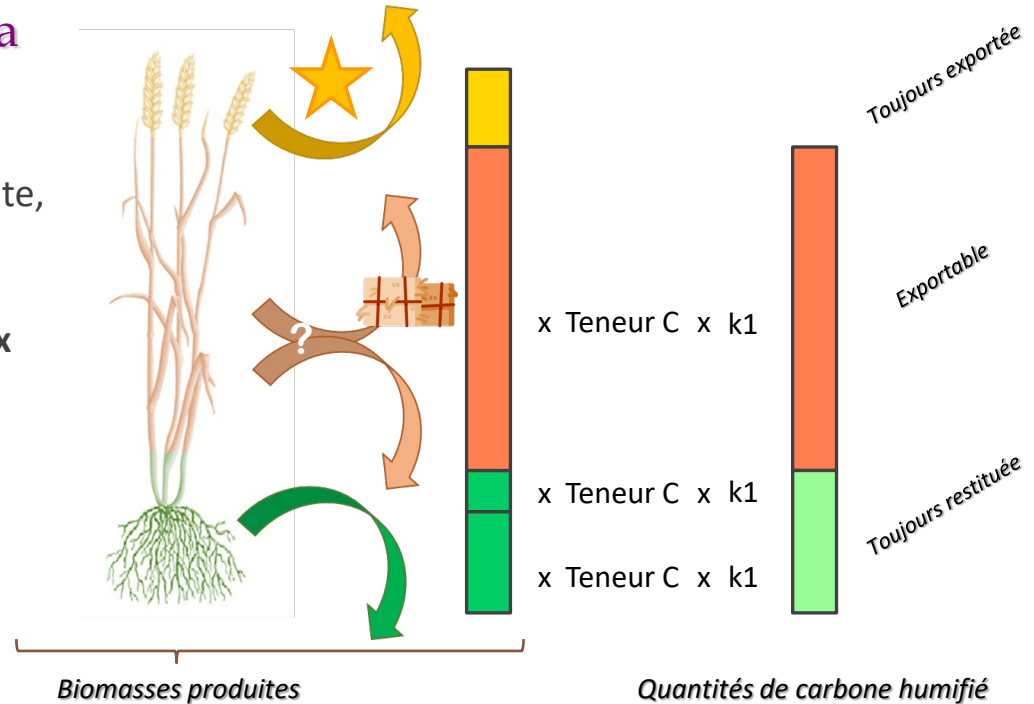
**Modèle AMG :**  
Andriulo, Mary, Guérif  
 - INRA de LAON

# Biomasses produites par les cultures et entrées de carbone humifié dans la MOS

$$\text{AMG}^* : dC/dt = \Sigma(\underline{k1 \times m}) - K \times Ca$$

= entrées - sorties

- **Rendement** moyen habituellement atteint
- **Biomasses** des différentes parties de la plante, fonctions du rendement, via différents **coefficients d'allométrie**
- Quantités de **carbone frais (m)** = **Biomasse x teneur en C**, pour les **parties aériennes ou racinaires**
- Quantités de **carbone humifié** entrant = quantité de carbone frais x **coefficient isohumique (k1)** de la culture



\*(Andriulo et al., 1999; Clivot, et al., 2019)  
 Projet Solébiom (<https://tinyurl.com/colloquesolebiom>)  
 Informations disponibles sur : <http://www.agro-transfert-rt.org/>



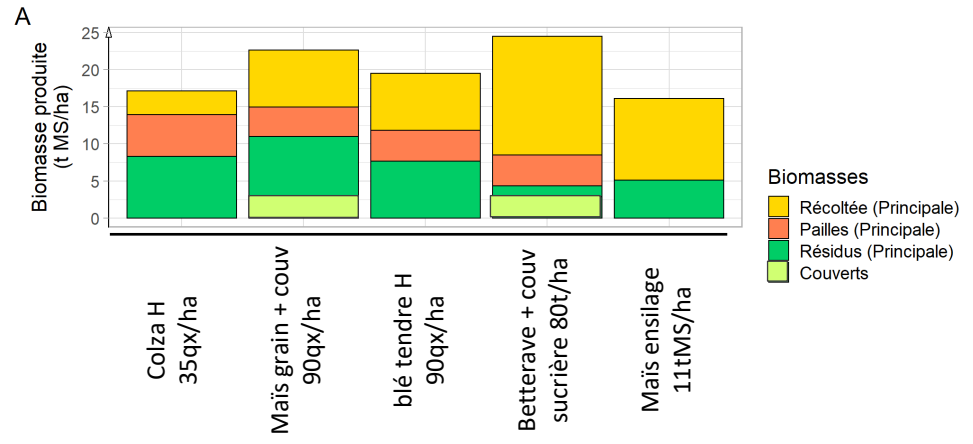
# Biomasses produites par les cultures et entrées de carbone humifié dans la MOS

$$\text{AMG}^* : dC/dt = \Sigma(\mathbf{k1 \times m}) - K \times Ca$$

= entrées - sorties

La fourniture de C humifié ( $k1 \times m$ ) dépend : 1) des biomasses restituées (rendements) et de leurs teneurs en C  
 2) du taux d'humification des résidus de culture lié au C/N

- Biomasses exportées, exportables, restituables, restituées
- Cultures principales + intercultures précédentes



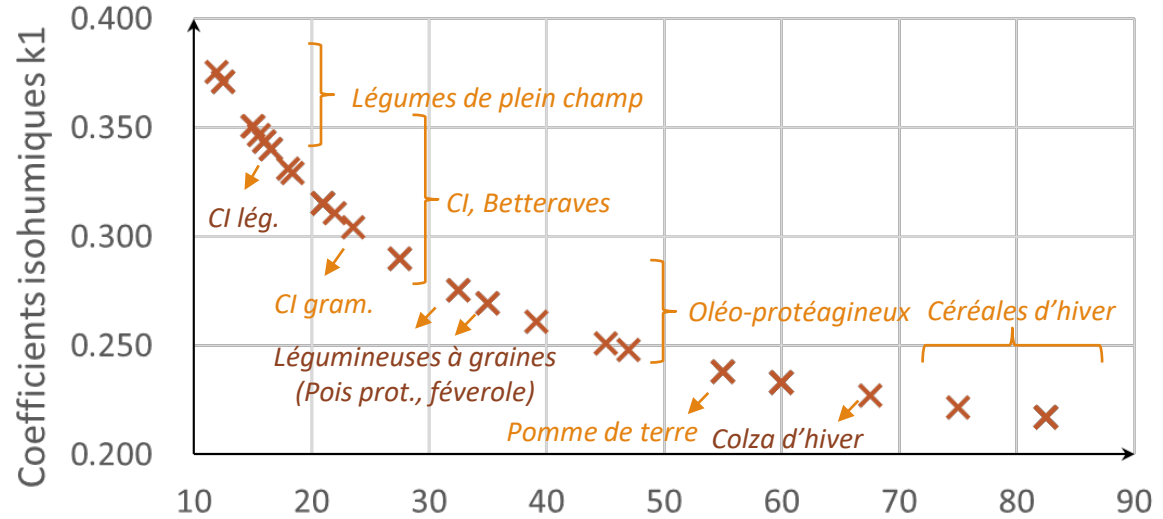
\*(Andriulo et al., 1999; Clivot, et al., 2019)  
 Projet Solébiom (<https://tinyurl.com/colloquesolebiom>)  
 Informations disponibles sur : <http://www.agro-transfert-rt.org/>



# Biomasses produites par les cultures et entrées de carbone humifié dans la MOS

La fourniture de C humifié ( $k_1 \times m$ ) dépend : 1) des biomasses restituées (rendements) et de leurs teneurs en C  
 2) du taux d'humification des résidus de culture lié au C/N

AMG\* :  
 $\frac{dC}{dt} =$   
 $\Sigma(k_1 \times m) - K \times Ca$   
 = entrées - sorties



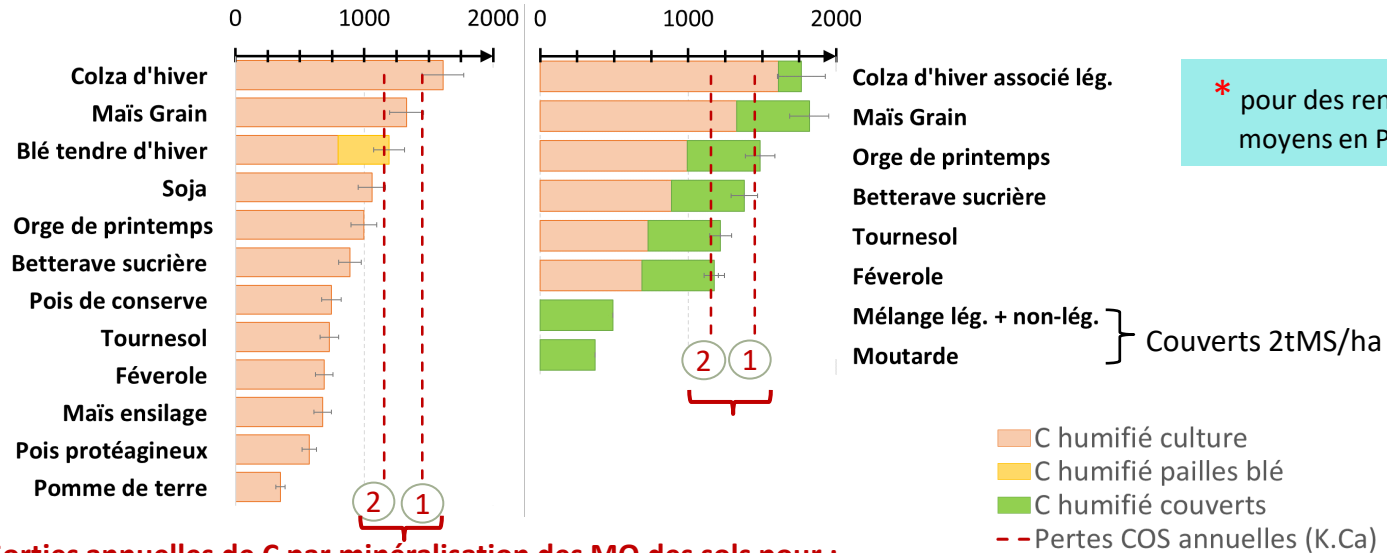
\*(Andriulo et al., 1999; Clivot, et al., 2019)  
 Projet Solébiom (<https://tinyurl.com/colloquesolebiom>)  
 Informations disponibles sur : <http://www.agro-transfert-rt.org/>

D'après Justes, et al. 2009



# Entrées et sorties de carbone dans les sols agricoles : quels ordres de grandeur ?

Entrées et sorties de carbone humifié en kg de C par hectare et par an \*



**Sorties annuelles de C par minéralisation des MO des sols pour :**

- (1) un sol de limon moyen profond à 1.6% de MO (cas courant Picardie)
- (2) un sol argilo-calcaire superficiel à 3% de MO (cas courant Berry)

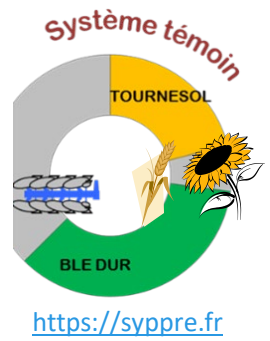
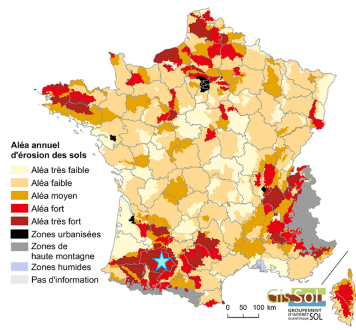


# Entrées et sorties de carbone dans les sols : application sur les systèmes de culture Syppre

## Coteaux du Lauragais

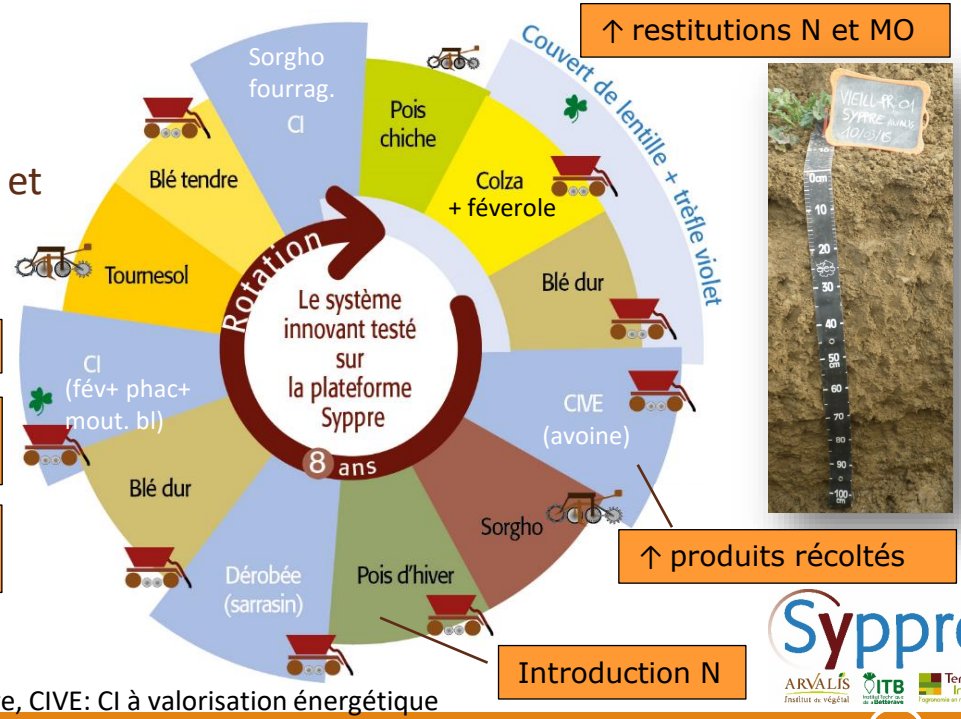
**Système innovant :**

Produire plus avec de la qualité et sur un sol fertile (↓érosion) »



<https://syppre.fr>

- Optimisation des CI
- Résidus et CI restitués (hors CIVE)
- Réduction travail du sol (SD, strip-till...)



CI: couverts d'interculture, CIVE: CI à valorisation énergétique

Introduction N

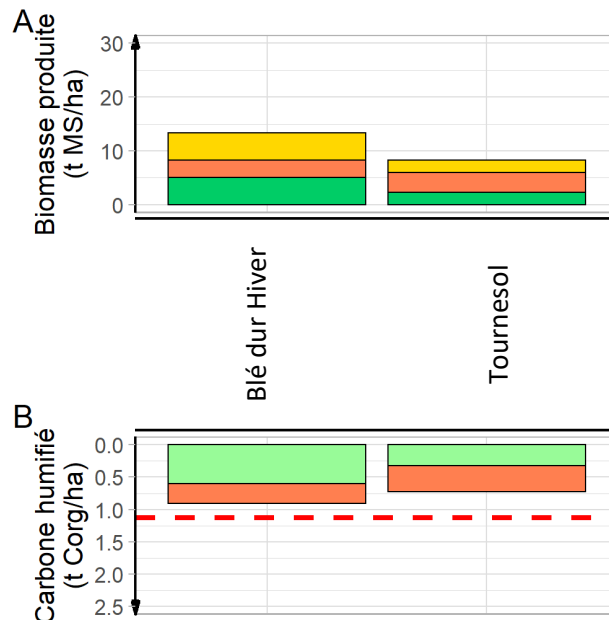




# Entrées et sorties de carbone dans les sols : application sur les systèmes de culture Syppre

- Blé dur à 60qx/ha
  - **8,3 t<sub>MS</sub>/ha restituables** pour 5,1 t<sub>MS</sub>/ha de grains exportés
  - **0,9 t<sub>C</sub>/ha restituable**
- Tournesol à 25qx/ha
  - **6,0 t<sub>MS</sub>/ha restituables** pour 2,3 t<sub>MS</sub>/ha de graines exportées
  - **0,7 t<sub>C</sub>/ha restituable**
- Pédoclimat
  - Argilo-calcaire peu caillouteux
  - Teneur initiale faible ; C/N 8,7
  - Climat sec (P-ETP = -330mm) et chaud (13,9°C)

## Système Témoin - Lauragais



Tous les résidus de cultures sont restitués  
 Rendement : grains exportés

### Biomasses

- Rendement de la culture
- Biomasse de la culture exportable
- Biomasse obligatoirement restituée par la culture (aer.+rac.)

### Carbone humifié

- k1m\_exportable\_finalement restitué
- k1m\_obligatoirement\_restitue
- ↘ perte annuelle de C par minéralisation

Projet Solébiom (<https://tinyurl.com/colloquesolebiom>)

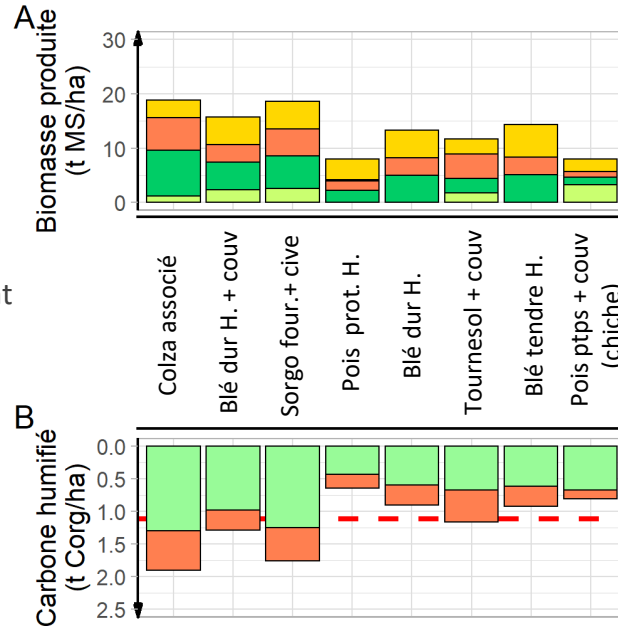




# Entrées et sorties de carbone dans les sols : application sur les systèmes de culture Syppre

- Colza associé à 35qx/ha
  - 15,7 t<sub>MS</sub>/ha restituables dont 1,3 t<sub>MS</sub>/ha par le couvert
  - 1,9 t<sub>C</sub>/ha restituable
- Blé dur à 60qx/ha + couvert précédent
  - 10,6 t<sub>MS</sub>/ha restituables dont 2,3 t<sub>MS</sub>/ha par le couvert
  - 1,3 t<sub>C</sub>/ha restituable
- Tournesol à 30qx/ha + couvert précédent
  - 8,9 t<sub>MS</sub>/ha restituables dont 1,7 t<sub>MS</sub>/ha par le couvert
  - 1,2 t<sub>C</sub>/ha restituable
- Pédoclimat
  - Argilo-calcaire peu caillouteux
  - Teneur initiale faible ; C/N 8,7
  - Climat sec (P-ETP = -330mm) et chaud (13,9°C)

## Système Innovant - Lauragais



Tous les résidus de cultures sont restitués  
 Rendement : grains exportés

### Biomasses

- Rendement de la culture
- Biomasse de la culture exportable
- Biomasse obligatoirement restituée par la culture (aer.+rac.)
- Biomasse restituée par le couvert (aer.+rac.)

### Carbone humifié

- k1m\_exportable\_finalement\_restitue
- k1m\_obligatoirement\_restitue

↘ perte annuelle de C par minéralisation

Projet Solébiom (<https://tinyurl.com/colloquesolebiom>)



# Entrées et sorties de carbone dans les sols : application sur les systèmes de culture Syppre

## Système INNOVANT LAURAGAIS

CULTURE (+ couvert)	Biomasse totale	Biomasse couvert	Rendement	K1 x m total t C <sub>hum</sub> /ha
	restituée t MS/ha	restituée t MS/ha	culture t MS/ha	
<b>1- Colza + couvert associé</b>	15,65	1,25	3,19	1,91
<b>2- Blé dur d'hiver + couv. précédent</b>	10,60	2,34	5,10	1,29
<b>3- Sorgho + CIVE</b>	13,51	2,60	5,10	1,76
<b>4- Pois protéagineux d'hiver</b>	4,77		3,87	0,64
5- Blé dur d'hiver	8,26		5,10	0,90
<b>6- Tournesol + couvert précédent</b>	8,92	1,72	2,73	1,16
7- Blé tendre d'hiver	8,40		5,95	0,93
<b>8- Pois prot. (chiche) + couv. précédent</b>	5,69	3,30	2,36	0,81

CIVE: Couvert Intermédiaire à valorisation énergétique

Différence de stock entre état initial et état à l'équilibre (innovant): + 0,7 t Corg /ha  
 Ecart de stock : système Innovant – système Témoin (équilibre) : + 4 t Corg /ha

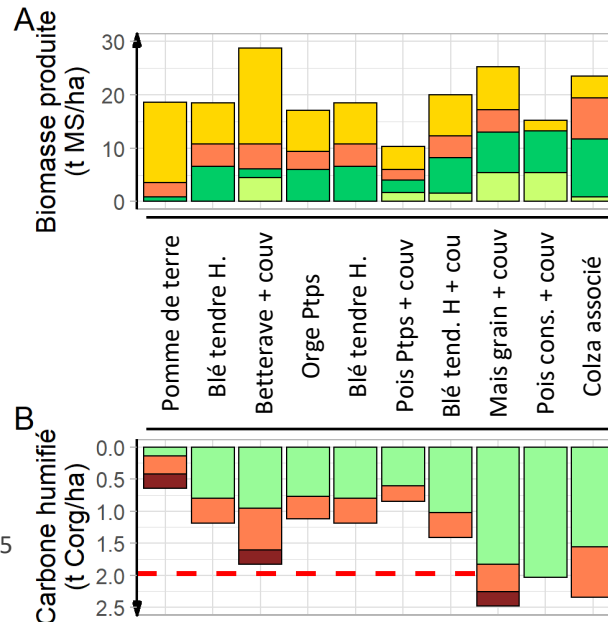


# Entrées et sorties de carbone dans les sols : application sur les systèmes de culture Syppre

- Pomme de terre à 60t/ha
  - 3,6 t<sub>MS</sub>/ha restituables pour 15,0 t<sub>MS</sub>/ha de tubercules exportés
  - 0,6 t<sub>C</sub>/ha restituable
- Colza associé à 45qx/ha
  - 19,4 t<sub>MS</sub>/ha restituables pour 4,1 t<sub>MS</sub>/ha de graines exportées
  - 2,4 t<sub>C</sub>/ha restituable
- Maïs grain à 95qx/ha
  - 17,2 t<sub>MS</sub>/ha restituables pour 8,1 t<sub>MS</sub>/ha de grains exportées, dont 5,4 t<sub>MS</sub>/ha de couvert produit
  - 2,3 t<sub>C</sub>/ha restituable

➤ Pédoclimat  
 Limon moyen  
 Teneur initiale forte pour la région ; C/N 10,5  
 Climat moyen (P-ETP = -80mm)  
 et frais (11°C)

## Système Innovant Picardie



Tous les résidus de cultures sont restitués

Rendement : grains, tubercules exportés

### Biomasses

- Rendement de la culture
- Biomasse de la culture exportable
- Biomasse obligatoirement restituée par la culture (aer.+rac.)
- Biomasse restituée par le couvert (aer.+rac.)

✗ perte annuelle de C par minéralisation

### Carbone humifié

- k1m\_PRO
- k1m\_exportable\_finalement restitué
- k1m\_obligatoirement restitué

Projet Solébiom (<https://tinyurl.com/colloquesolebiom>)



# Entrées et sorties de carbone dans les sols : application sur les systèmes de culture Syppre

## Système INNOVANT PICARDIE

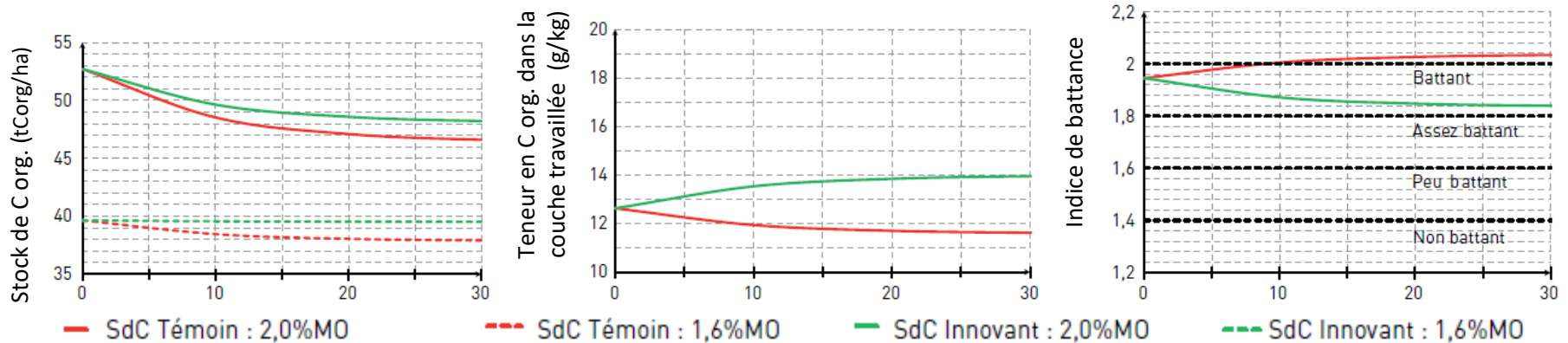
CULTURE (+ couvert)	Biomasse totale restituée t MS/ha	Biomasse couvert restituée t MS/ha	Rendement culture t MS/ha	K1 x m total t Chum./ha
1- Pomme de terre	3,57		15,00	0,64
2- Blé tendre hiver	10,80		7,65	1,19
3- Betterave + couvert précédent	10,78	4,55	18,00	1,83
4- Orge printemps	9,43		7,65	1,12
5- Pois Protéagx P + couvert précdt	5,99	1,63	4,30	0,84
6- Blé tendre H. + couvert précdt	12,35	1,55	7,65	1,42
7- Maïs grain + couvert précdt	17,17	5,38	8,08	2,48
8- Pois conserve + couvert précdt	13,20	5,38	2,00	2,04
9- Colza associé	19,44	0,92	4,10	2,35

Différence de stock entre état initial et état à l'équilibre (innovant): - 4,0 t Corg /ha

Ecart de stock : système Innovant – système Témoin (équilibre) : + 1,05 t Corg /ha



# D'autres points à considérer ...



La teneur initiale en C org. influence le niveau de stockage mais pas la différence de stockage entre systèmes de culture  
 La localisation du C org. en surface permet de réduire la battance du sol (système innovant)

Indices de battance selon : Rémy et Marin-Lafèche, 1974  
[http://www.agro-transfert-rt.org/wp-content/uploads/2016/02/M%C3%A9mento\\_sols\\_et\\_mati%C3%A8re\\_organique.pdf](http://www.agro-transfert-rt.org/wp-content/uploads/2016/02/M%C3%A9mento_sols_et_mati%C3%A8re_organique.pdf)



# Entrées et sorties de carbone dans les sols agricoles : quels ordres de grandeur ?

---

Merci de votre attention