

Projet OptiCIVE
Impact des CIVE sur le stockage
du carbone dans les sols

ARVALIS
Institut du végétal

LAGRANGE Hélène – Arvalis Institut du végétal

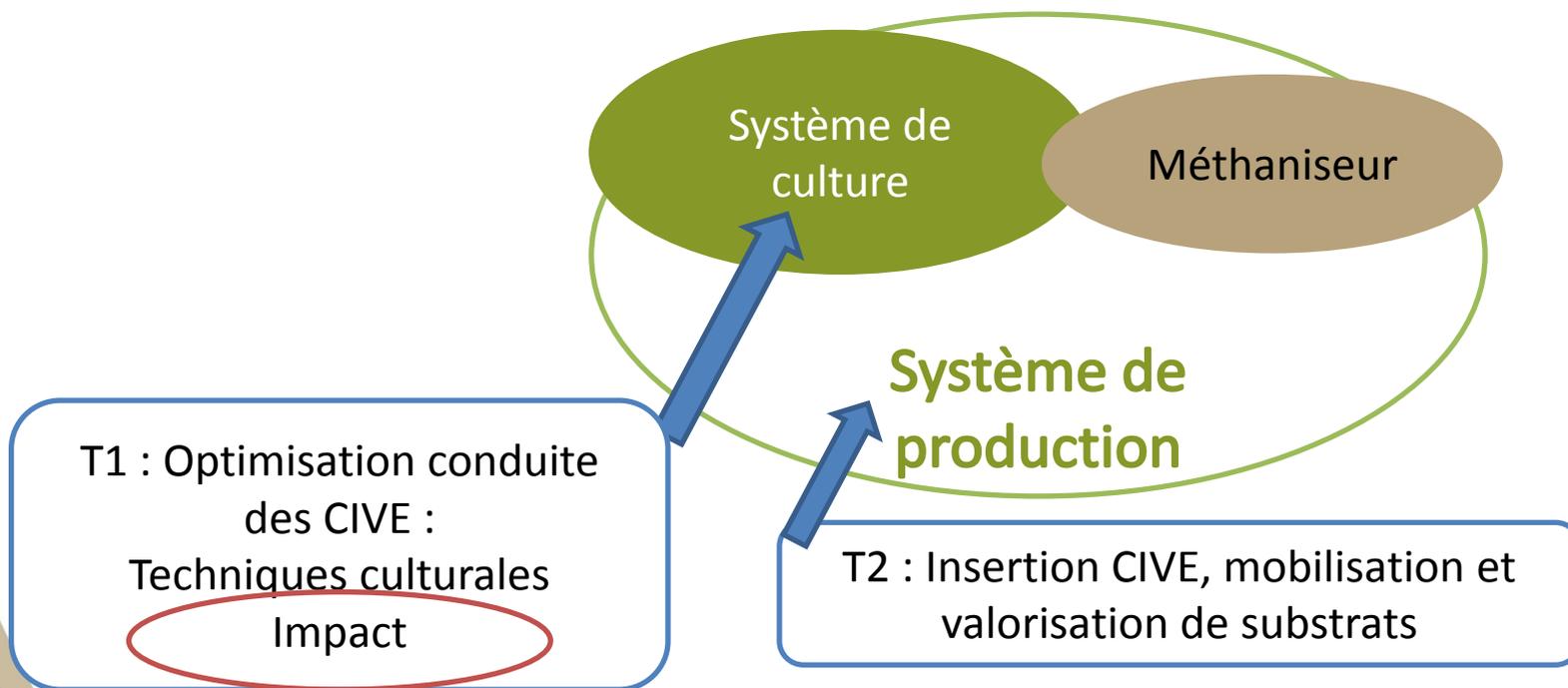


OPTICIVE – 2015- 2019

L'organisation des travaux



GIE GAO





L'exportation des CIVE conduit-elle à un déstockage du carbone organique?

L'exportation des CIVE impacte-t-elle le stockage de carbone organique par les sols ?

Quel effet du retour au sol des digestats sur le stockage de carbone organique par les sols ?

Y a-t-il un impact différent selon la rotation ?

Y a-t-il un impact différent selon le type de sol ?



Cas types à partir des résultats OptiCIVE



Focus sur les plateformes SYPPRE Sud Ouest, projet SOLEBIOM

Comment appréhender l'impact des pratiques culturales sur le stock, la teneur ou la répartition du C dans le sol

Un modèle simple de calcul de bilan humique à la parcelle : AMG*

*AMG, du nom de ses auteurs: Andriulo, Mary, Guérif - INRA de LAON

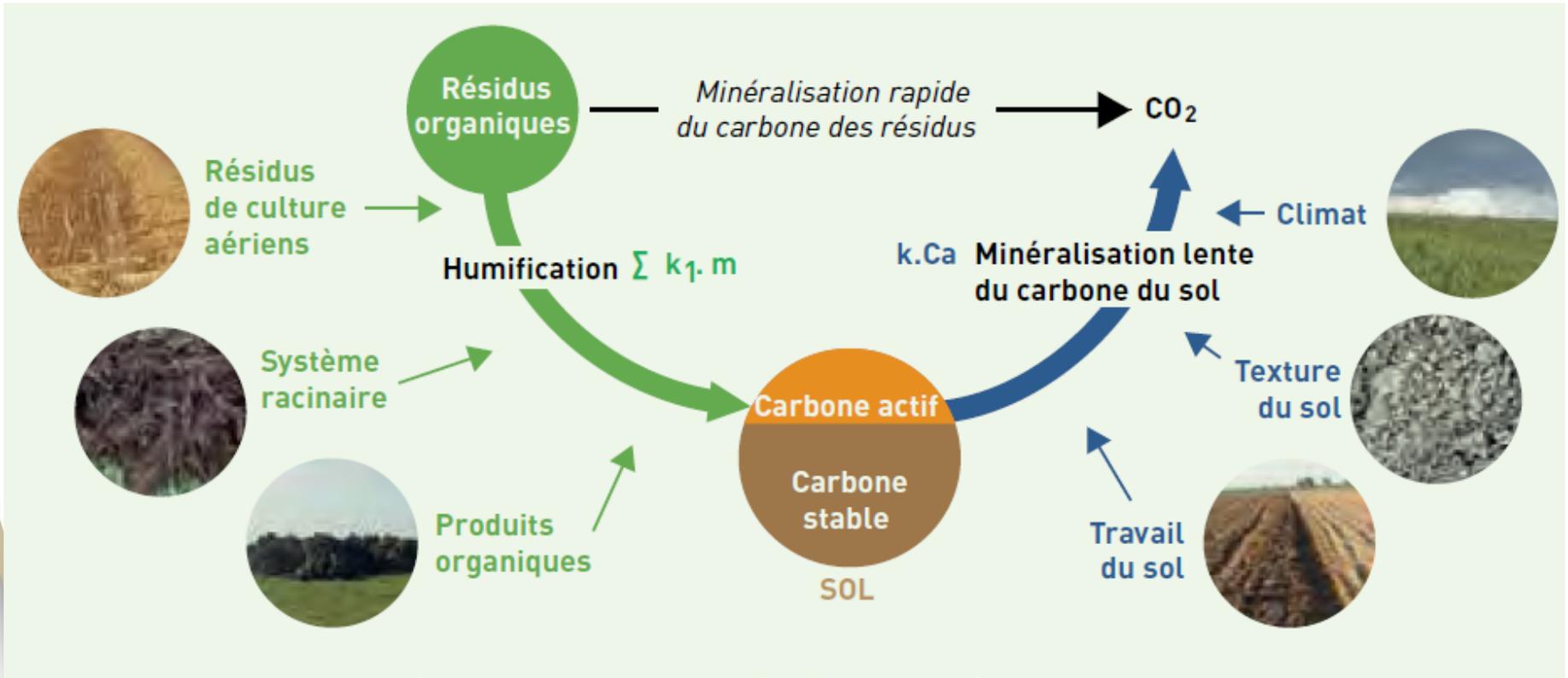


Figure 2 : Le bilan humique à la parcelle tel que modélisé par le modèle AMG. La variation annuelle du carbone organique actif est la différence entre les « entrées » dans ce compartiment, via divers apports, et les « sorties », suite à sa minéralisation lente sous l'influence de divers facteurs.



L'exportation des CIVE impacte -t-elle le stockage de carbone organique par les sols ?

- Cas d'étude B:**

Sol (source Base Sol Arvalis, 2019)

Horizon de surface	Taux argile décarbonatée (%)	Taux de MO (%)	Taux de CaCO3 (%)	Densité apparente (g/cm3)	Taux de cailloux (% du volume)	pH eau	Azote organique
Terreforts moyens MP5113001	42.97	1.70	6	1.33	5	7.6	0.11

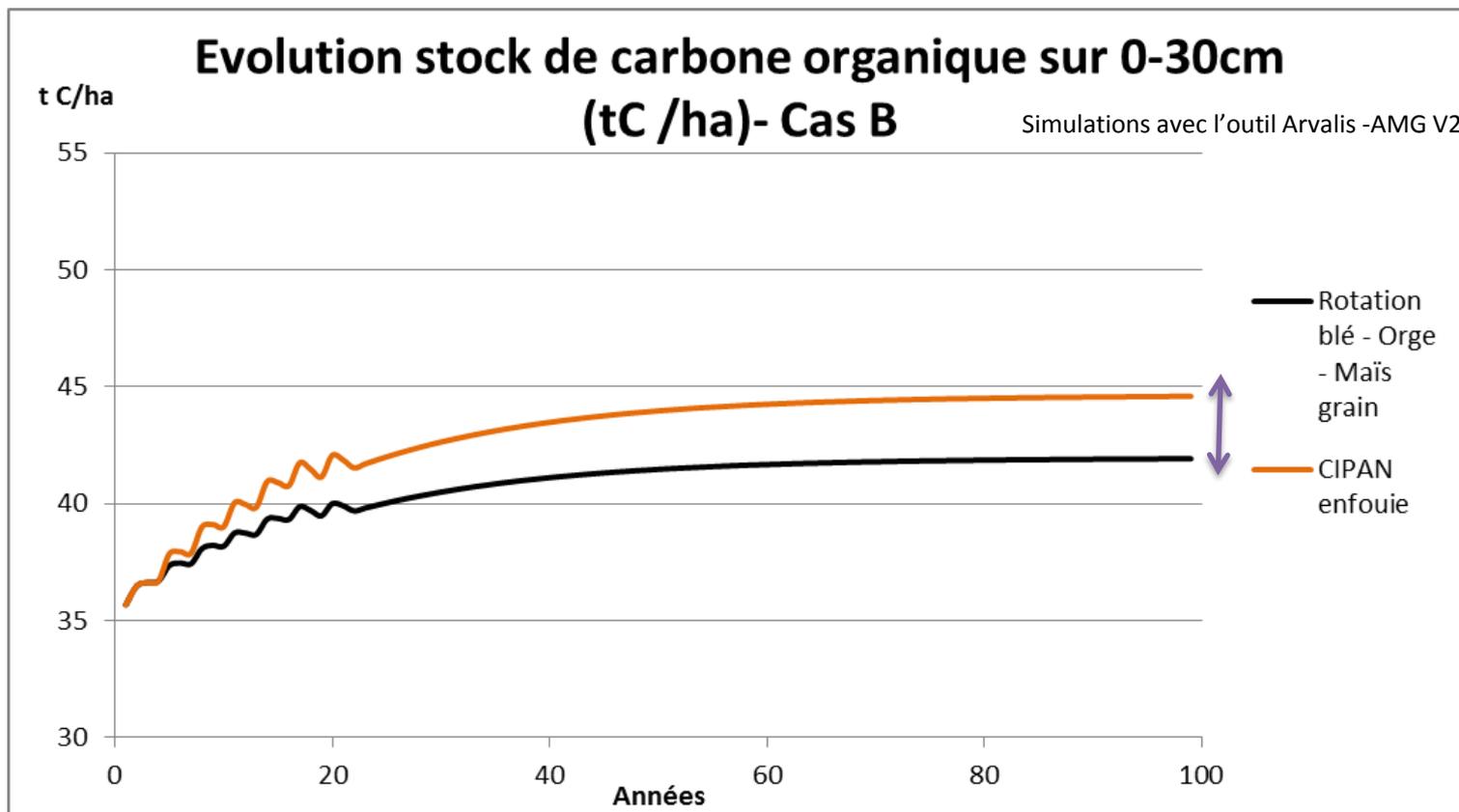
Rotation type

Cultures dans la rotation	CIVE	CIPAN	Travail du sol
Blé (60q/ha) Orge d'hiver (65 q/ha) Maïs irrigué (110q/ha)	CIVE d'hiver avant le maïs grain 6 tMS/ha Impact rdt maïs -10q/ha	CIPAN type graminée avant le maïs grain 2 tMS/ha Pas d'impact rdt maïs	Labour 25 cm



L'exportation des CIVE impacte -t-elle le stockage de carbone organique par les sols ?

Rôle d'un couvert type CIPAN dans le stockage du carbone ?

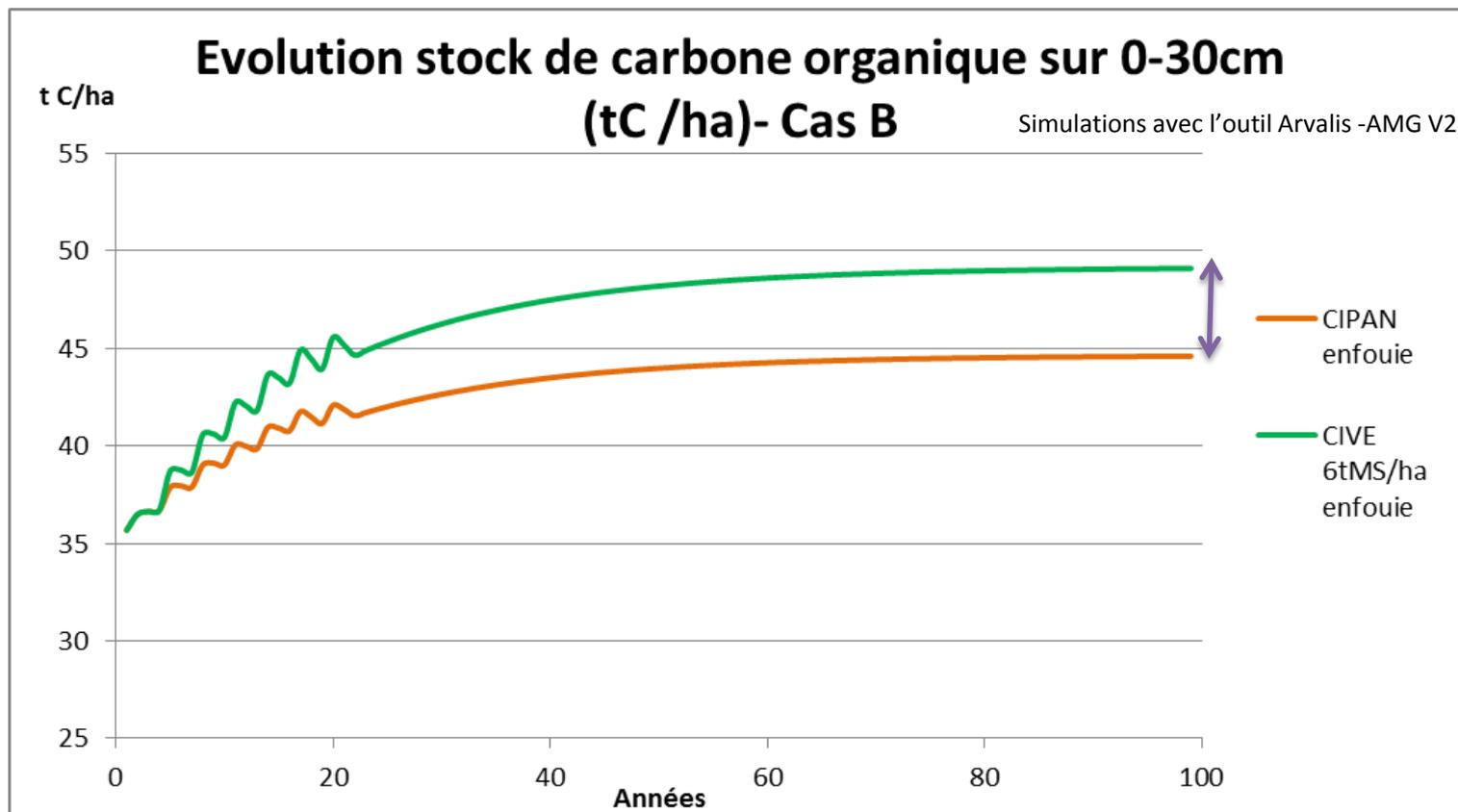


**Effet CIPAN (2tMS /ha) =
+ 0.12% MO**



L'exportation des CIVE impacte -t-elle le stockage de carbone organique par les sols ?

Que permettrait l'enfouissement de la CIVE ?

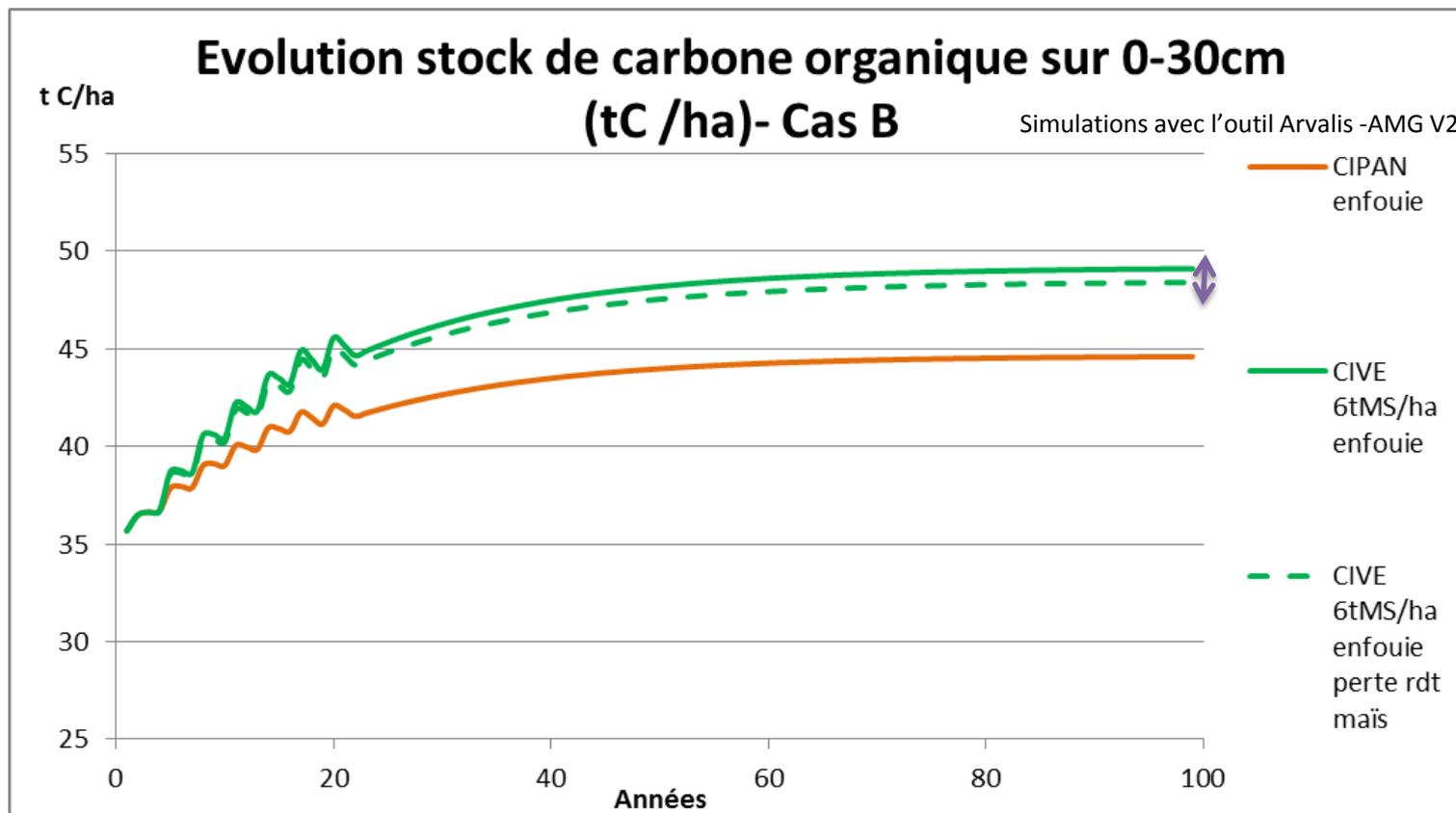


Effet enfouissement de la CIVE (6tMS /ha) = + 0.20% MO



L'exportation des CIVE impacte -t-elle le stockage de carbone organique par les sols ?

Impact d'une baisse de rendement du maïs sur le stockage du C ?



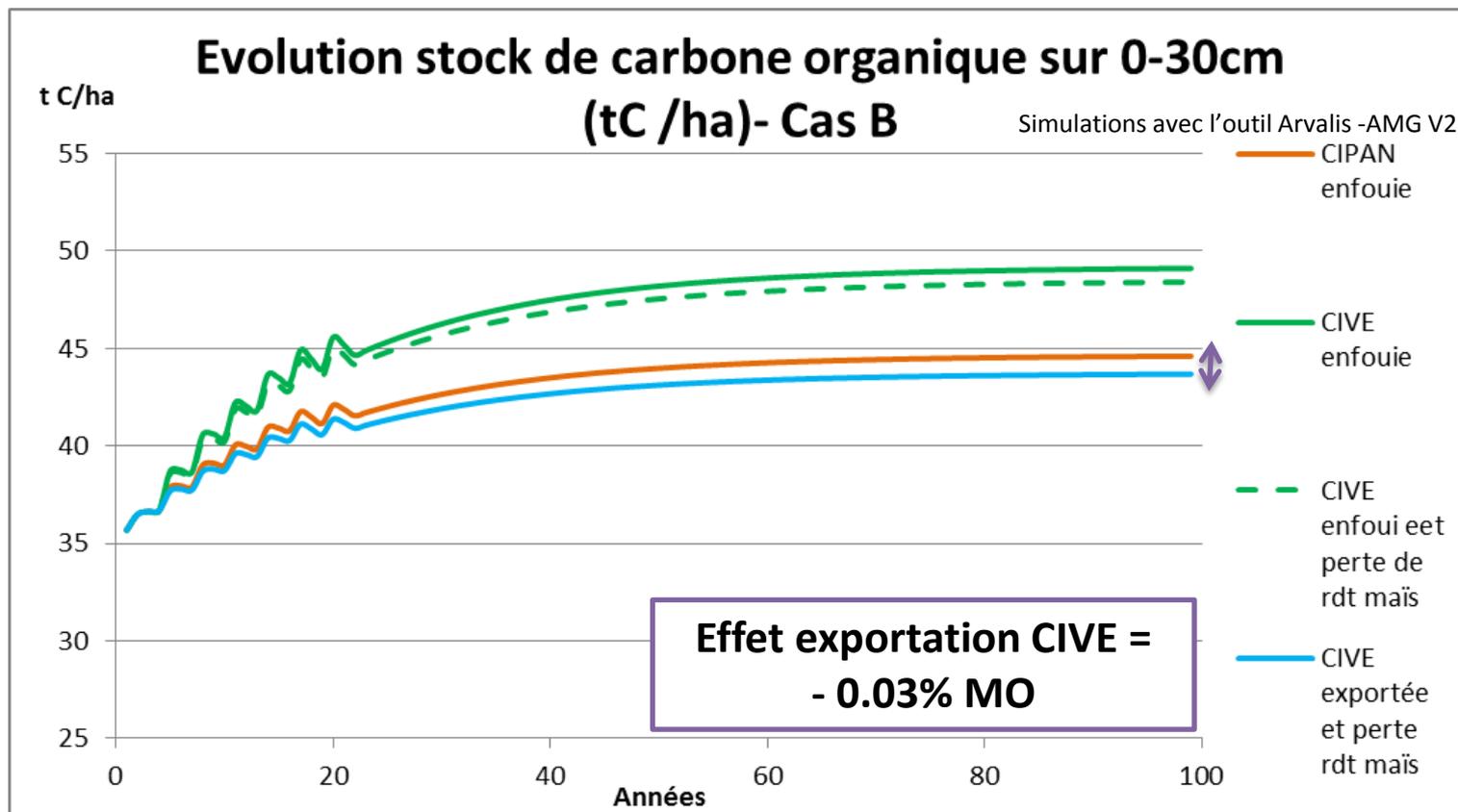
Effet enfouissement de la CIVE (6tMS /ha) = + 0.20% MO

Effet perte de rendement du maïs = -0.03% MO



L'exportation des CIVE impacte -t-elle le stockage de carbone organique par les sols ?

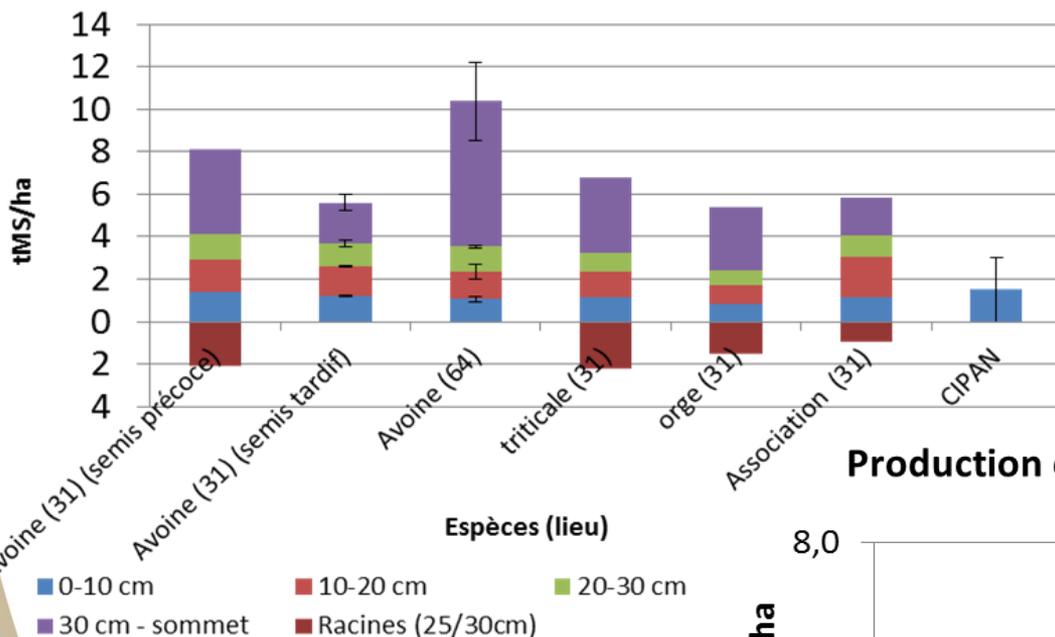
Impact de l'exportation de la CIVE?



En comparaison à une CIPAN enfouie, la présence d'une CIVE exportée permet de stocker du C mais en quantité plus faible

Restitutions des CIVE

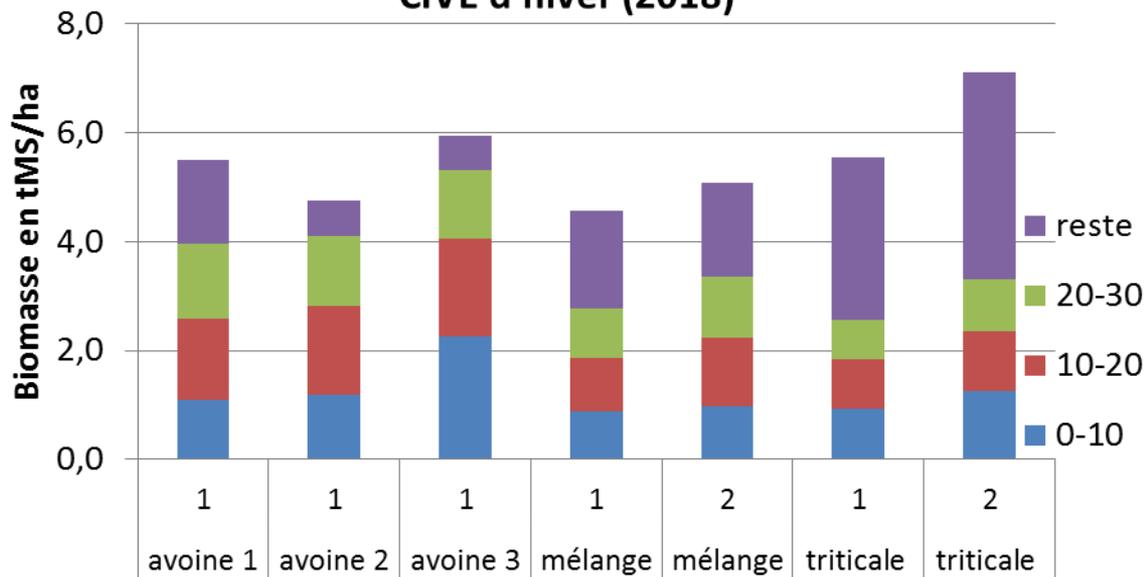
Production de biomasse aérienne et souterraine de CIVE d'hiver (2017)



Près de **2 tMS/ha**
restituées au sol

par les chaumes de 15 cm
et les racines

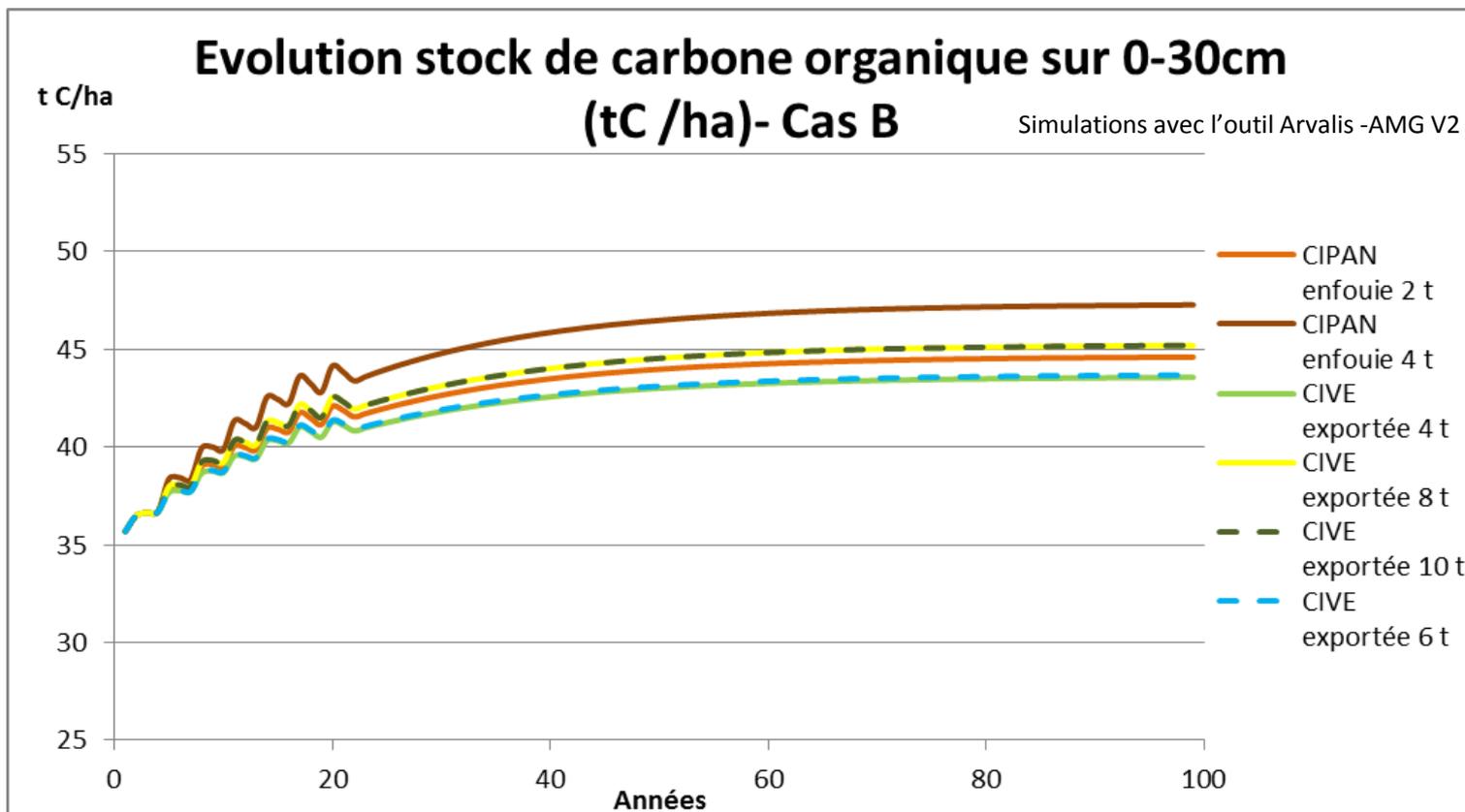
Production de biomasse aérienne et souterraine de CIVE d'hiver (2018)





L'exportation des CIVE impacte -t-elle le stockage de carbone organique par les sols ?

Effet rendement de la CIVE



CIPAN: production augmente = stockage augmente

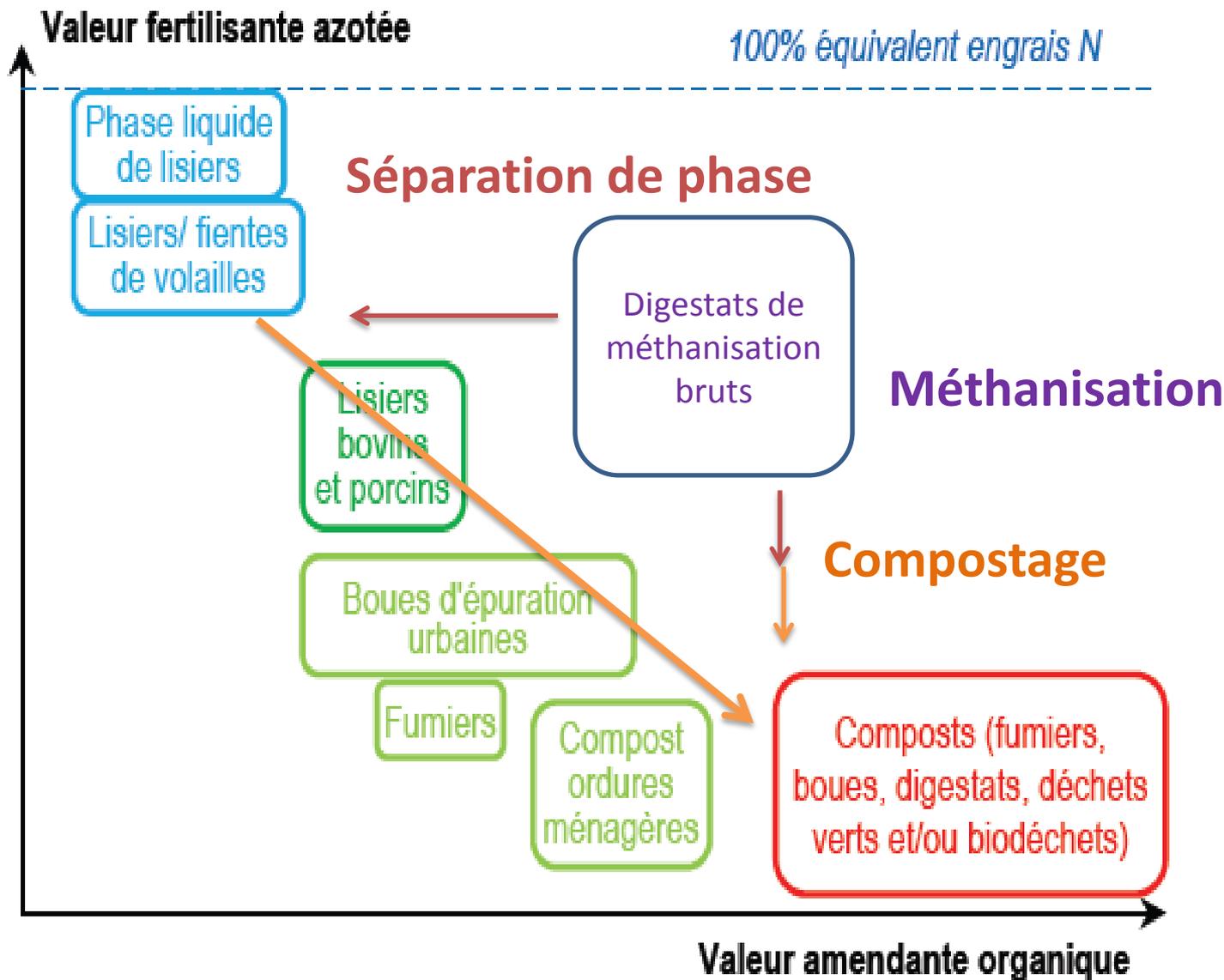
CIVE: peu d'effet rendement

un rendement élevé permet d'atteindre le même niveau de stockage qu'une CIPAN à environ 2tMS/ha mais pas 4tMS/ha

=> Intégrer d'autres leviers: digestats



Lien entre valeur amendante et fertilisante des MAFOR, INRA





Effet digestat dans le stockage du carbone

2 digestats testés dans la simulation

Caractérisation des digestats:

	Code échantillon	Produit	pH	MS (% MB)	matière organique (% MB)	Carbone organique (g/kg MB)	Ntot (g/kg MB)	N-NH ₄ (g/kg MB)	P ₂ O ₅ (g/kg MB)	K ₂ O (g/kg MB)
Digestat 1	776966	Digestat brut issu de méthanisation de lisier porc + déchets verts + CIVES + déchets abattoir	7.7	5.38	3.7	18.5	4.2	1.3	1.6	4.5
Digestat 2	777054	Digestat brut issu de méthanisation de CIVES + mâles maïs semence	9.8	5.71	4.3	21.5	5.4	3.2	3.1	2.0

	Code échantillon	Produit	MV (% MS)	Soluble (% MVsec)	Hemicellulose (%MVsec)	Cellulose (% MVsec)	Lignine (% MVsec)	Cmin3j (% Corg)	ISMO (% MO)
Digestat 1	776966	Digestat brut issu de méthanisation de lisier porc + déchets verts + CIVES + déchets abattoir	67.91	80.22	9.74	2.25	7.79	7.92	71.4
Digestat 2	777054	Digestat brut issu de méthanisation de CIVES + mâles maïs semence	76.07	45.89	17.53	20.63	15.95	5.31	62.3

ISMO proches

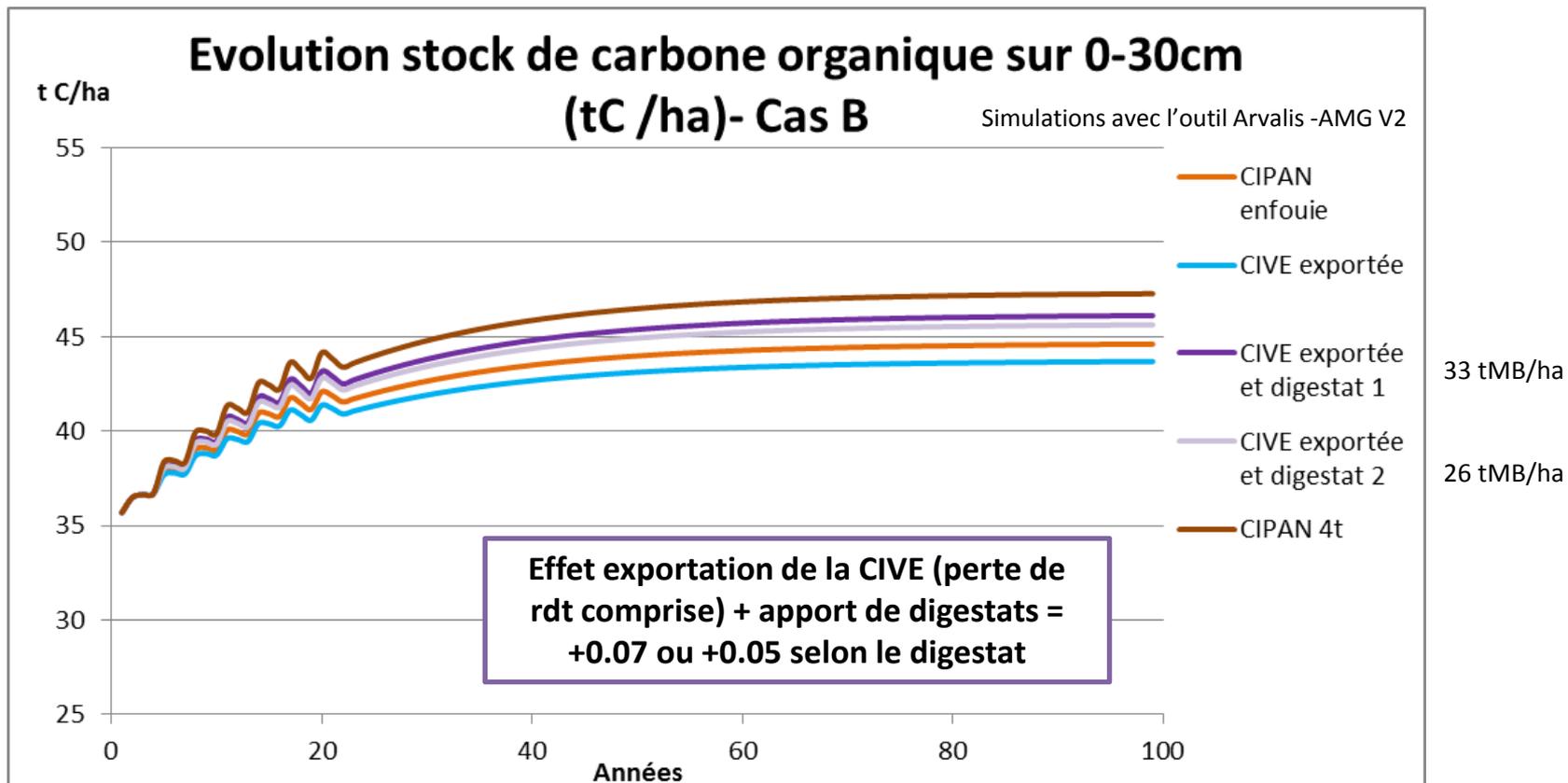
Calcul de la dose: fertilisation N des CIVE, équivalente à celle pratiquée dans les essais : 70 kg d’N efficace/ha

	Ntot (g/kg MB)	KeqN global estimé	Quantité de digestat à apporter pour couvrir le besoin de 70 kg d’N efficace/ha (t MB/ha)
Digestat 1	4.2	0.5	33
Digestat 2	5.4	0.5	26



Effet digestat dans le stockage du carbone

Effet des digestats apportés sur CIVE?



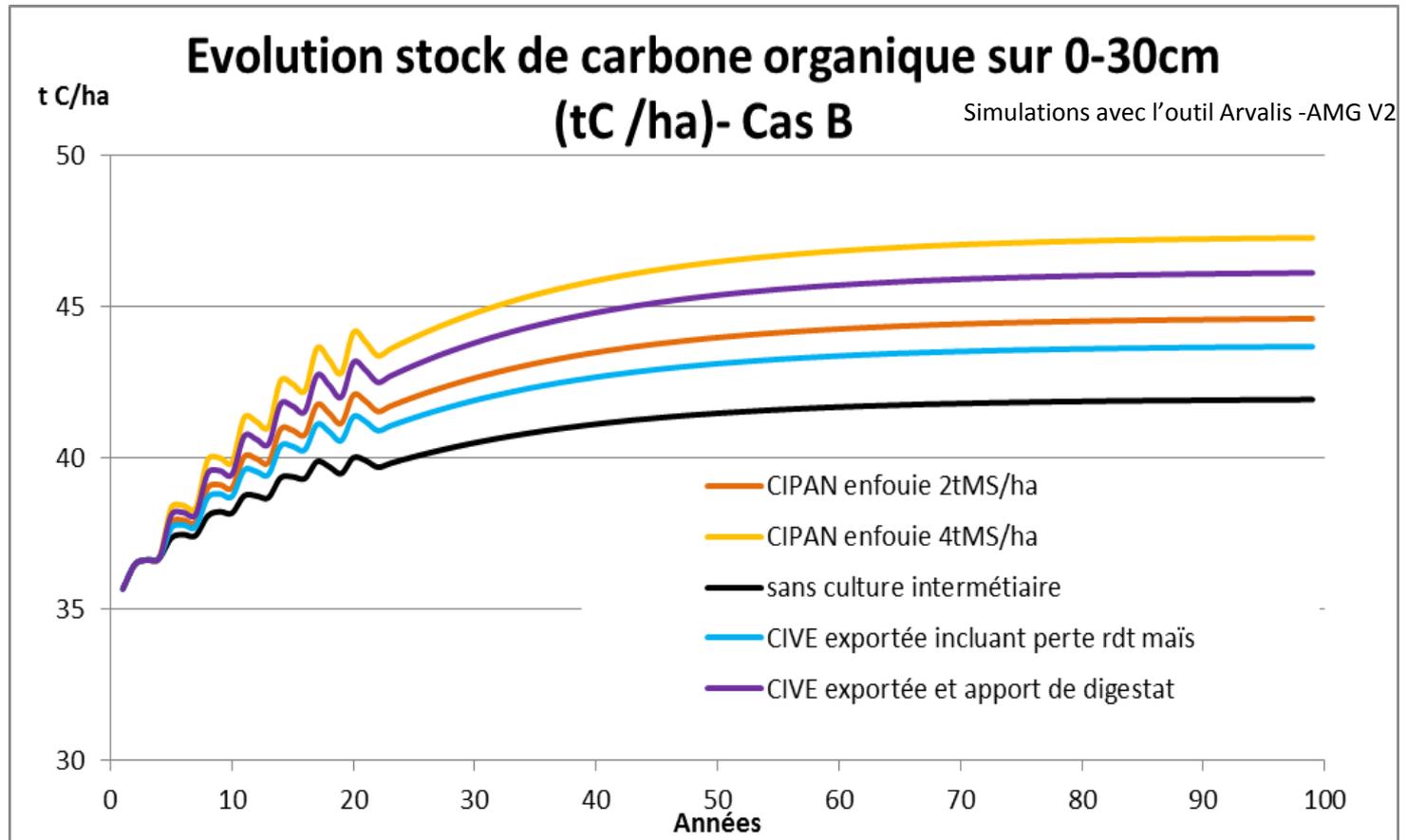
Les 2 digestats testés ont des ISMO et doses proches -> très faible différence sur le stockage de C

L'apport de digestat à une CIVE exportée permet de stocker + de C qu'une CIPAN à 2t



Synthèse des simulations – Cas B

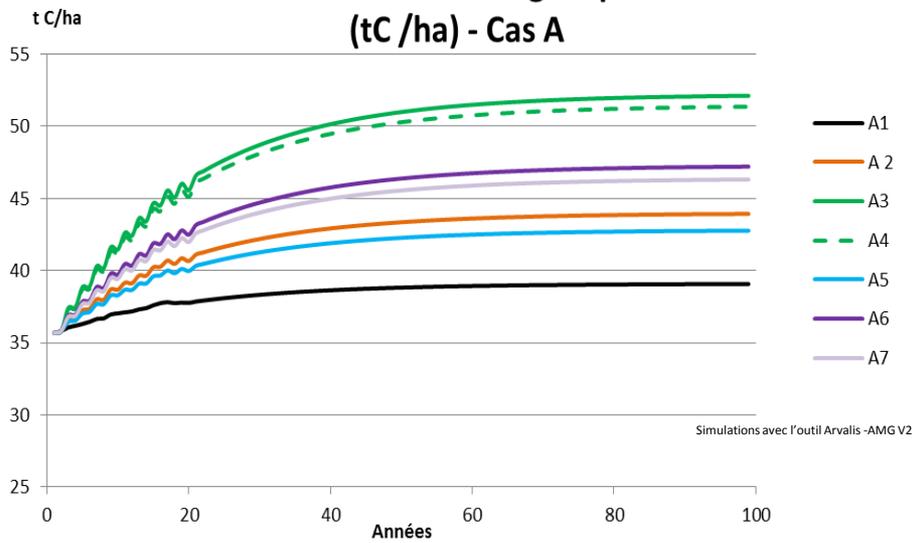
Comparaison CIVE-CIPAN-pas d'interculture



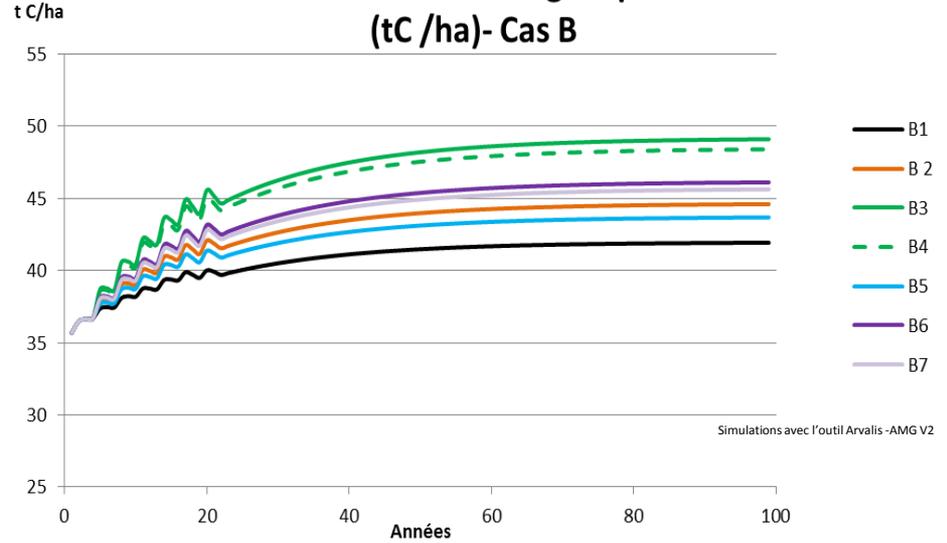


Effet rotation

Evolution stock de carbone organique sur 0-30cm (tC /ha) - Cas A



Evolution stock de carbone organique sur 0-30cm (tC /ha)- Cas B



A: Sorgho 55q/ha Orge d'hiver 65q/ha CIPAN 2 tMS/ha CIVE : 6tMS/ha

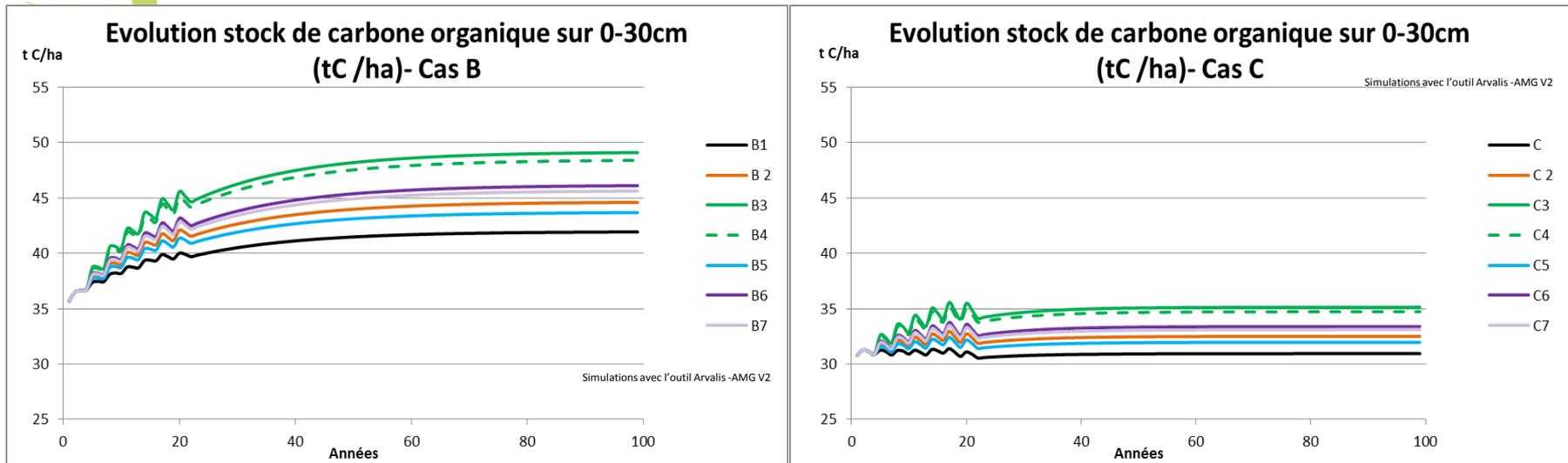
B: Blé tendre d'hiver : 60q/ha Orge d'hiver : 65q/ha Maïs grain : 110q/ha CIPAN : 2 tMS/ha CIVE : 6tMS/ha

CIPAN (ou CIVE) 1 an sur 2

CIPAN (ou CIVE) 1 an sur 3

-> Les tendances sont les mêmes quelle que soit la rotation
 -> quasiment les mêmes quantités de carbone stockées : les restitutions apportées par les cultures de la rotation B compensent une présence moins importante de couverts dans cette rotation.

Effet type de sol



Caractéristique des horizon superficiels	Taux argile décarbonaté (%)	Taux de MO (%)	Taux de CaCO3 (%)	Densité apparente (g/cm3)	pH eau
Terreforts moyens (B)	42.97	1.70	6	1.33	7.6
Boulbènes profondes (C)	15.00	1.50		1.40	6.00

Le cas C stock moins que le cas B:

- teneur de carbone dans le sol à l'état initial
- différence de minéralisation

Les tendances sont les mêmes quel que soit le type de sol



Les dispositifs réels

- Essais Système : Syppre[®]

Terres humifères du Béarn

Conditions pluviales sur sols limoneux à limono argileux profonds et humifères



Coteaux argilo-calcaires du Lauragais

Conditions pluviales (séchantes) sur argilo-calcaire

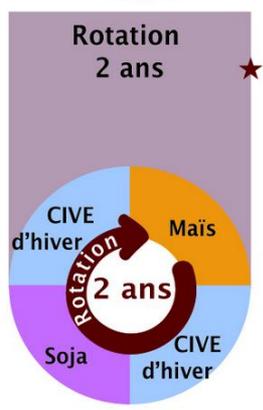
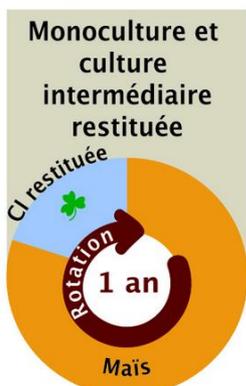
Deux conditions pédoclimatiques très différentes
→ Vers la modélisation

Quel impact sur le C org du sol des CIVE, du digestat?

BEARN



ETP moyenne annuelle mm	Pluies annuelles mm	Température moyenne annuelle °C
868	1069,9	13,5



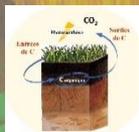
Teneur C org ini	Stock C org ini	Minéralisation carbone	argile	CaCO ₃	cailloux	ph	Azote total
26,6	93,6	1.09	204	0	3,1	5,74	1,8
g Corg /kg	t Corg / ha	t Corg/an	g/kg	g/kg	%	-	g/kg

Stock initial très élevé

MOS récalcitrante à fort C/N (14,7)

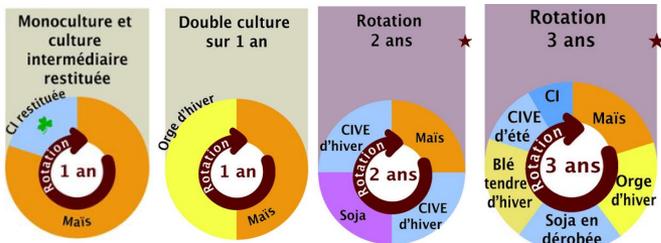
pH très acide <6

Par ailleurs, climat propice à de très forts rendements

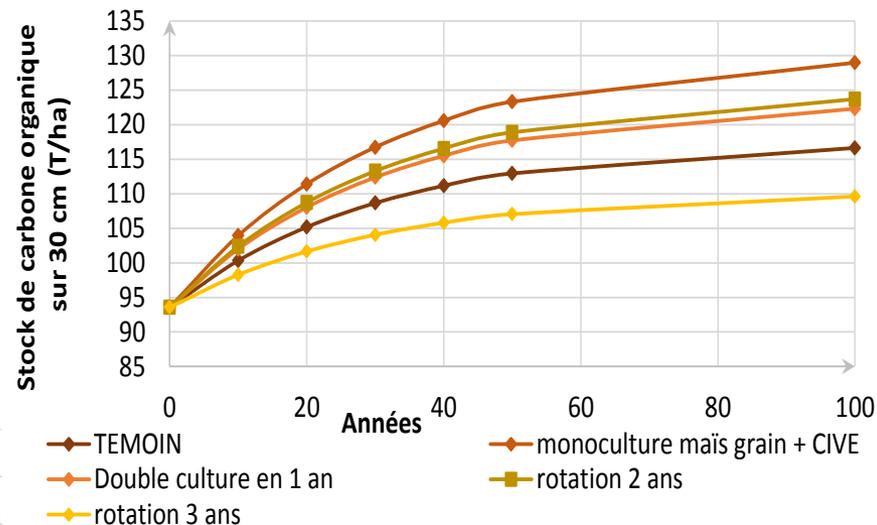
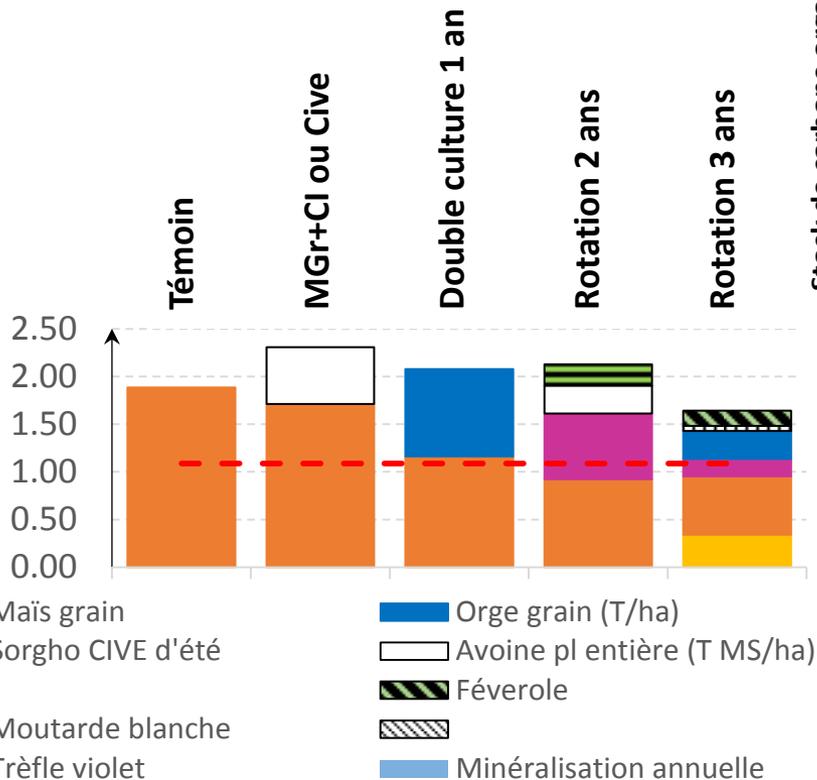


Quel impact sur le C org du sol des CIVE, du digestat?

BEARN

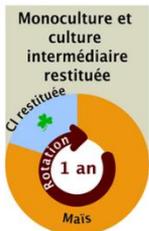


Carbone humifié (k1.m) apporté par les résidus de culture pour chaque scénario (tC/ha/an)



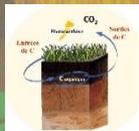
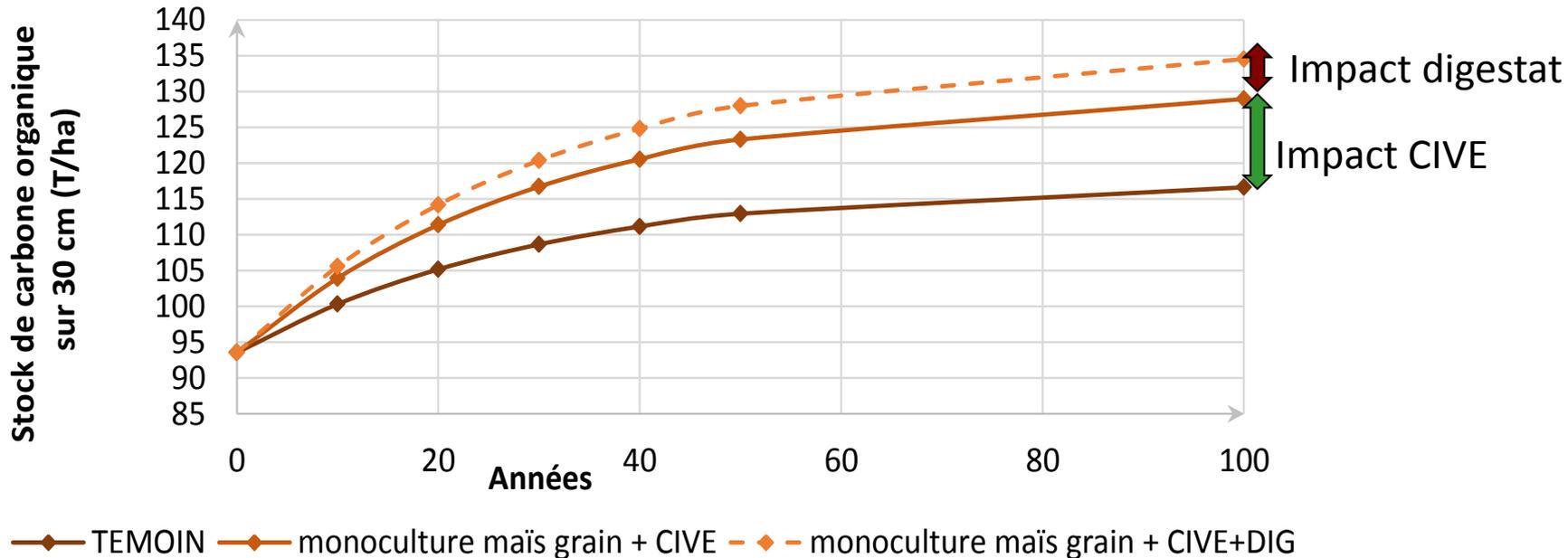
Quel impact sur le C org du sol des CIVE, du digestat?

BEARN Retours de digestats :



Apport 90u Ntotal digestat sur CIVE → apport annuel

Mono culture de maïs grain (MGr)
CIVE: avoine



Les simulations réalisées avec le modèle AMG sur des cas types et sur les deux plateformes SYPPRE du sud-ouest conduisent aux mêmes conclusions :

Evolution du stockage du carbone dans le sol très **dépendante de l'état initial de la simulation** : du sol choisi et en particulier de la teneur en matière organique à l'état initial.

En comparaison à un système sans couvert, **l'exportation de CIVE ne conduit pas à déstocker** du carbone.

On constate un stockage du carbone du fait de la restitution de matières organiques apportées par les racines et les chaumes.

En comparaison à un système avec CIPAN, **selon les rendements de CIVE et de CIPAN, la CIVE exportée, si elle remplace la CIPAN, peut conduire à un stockage de carbone moins important que cette CIPAN.**

La présence de la CIVE signifiant l'intégration d'un système avec méthaniseur, il faut bien considérer l'ensemble des **évolutions du système de culture.**

Dans le cas de **retour de digestat** au sol pour fertiliser les CIVE, on augmente le stockage du carbone dans les sols au-delà de ce que la CIPAN permettait (avec les rendements testés).