



EFFET DES COUVERTS VÉGÉTAUX SUR LA FERTILITÉ PHYSIQUE DES SOLS ET CAPACITÉ DE RÉGÉNÉRATION DES TASSEMENTS



Vincent TOMIS
Agro-Transfert-RT

v.tomis@agro-transfert-rt.org



CONTEXTE

- Tendance à la réduction du travail du sol
→ **Nécessité d'optimiser la restructuration naturelle**
- Des chantiers de plus en plus lourds qui engendrent du tassement



→ **Comment régénérer naturellement les sols tassés ?**



Observations de terrain

Tassement à l'implantation des cultures :



Observations de terrain

Tassement profond, sous le labour et dans l'horizon pédologique :



Semelle de labour

Hz pédologique tassé

Photos : Agro-Transfert



Attention à la persistance des tassements profonds

Conséquences sur le développement des cultures

Tassement lors de l'implantation des pois :



LES CONSTATS

Conséquences sur le développement des cultures



Profil cultural 2016



LES CONSTATS

Croute de battance compromettant la levée de la culture :



Crédit photos : D. Gassen



LES CONSTATS

Croute de battance compromettant la levée de la culture :

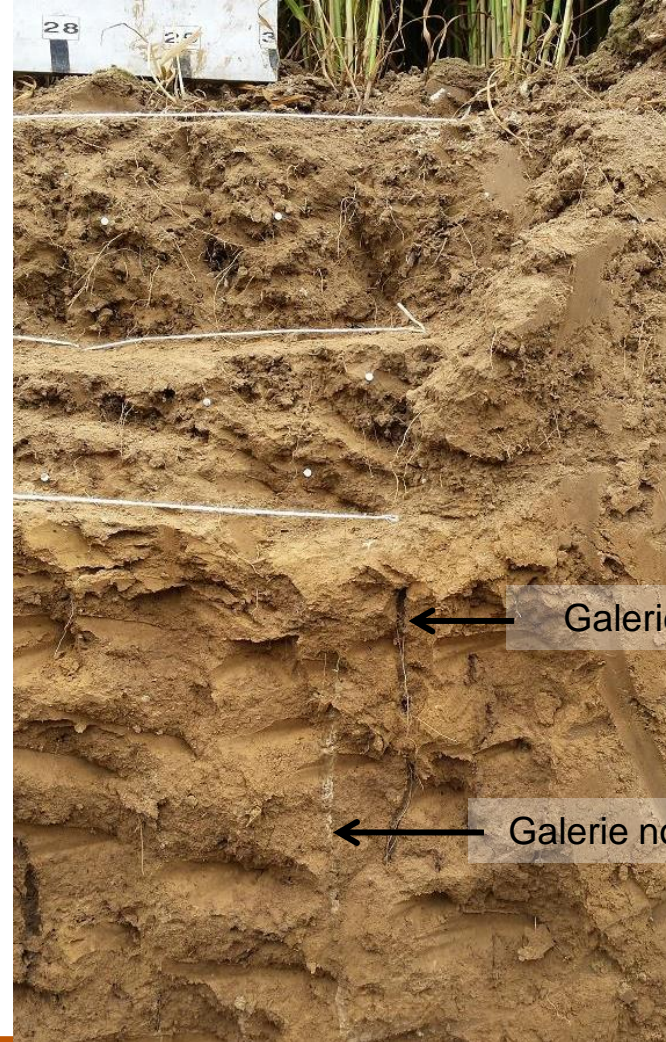


Crédit photo : A2C



LES CONSTATS

Descente de limon qui comble la porosité biologique :



Photos : Agro-Transfert

CAPACITÉ DE RÉGÉNÉRATION DES TASSEMENTS PAR LES COUVERTS VÉGÉTAUX



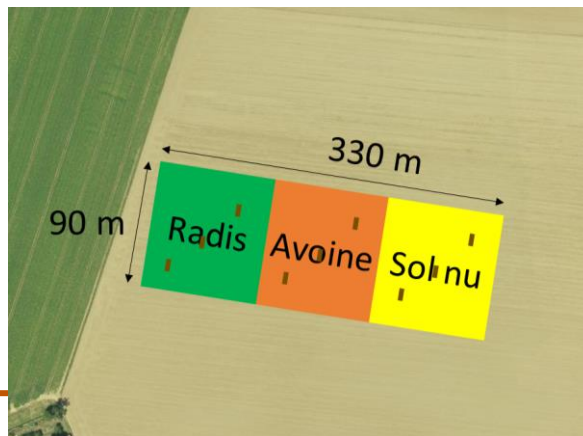
EXPÉRIMENTATION EFFET DES COUVERTS

Choix des parcelles (2017, 2018, 2019)

Présence d'un tassement profond
[25 ; 35 cm] sous l'horizon
habituellement travaillé
→ Régénération uniquement liée
aux processus naturels



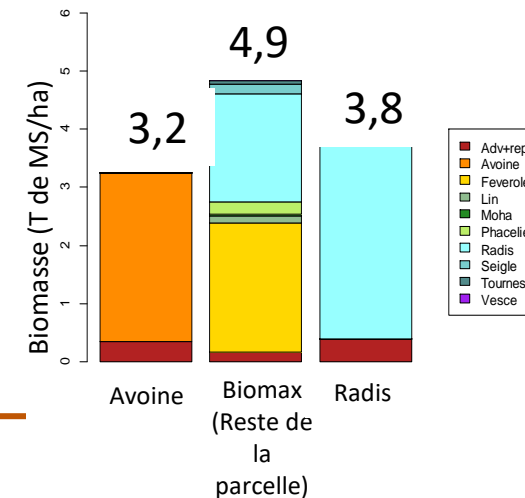
Le dispositif



Implantation :
fin juillet au semoir SD à dent
et trémie frontale



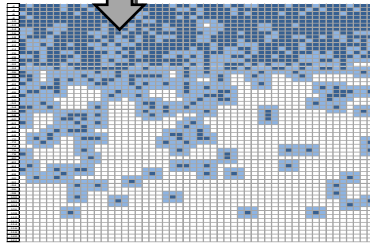
Biomasse des couverts à la destruction



OBJECTIFS DE L'EXPÉRIMENTATION

- Comprendre les relations entre la structure du sol et l'enracinement des CI

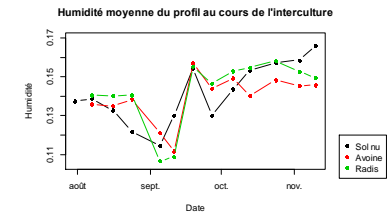
Profils racinaires :



Profil cultural



Suivi d'humidité



- Evaluer les effets potentiels des CI sur les propriétés physiques du sol



Perméabilité à l'air



Infiltration



Densité apparente

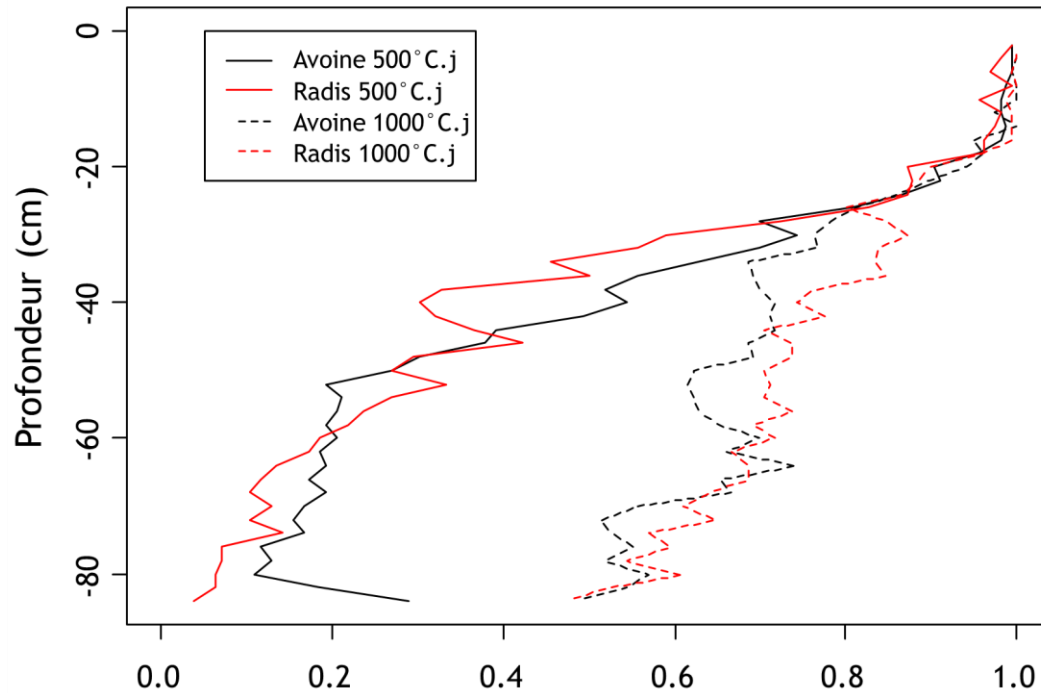


Capacité de
stockage en eau
du sol

CARACTÉRISATION DE L'ENRACINEMENT DES COUVERTS

En 3 mois, les racines des couverts sont-elles en mesure de coloniser l'ensemble du profil ?

Exploration du profil par les racines
Comparaison des espèces



Densité racinaire (proportion de cases occupées par au moins une racine)

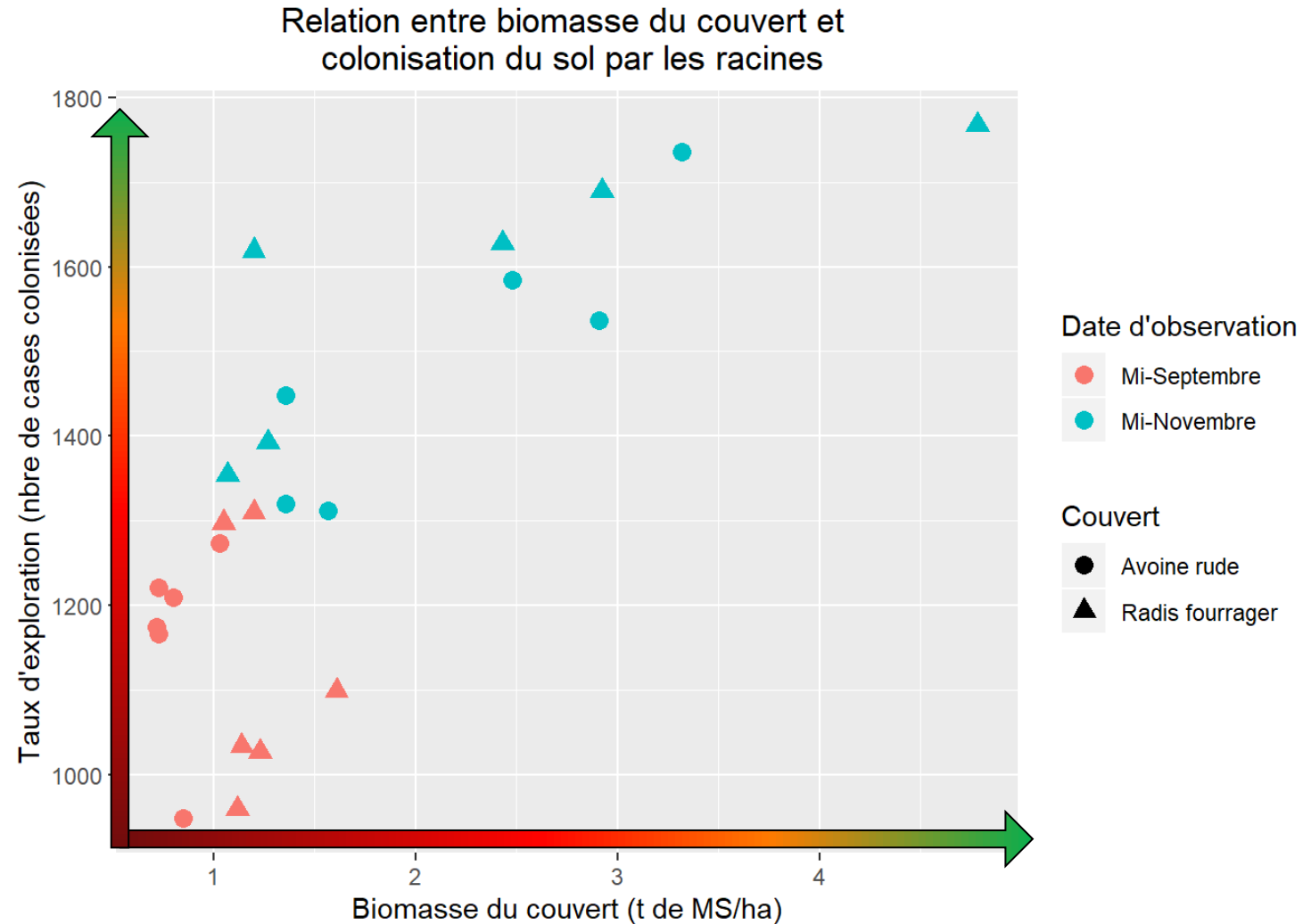
- Les couverts colonisent l'ensemble de la zone d'observation (80cm)
- Quelle que soit le type d'enracinement
- Profusion de racines entre 500°C.j et la date de destruction (> 1000°C.j)
 - Effet de la durée de végétation > espèce
 - Dans quelle situation j'obtiens les 1000°C.j ?

T° cumulées		Date d'observation					
		10/09	30/09	20/10	10/11	20/11	10/12
Date de levée	10/08	525	807	1046	1235	1307	1410
	20/08	349	631	870	1059	1131	1234
	30/08	179	461	699	889	961	1064
	10/09		283	521	711	782	886
	20/09		141	379	569	640	744
	30/09			238	428	500	603
	10/10			100	290	361	465

→ Date de semis déterminante pour coloniser le profil



CARACTÉRISATION DE L'ENRACINEMENT DES COUVERTS



→ L'exploration du sol est corrélée à la biomasse et/ou à la durée de végétation

RELATIONS ENTRE STRUCTURE DU SOL ET ENRACINEMENT DES COUVERTS



Zone tassée

Manchon racinaire : concentration des racines des différentes espèces du couvert dans une galerie de vdt (les racines évitent les zones tassées si conditions sèches)



Photos : Agro-Transfert-RT



EFFET DES CI SUR L'ÉVOLUTION DE LA STRUCTURE DU SOL

Les cultures intermédiaires influencent-elles la structure du sol ?

Evolution de la proportion de zones tassées et de la fissuration, observée dans les profils de sol

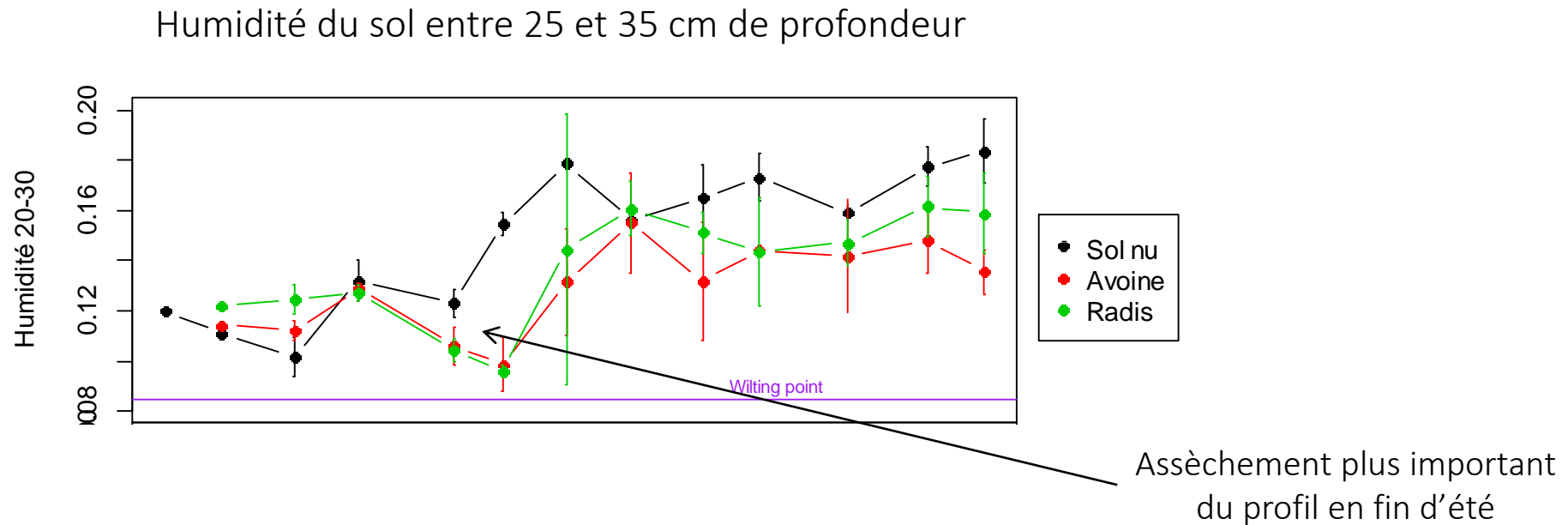


Sous l'horizon travaillé (25-35 cm)	Modalité	Date	Tassé (Δ)	Tassé et fissuré (Φ)	Non tassé (Γ)
	Avoine	sept	92 %	8 %	0 %
		nov	62 %	36 %	2 %
	Radis	sept	86 %	7 %	7 %
		nov	38 %	49 %	12 %
Sol nu	nov	82 %	18 %	0 %	

Réduction de la proportion de zones défavorables dans l'horizon tassé sous l'effet des couverts par fissuration (augmentation de la proportion de zones fissurées)

EFFET DES CI SUR L'ÉVOLUTION DE LA STRUCTURE DU SOL

Effet des couverts sur l'humidité du sol dans l'horizon tassé

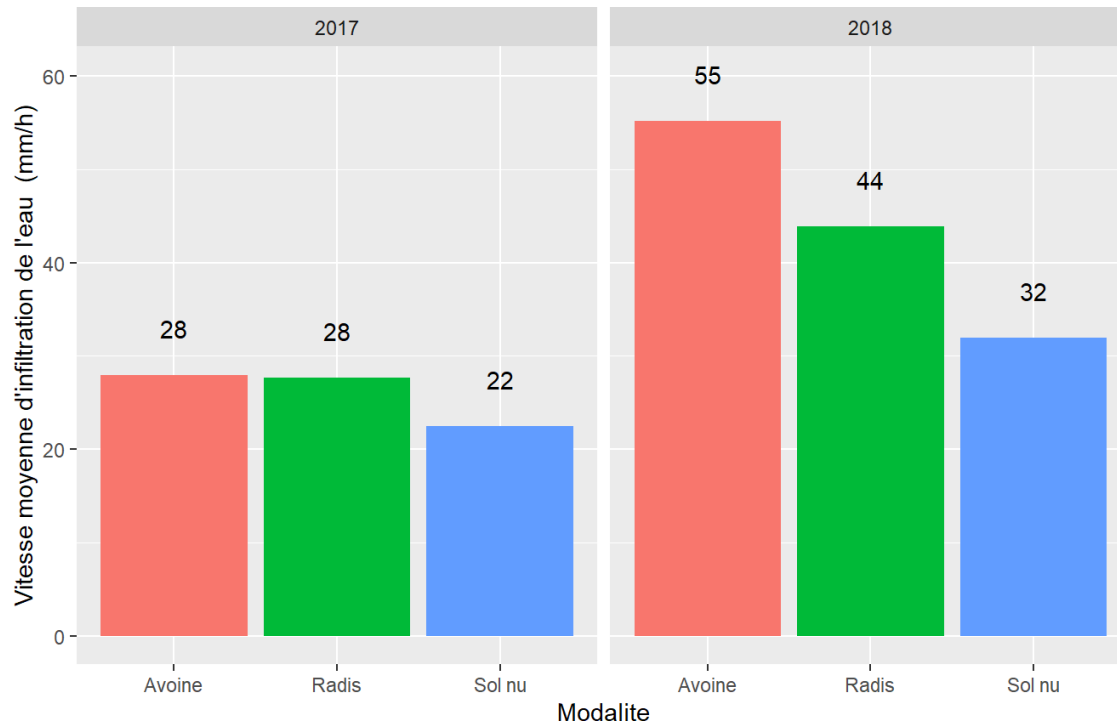


→ Effet indirect des racines sur l'amélioration de la structure du sol : assèchement du profil et création de fissures

EFFET DES CI SUR L'ÉVOLUTION DE LA STRUCTURE DU SOL

Les cultures intermédiaires influencent-elles la structure du sol ?

Effet des couverts sur la vitesse d'infiltration de l'eau à saturation dans l'horizon tassé (25-35 cm)



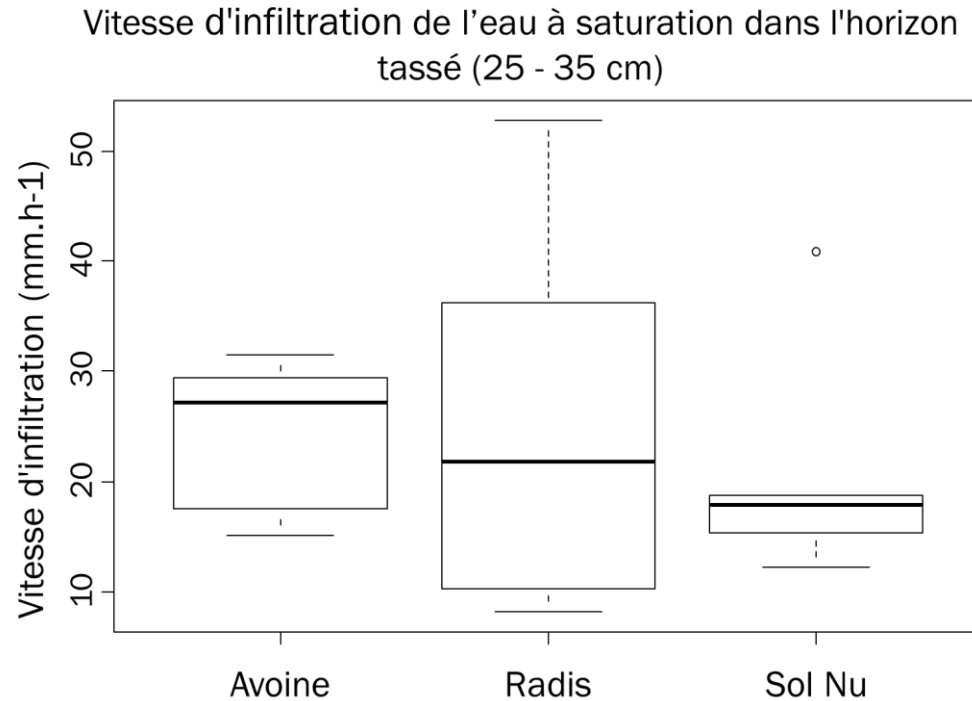
→ Amélioration de la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol sous l'effet des couverts

→ Même tendance sur la perméabilité à l'air du sol



EFFET DES CI SUR L'ÉVOLUTION DE LA STRUCTURE DU SOL

Les cultures intermédiaires influencent-elles la structure du sol ?

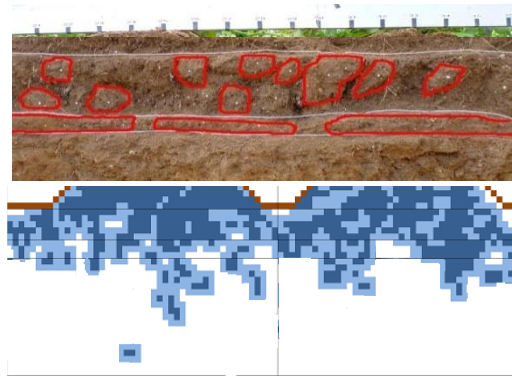


➔ Plus grande variabilité dans les sols couverts
(lié aux fissures)

EFFET DES CI SUR LE FONCTIONNEMENT DU SOL ET SUR LA CULTURE SUIVANTE

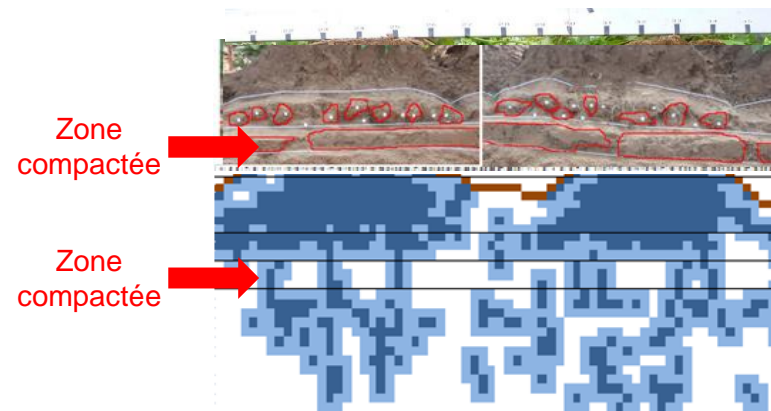
Effet de la fonctionnalité de la porosité sur l'enracinement en profondeur :

Tassements profonds



Mauvaise exploration racinaire en profondeur

Tassement profond mais de nombreuses galeries de vdt



Voies préférentielles pour le passage des racines (galeries) : colonisation en profondeur

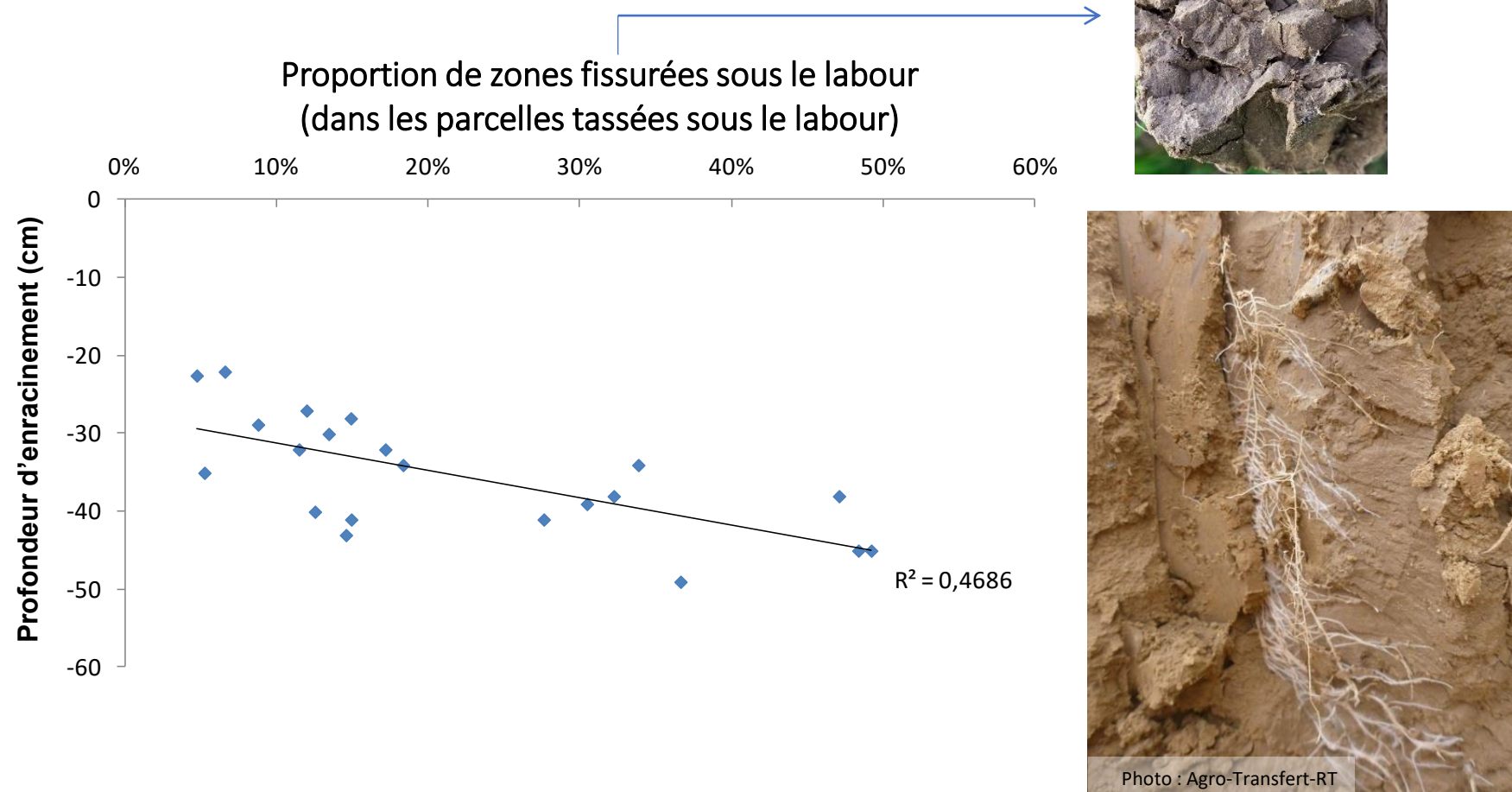


→ Passage préférentiel des racines dans les galeries ou fissures mais quelques racines dans les zones tassées si humides



EFFET DES CI SUR LE FONCTIONNEMENT DU SOL ET SUR LA CULTURE SUIVANTE

Etude des relations entre fissuration sous le labour et passage des racines en profondeur :



→ Dans les situations tassées, les fissures favorisent l'enracinement en profondeur
(importance de la porosité verticale)

EFFET DES CI SUR LE FONCTIONNEMENT DU SOL ET SUR LA CULTURE SUIVANTE

Effet des racines : voies préférentielles pour le passage des futures racines :

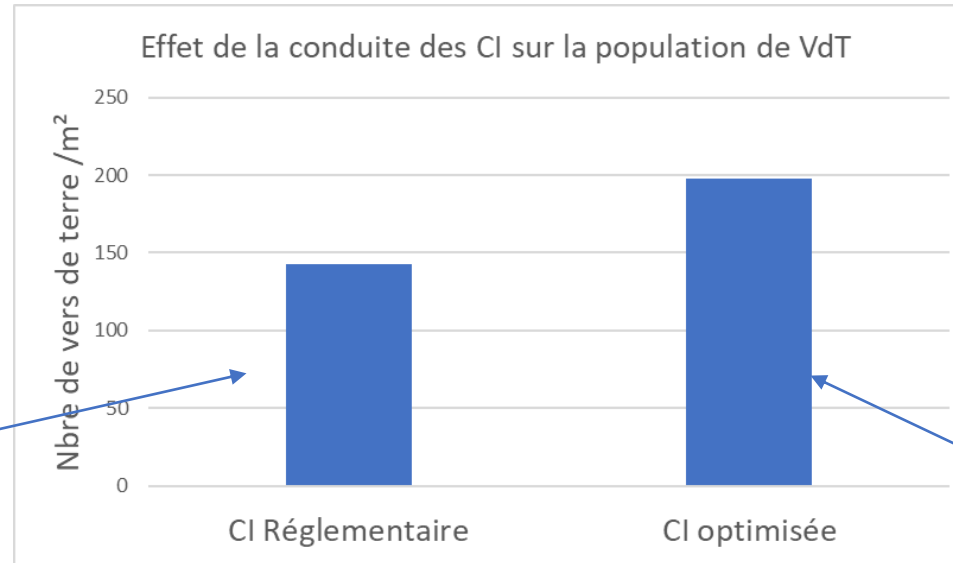
Racine de colza dans une ancienne racine de couvert



EFFET DES CI SUR LE FONCTIONNEMENT DU SOL

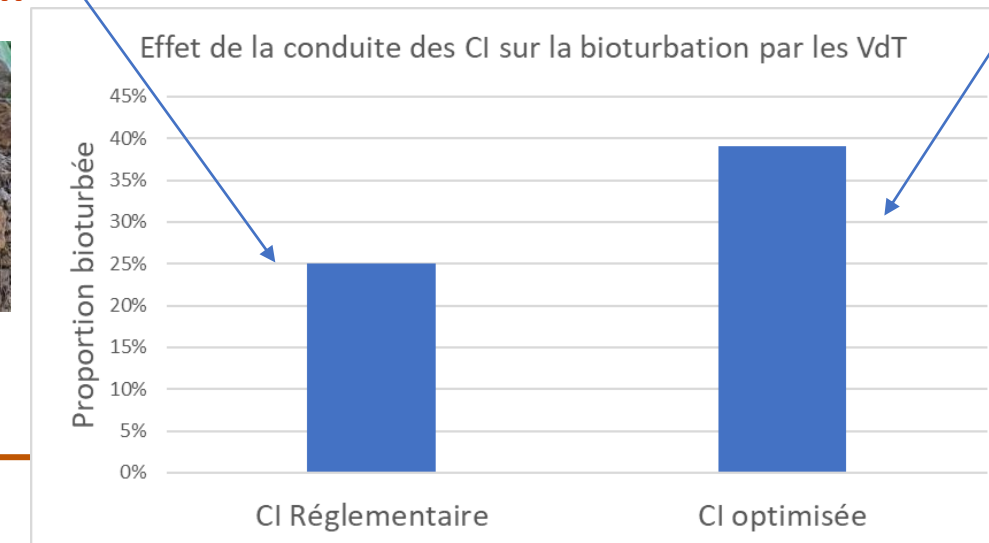
→ Effet sur les vers de terre

Effet sur la population



Parcelle avec moutarde
à 1,5 – 2 T de MS
depuis 6 ans

Parcelle avec mélange
crucifère – légumineuse semé tôt,
jusqu'à 4 – 5 T de MS depuis 6 ans



Effet sur leur activité de bioturbation

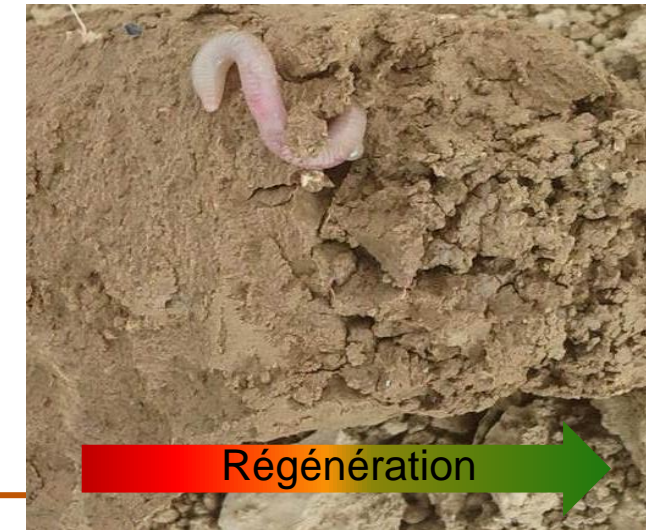


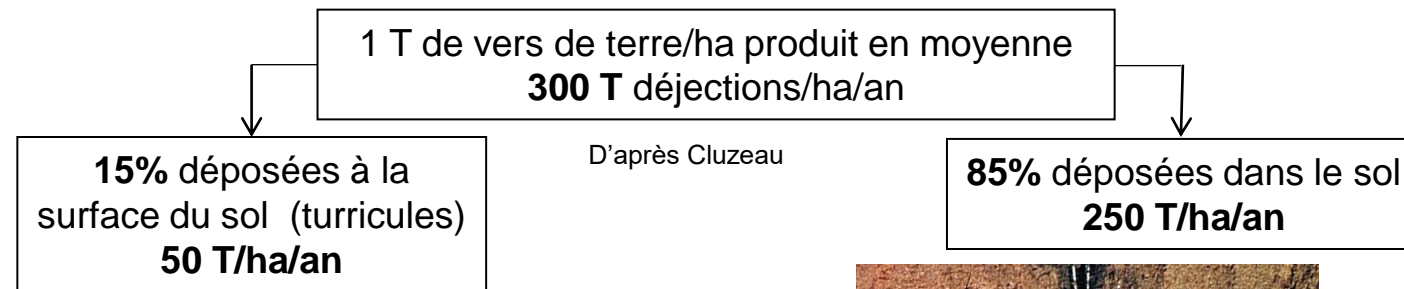
Photo : Agro-Transfert-RT



EFFET DES CI SUR LE FONCTIONNEMENT DU SOL ET SUR LA CULTURE SUIVANTE



Rôle des lombriciens dans le fonctionnement du sol :



Crédit photo : www.regenwurm.ch

EFFET DES CI SUR LE FONCTIONNEMENT DU SOL ET SUR LA CULTURE SUIVANTE

→ Mise en évidence de la fonctionnalité de la porosité par le dénombrement des galeries de vers de terre sous le fond du labour, mis en relation avec les profils racinaires



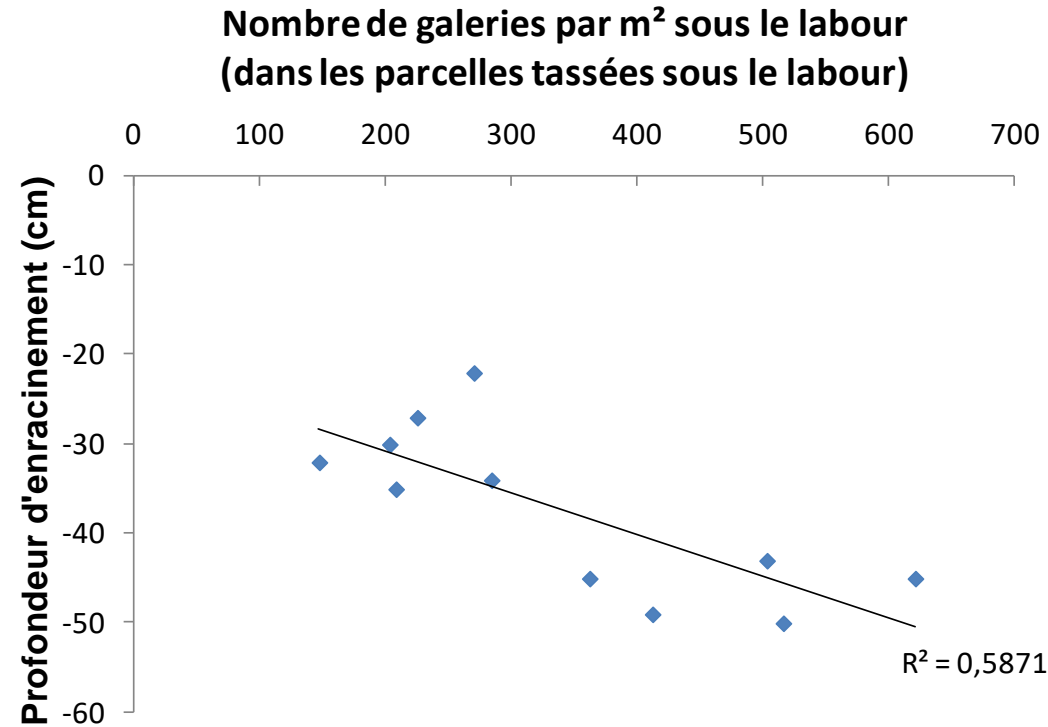
Photos : Agro-Transfert-RT



Etude des relations entre nombre de galeries et passage des racines en profondeur

EFFET DES CI SUR LE FONCTIONNEMENT DU SOL ET SUR LA CULTURE SUIVANTE

Etude des relations entre nombre de galeries sous le labour et passage des racines en profondeur :



- Dans les situations tassées, le nombre de galeries peut expliquer l'exploitation du sous sol par les racines
- Importance de la porosité verticale pour permettre l'enracinement en profondeur



EFFET DES CI SUR LE FONCTIONNEMENT DU SOL ET SUR LA CULTURE SUIVANTE

Etude des relations entre nombre de galeries sous le labour et passage des racines en profondeur :

Possibilité d'appréhender le nombre de galerie en observant le fond de raie lors du labour :



Crédit photos : Agro-Transfert

EFFET DES CI SUR LES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DU SOL

Également, amélioration de la résistance du sol au tassement



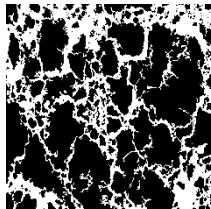
Analyse d'image du sol

Classification morphologique des macropores

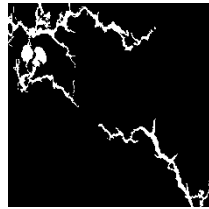


Source : essais CA Bretagne, Agro-Transfert, INRA Rennes

Porosité
d'assemblage



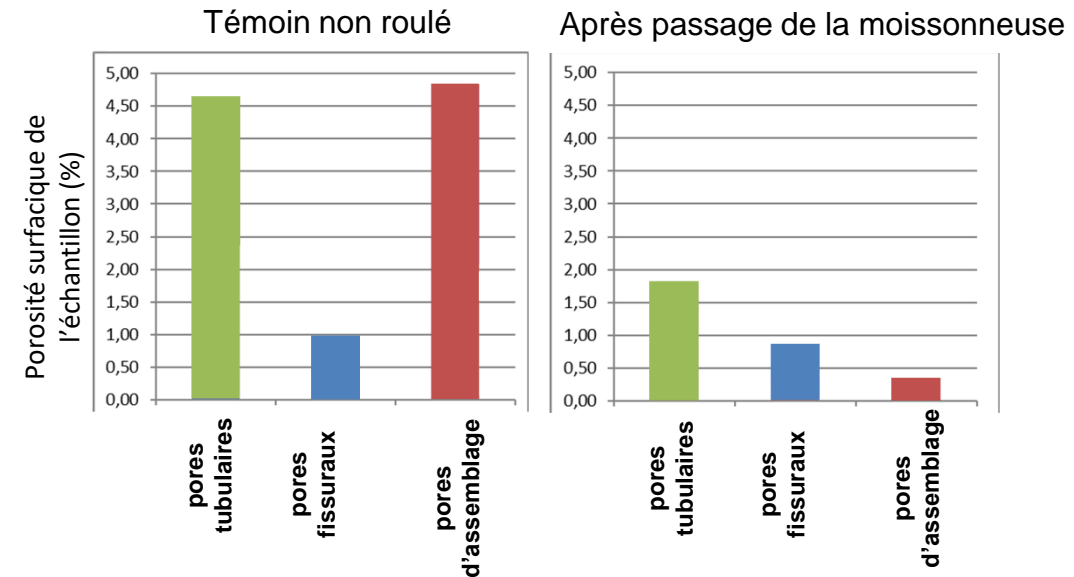
Porosité
fissurale



Porosité
tubulaire



Effet d'un passage d'une moissonneuse sur le type de porosité présente dans le sol, entre 5 et 15 cm de profondeur



→ Le tassement a affecté principalement la porosité d'assemblage (issue principalement du travail du sol)

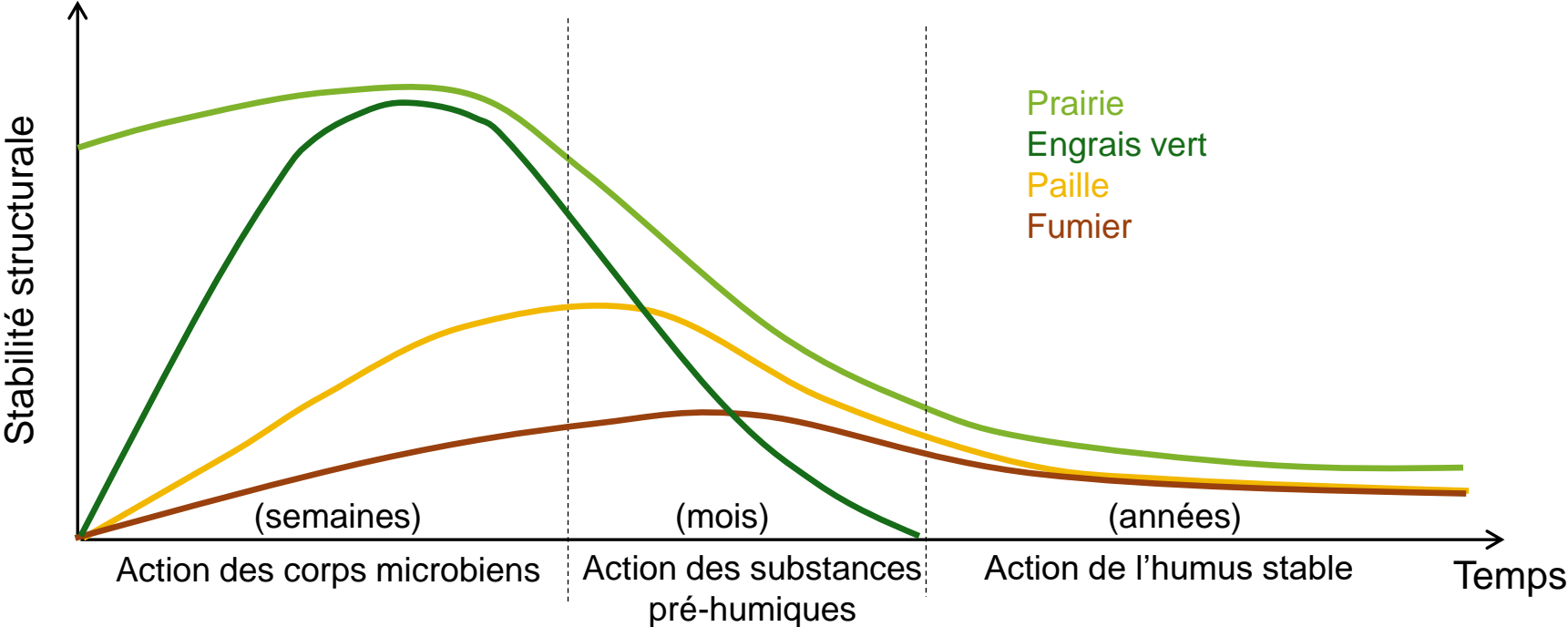
→ Meilleure résistance au tassement de la porosité verticale liée aux fissures, aux racines et aux galeries de vers de terre

Source : essais CA Bretagne, Agro-Transfert, INRA Rennes



EFFET DES CI SUR LA STABILITÉ STRUCTURALE

Effet des métabolites issus de l'activité microbienne sur la stabilité structurale



Action des différentes formes de MO du sol sur la stabilité structurale (d'après Monnier, 1965)

→ Engrais vert : action rapide et intense mais de courte durée



EFFET DES CI SUR LA STABILITÉ STRUCTURALE

Même parcelle, même type de sol, même mode d'implantation, même date de semis
30 mm de pluie après le semis :



Levée de betteraves en non labour avec couvert de phacélie détruit 3 mois avant semis



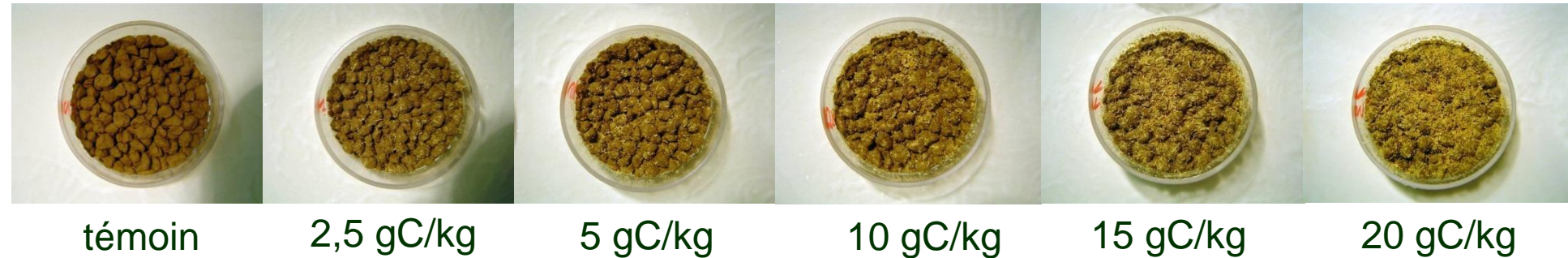
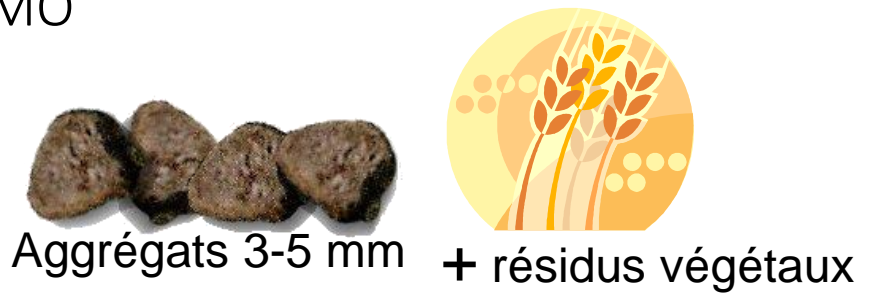
Levée de betteraves en non labour avec couvert de phacélie détruit 20 jours avant semis

EFFET DES CI SUR LA STABILITÉ STRUCTURALE

Effet biomasse des couverts

Expérience au laboratoire : ≠ doses apports de MO

- Sol cultivé Versailles
- 17% A, 1% C
- instable

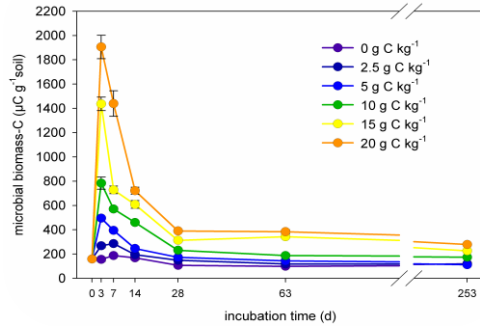


5gC / kg terre équivaut environ :
- à 20 T de C orga /ha en labour à 30 cm
- à 7 T de C orga/ha en Travail sup à 10 cm

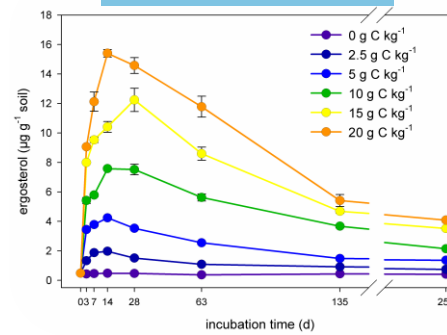


EFFET DES CI SUR LA STABILITÉ STRUCTURALE

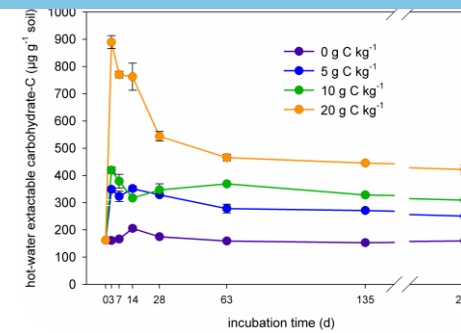
Biomasse microbienne



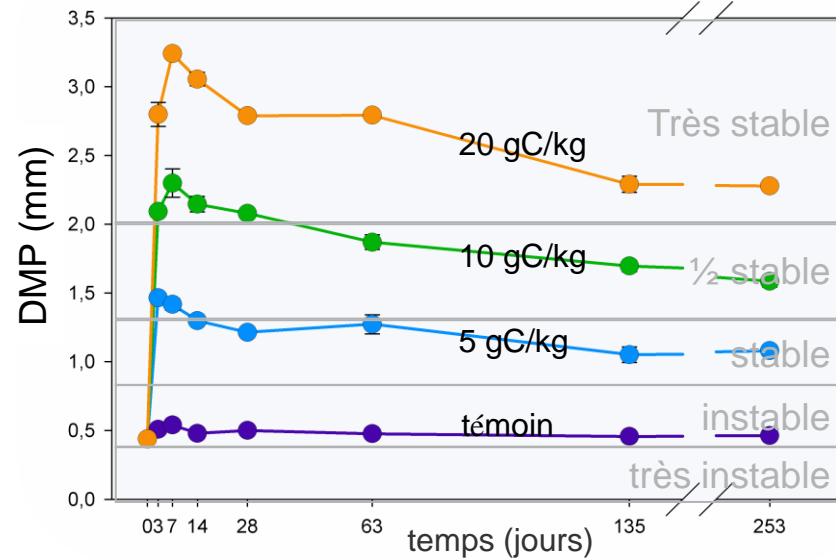
Champignons



Polysaccharides solubles



Stabilité structurale :



A une date donnée, la stabilité structurale est % à la dose de C apportée

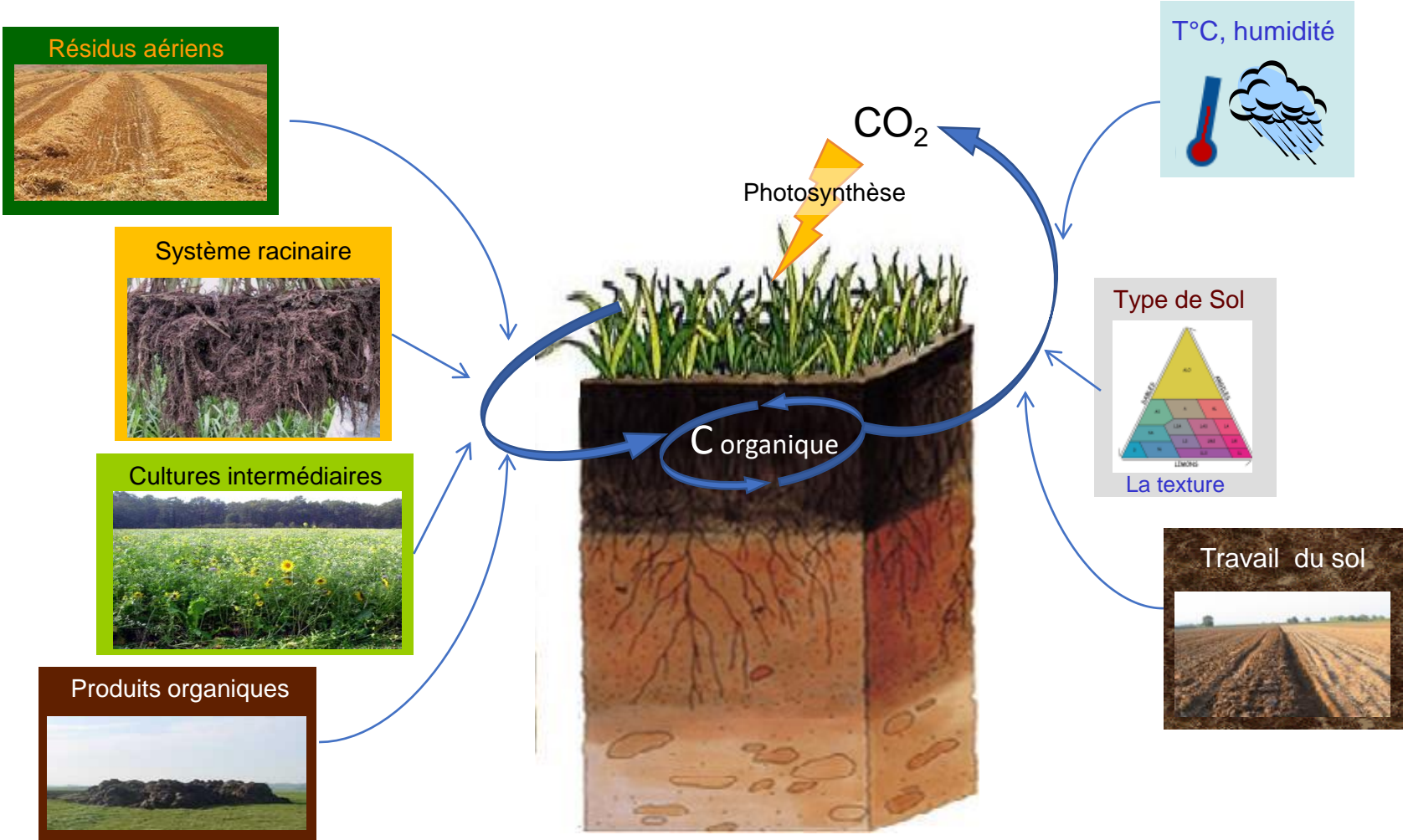
→ Facteurs d'agrégation liés à la biomasse du couvert



EFFET DES CI SUR LE STOCK DE MO

Principe d'un bilan humique

Entrées de C – Sorties de C



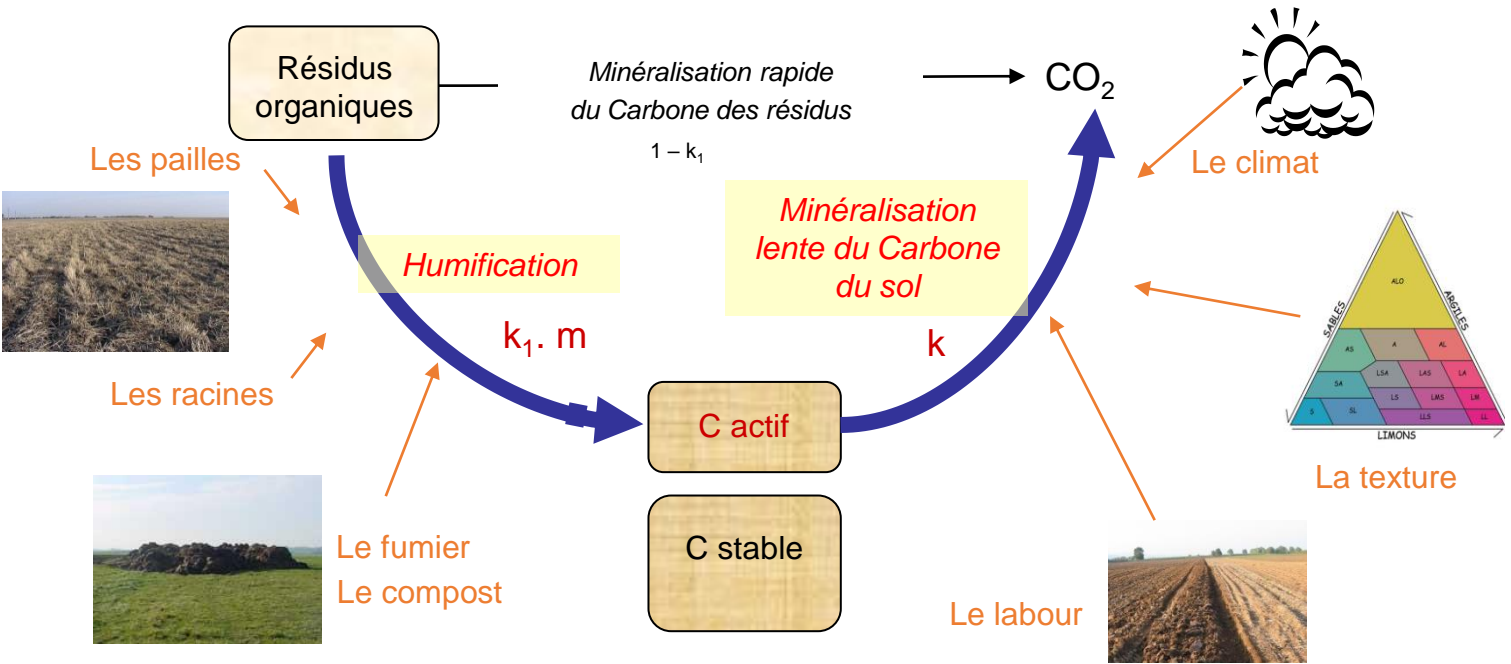
EFFET DES CI SUR LE STOCK DE MO

Un modèle simple de calcul de bilan humique à la parcelle

Le modèle *AMG**

Les principes du calcul

$$dC/dt = k_1 \cdot m - k \cdot C_a$$

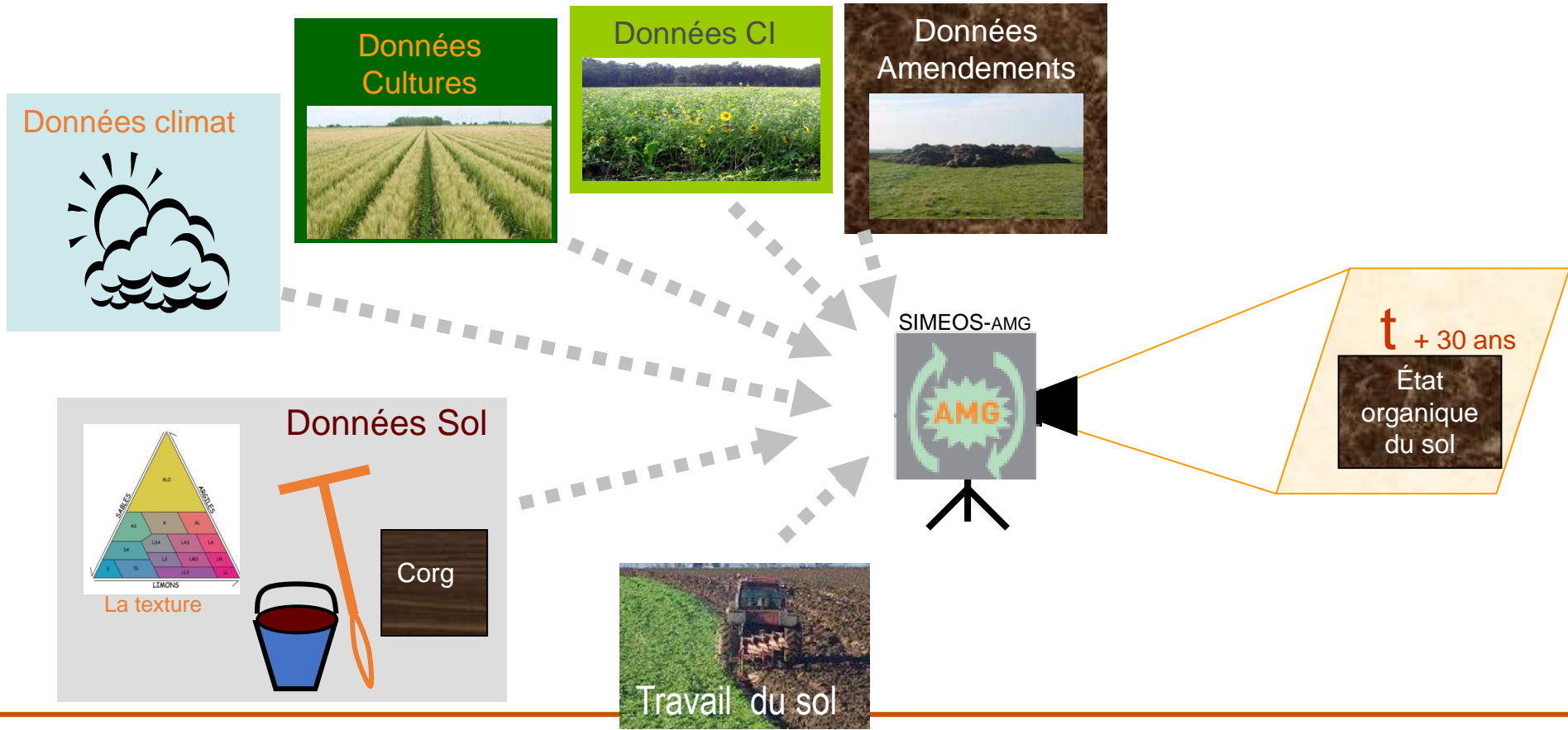


*AMG, du nom de ses auteurs: Andriulo, Mary, Guérif - INRA de LAON

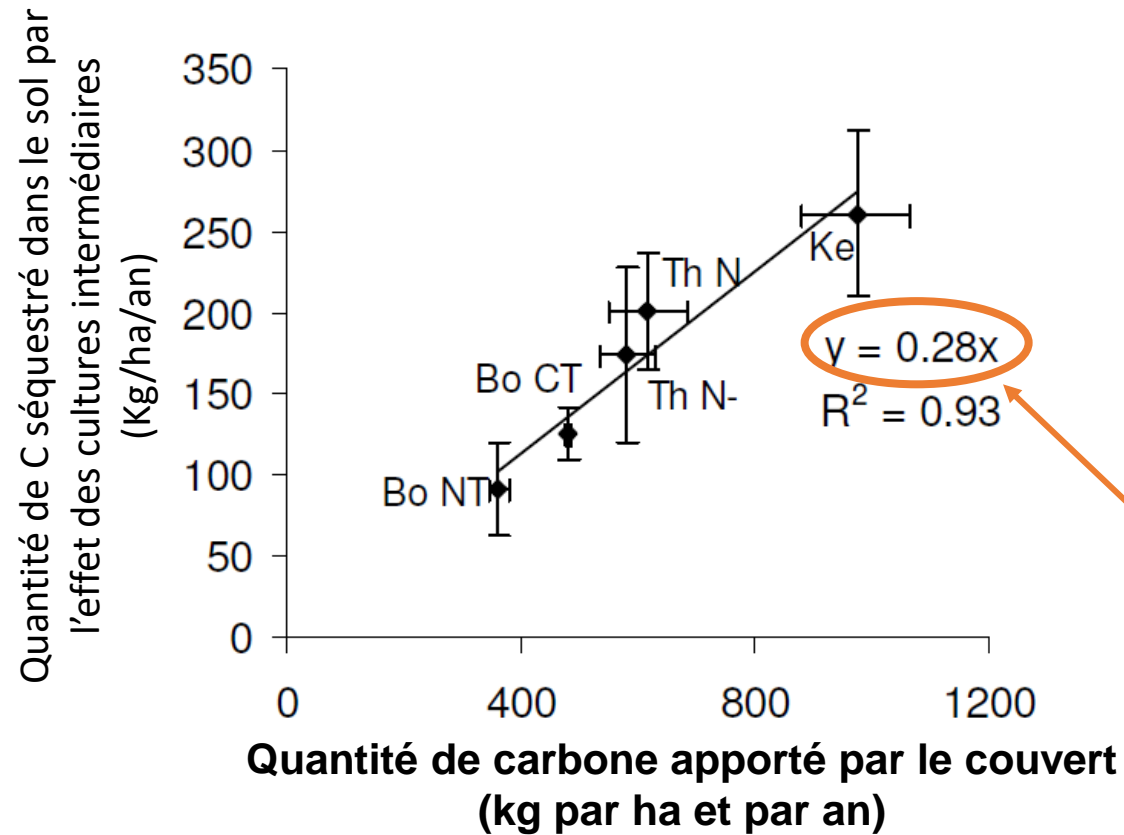
EFFET DES CI SUR LE STOCK DE MO

Un outil de simulation et de prévision à long terme

SIMEOS-AMG : outil de SIMulation de l'Etat Organique des Sols fondé sur le modèle AMG



EFFET DES CI SUR LE STOCK DE MO



- Essais conduits avec des couverts de moutarde, RGI ou radis selon les sites
- Quantité de carbone stocké proportionnel à la biomasse du couvert

28 % du carbone contenu dans le couvert à contribué à accroître le stock de C



Effet de l'entretien organique sur le comportement du sol

Levée de blé sur parcelle remembrée :

Parcelle voisine avec faible restitution organique
(Battance, pertes à la levée, moindre développement du blé...)



Ancienne parcelle enrichie par couverts et amendements
(+ riche en MO)

1,4 % MO

2,2 % MO



Photos : Agro-Transfert-RT

CONCLUSIONS

1. Les racines des couverts colonisent l'ensemble du profil (sous réserve d'être maintenus suffisamment longtemps)
2. Les racines des couverts traversent les zones tassées selon l'humidité, mais préférentiellement dans les fissures et galeries
3. Les couverts accentuent la dessiccation du profil et améliorent les propriétés physiques du sol (infiltration à l'eau et état structural par fissuration)
 - Ces fissures créées sont des voies préférentielles pour le passage des racines des cultures suivantes
4. Importance de semer tôt les couverts : Plus la biomasse est élevée, plus les services écosystémiques seront importants : stabilité structurale, fissuration, stockage de C...



Résultats produits dans le cadre des projets Sol D'phy et Multifonctionnalité des couverts d'interculture



<http://www.agro-transfert-rt.org>

Partenaires scientifiques et techniques



Partenaires financiers

