



HAL
open science

Contribution de l'Agriculture de Conservation des Sols à la Transition Agroécologique : Gestion de l'eau et de la fertilité chimique des sols

Lionel Alletto, Sixtine Cueff, Vincent Bustillo, Yves Coquet

► To cite this version:

Lionel Alletto, Sixtine Cueff, Vincent Bustillo, Yves Coquet. Contribution de l'Agriculture de Conservation des Sols à la Transition Agroécologique : Gestion de l'eau et de la fertilité chimique des sols. Séance de l'Académie d'Agriculture de France (7ème séance), Académie d'Agriculture de France, Jun 2023, Paris, France. hal-04127831

HAL Id: hal-04127831

<https://hal.inrae.fr/hal-04127831>

Submitted on 14 Jun 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

7

Juin
2023

Séance Académie d'Agriculture



➤ Contribution de l'Agriculture de Conservation des Sols
à la Transition Agroécologique :
Gestion de l'eau et de la fertilité chimique des sols

Lionel Alletto*

Sixtine Cueff, Vincent Bustillo, Yves Coquet

*UMR Agroécologie, Innovations, Territoires

lionel.alletto@inrae.fr



INRAE

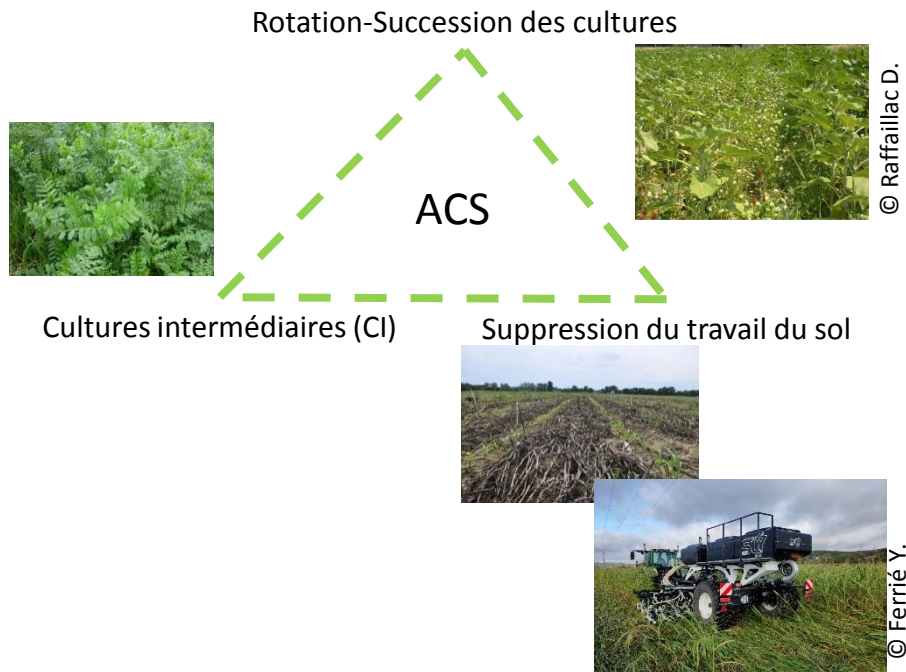


➤ Plan de l'exposé

- ▶ L'agriculture de conservation : quels effets sur la fertilité chimique des sols ?
- ▶ L'agriculture de conservation comme voie d'amélioration du fonctionnement hydrique des sols ?
- ▶ Perspectives de recherche



➤ L'agriculture de conservation : quels effets sur la fertilité chimique des sols ?



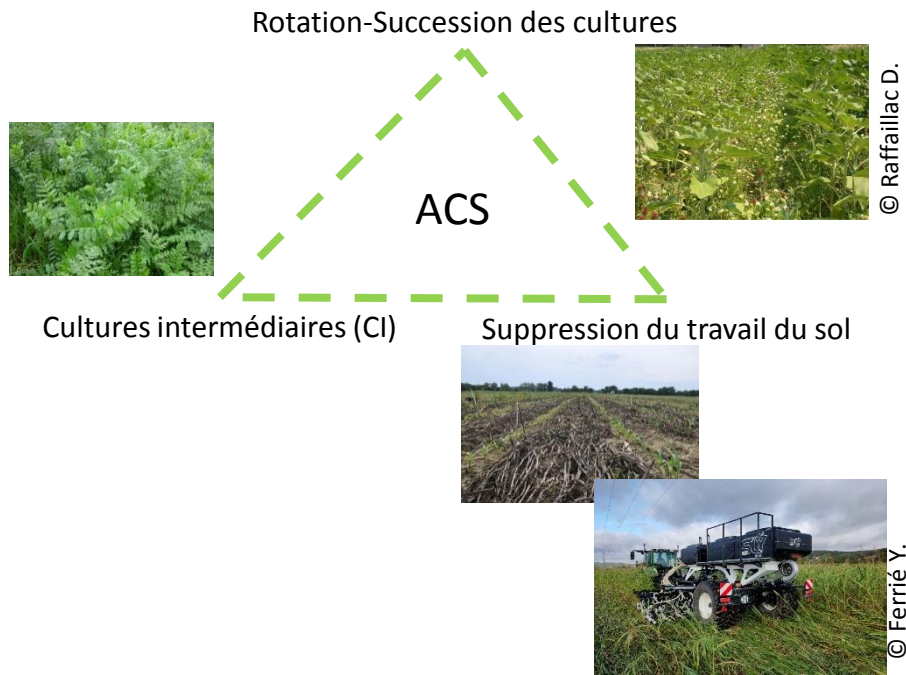
► Stratification du C : **pas d'effet clair sur la minéralisation et la libération d'N**

- Réduction du travail du sol = ralentissement de la minéralisation ? (Balesdent et al., 2000)

- Hypothèse non vérifiée sur le dispositif de longue durée de Boigneville (Oorts et al., 2007) ou sur d'autres études comparant différentes modalités de travail du sol (Mary et al., 2020)

Mais peu d'études en ACS incluant notamment des couverts végétaux détruits tardivement : modification de la dynamique annuelle de la minéralisation pour un bilan annuel équivalent ?

➤ L'agriculture de conservation : quels effets sur la fertilité chimique des sols ?



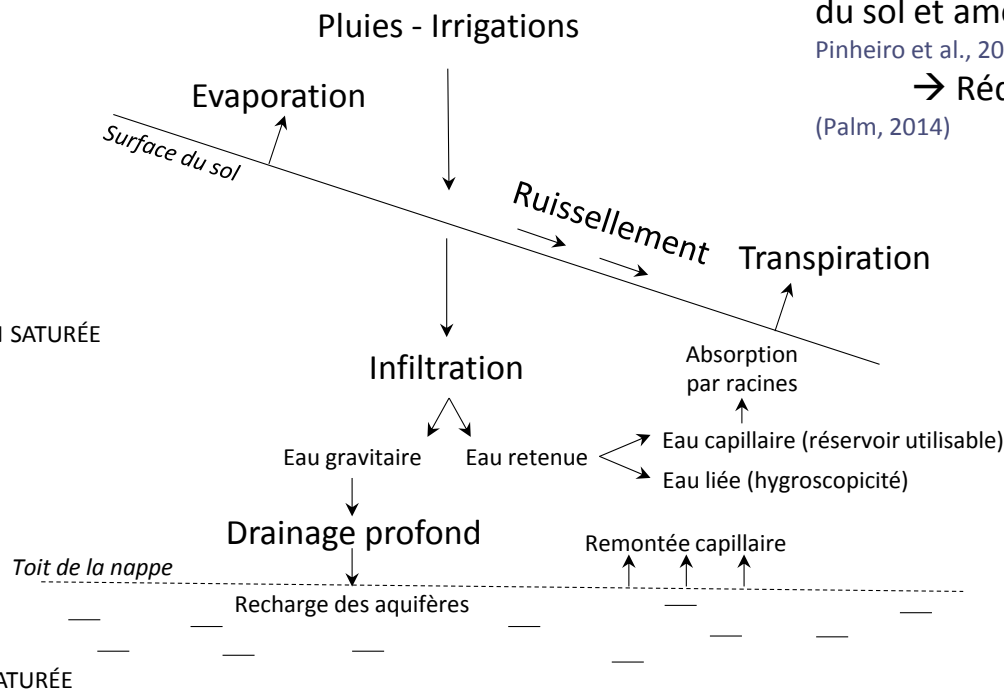
- ▶ Stratification des éléments nutritifs (P, K, autres) observée dans différentes situations (Bouthier et Labreuche, 2014 ; Deubel et al., 2011) principalement en labour...
 - niveau de fertilisation
 - propriétés physicochimiques des sols favorisant (ou non) la disponibilité pour les plantes
 - gestion des résidus de cultures ou de couverts
- ▶ Pas d'effets clairs sur l'alimentation minérale des plantes (Li et al, 2017)

Mais encore peu d'études en ACS et nombreuses questions sur interactions plantes-microorganismes...

➤ L'agriculture de conservation comme voie d'amélioration du fonctionnement hydrique des sols ?

Effet sur cycle de l'eau dans les sols :

- ▶ **LEVIERS 1&2** : réduire l'énergie cinétique des pluies et accroître la stabilité des agrégats
 - Accroissement des teneurs et stocks de C en surface du sol et amélioration de la stabilité des agrégats (Six et al., 2000; Pinheiro et al., 2004)
 - Réduction du ruissellement et de l'érosion des sols (Palm, 2014)



➤ L'agriculture de conservation comme voie d'amélioration du fonctionnement hydrique des sols ?



2016-2021

Bassin Adour-Garonne : Quelles performances de pratiques AgroEcologiques ?



• Les BIOS du Gers •
Le Groupement des Agriculteurs Biologiques et Biodynamiques



Effet sur cycle de l'eau dans les sols :

- ▶ **LEVIERS 1&2** : réduire l'énergie cinétique des pluies et accroître la stabilité des agrégats
 - Accroissement des teneurs et stocks de C en surface du sol et amélioration de la stabilité des agrégats (Six et al., 2000; Pinheiro et al., 2004)
 - Réduction du ruissellement et de l'érosion des sols (Palm, 2014)
- ▶ **LEVIER 3** : retenir plus d'eau dans le sol ?
 - importance (relative) du C ? (Bagnall et al., 2022 vs. Minasny and McBratney, 2018)
 - connectivité du réseau poral ? (Wardak et al., 2022)
- ▶ **LEVIER 4** : améliorer les capacités d'infiltration ?
Effets contrastés du non-travail du sol (Arshad et al., 1999; Gomez et al., 1999) mais peu d'études comparent rigoureusement des systèmes ayant des conditions initiales de sol équivalentes (Strudley et al., 2008)
- ▶ **LEVIER 5** : mieux valoriser le réservoir utilisable ?
 - influence de l'activité microbologique (mycorhize) ?
 - prospection racinaire ?



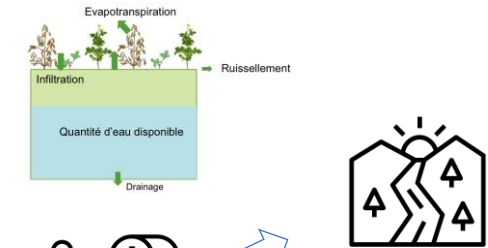
➤ BAG'AGES en bref

➤ Questions de recherche traitées



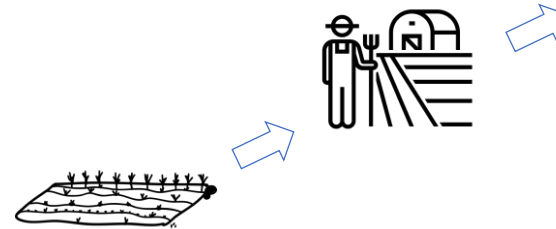
Quels sont les effets des pratiques agroécologiques (AC et Agroforesterie) sur le cycle de l'eau ?

- Quantité d'eau stockée et dynamique dans le sol
- Infiltration, ruissellement, transfert aux cours d'eau
- Transfert de polluants (nitrate, pesticides) aux cours d'eau
- Compatibilité qualité/quantité d'eau



Quels effets de ces systèmes :

- Dans les diverses situations pédoclimatiques du BAG ?
- Sur les performances des exploitations?
- A l'échelle du bassin versant ?



Quelle vulnérabilité face au changement climatique ?



Sites « différenciés » (8-20 ans en AC) = pas d'information sur la période de transition



INRAE

Contribution de l'Agriculture de Conservation des Sols à la Transition Agroécologique : Gestion de l'eau et de la fertilité chimique des sols

7-06-2023, Lionel Alletto

➤ Caractérisation du fonctionnement hydrique en AC

Sites et systèmes de culture

4 sites couples ; 3 types de sol

Agriculture conventionnelle	Agriculture de conservation
-----------------------------	-----------------------------



3 sites simples ; 3 types de sol

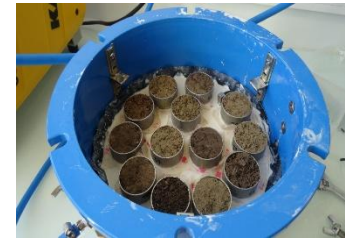
Agriculture de conservation



Estimation de propriétés physiques des sols

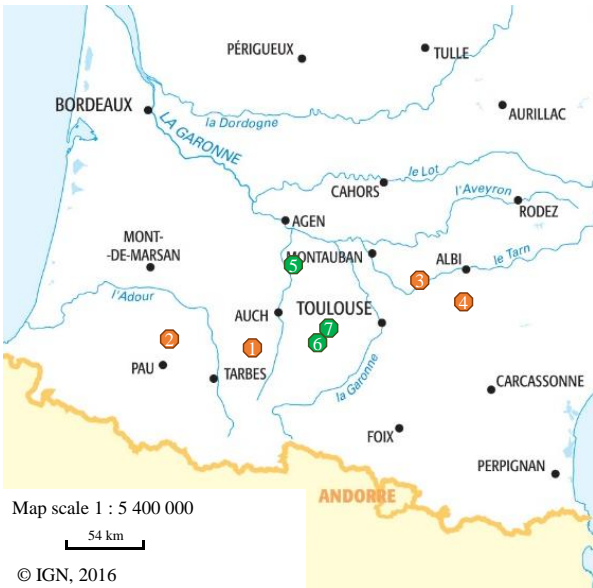
Conductivité hydraulique (K) et masse volumique apparente (ρ_b)

Réservoir utilisable des sols



Evaluation agronomique

Prospection racinaire
Colonisation par mycorhizes (maïs)



Map scale 1 : 5 400 000
54 km
© IGN, 2016

i "couple site": one plot under conservation agriculture and one plot under conventional agriculture (including ploughing)

ii "single site": one plot under conservation agriculture



➤ LEVIER 2 : stabiliser les agrégats des sols par un accroissement des teneurs en carbone des sols



▶ sur des sols initialement pauvres (32 ; 81) :

- Augmentation des teneurs en C de 60 à 75 % en surface
- Stock global de C accru sur 0-60 cm (maximum +30 %)

▶ sur des sols riches (64) :

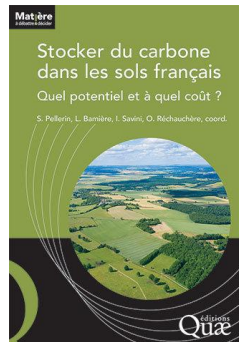
- Pas de modification

▶ sur des sols peu contrastés au niveau des pratiques (81)

- Pas de modification

Dpt	Site	t C / ha
32	AC (20 ans)	≈ 70
	Labour	≈ 50
64	AC (10 ans)	≈ 116
	Labour	≈ 113
81	AC (8 ans)	≈ 65
	Labour	≈ 65
81	AC (30 ans)	≈ 84
	Labour	≈ 64

©Yves Ferrié, CDA81

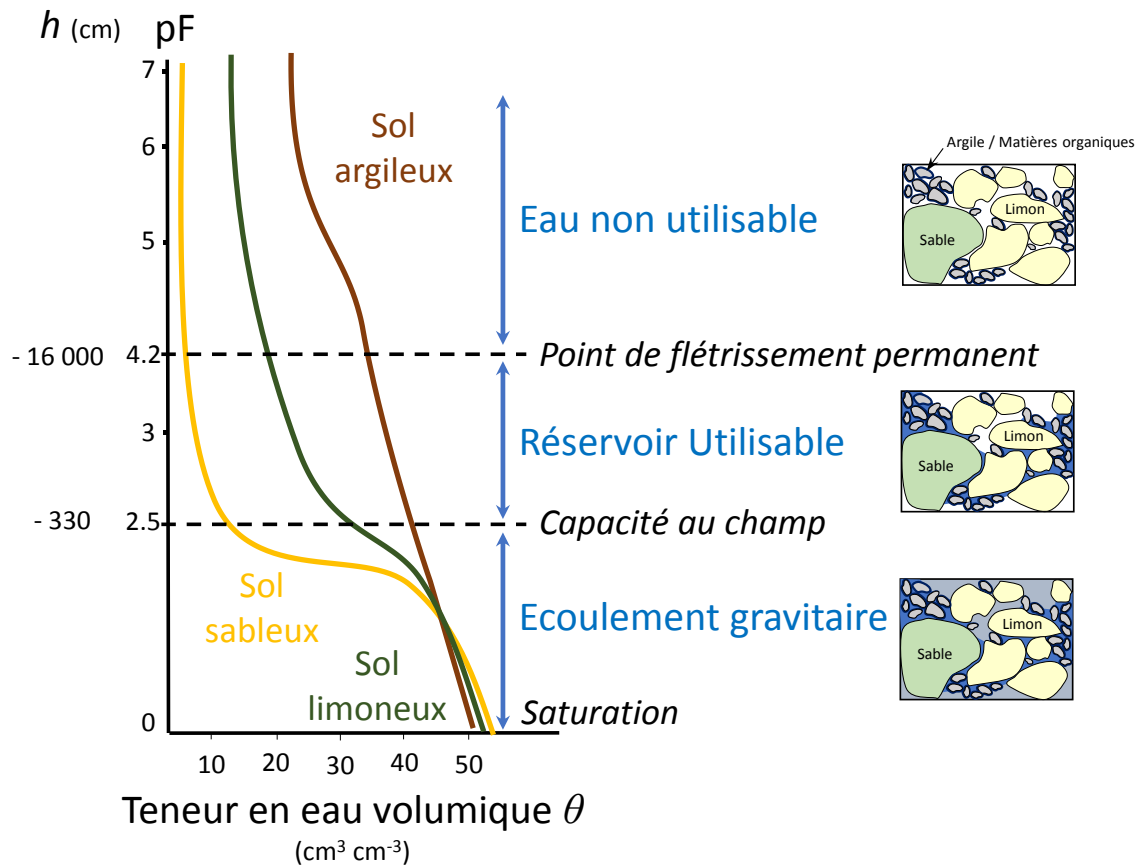


(Pellerin et al., 2019)



➤ LEVIER 3 : retenir plus d'eau dans le sol ?

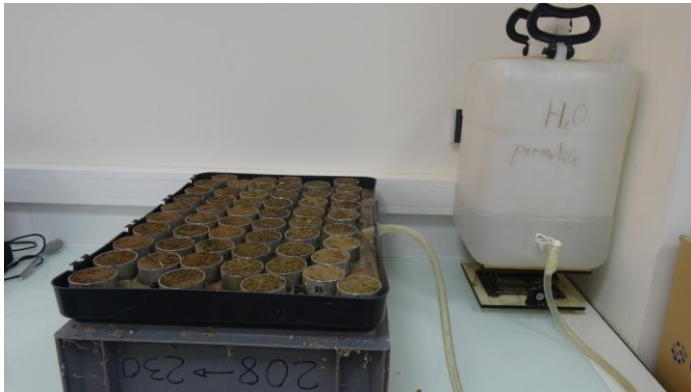
➤ Qu'est que le Réservoir Utilisable (RU) d'un sol ?





➤ LEVIER 3 : retenir plus d'eau dans le sol ?

- mesure de la rétention d'eau sur Presses de Richards



INRAE



➤ LEVIER 3 : retenir plus d'eau dans le sol ?



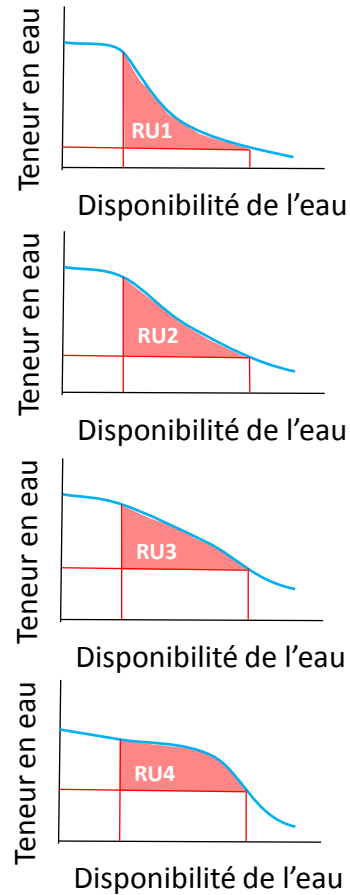
0-30 cm : horizon
« travaillé »

30-50 cm : Bt1

50-65 cm : Bt2

65-110 cm : C1

>110 cm : C2

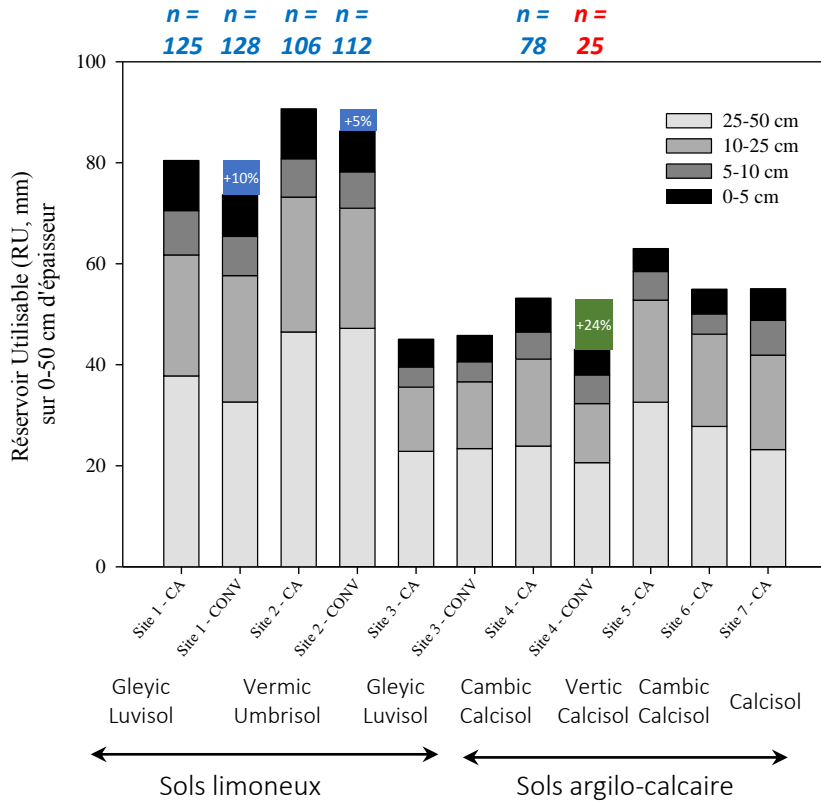


C2 : non exploré par les racines...





➤ LEVIER 3 : retenir plus d'eau dans le sol ?



► Effet du sol est dominant

► Augmentation de la taille du RU de 5 à 10 % sur le profil (10 à 15 % en surface (0-10 cm)) en AC

► Effet des pratiques sur RU en profondeur dépend des sols

► Vers de nouvelles fonctions « d'AgroPédoTransfert » pour estimer le RU des sols en AC ?

Geoderma xxx (xxxx) 116228



Contents lists available at ScienceDirect

Geoderma

journal homepage: www.elsevier.com/locate/geoderma



Physical properties of soils under conservation agriculture: A multi-site experiment on five soil types in south-western France

Lionel Alletto^{a,*}, Sixtine Cueff^a, Julie Bréchemier^a, Maylis Lachaussée^a, Damien Derrouch^a, Anthony Page^a, Benoit Gleizes^a, Pierre Perrin^a, Vincent Bustillo^{b,c}

^a Université de Toulouse, INRAE, UMR AGIR, F-31326 Castanet-Tolosan, France

^b Université de Toulouse, Centre d'Etudes Spatiales Médiopôle CESMO, CNRS CNRS INRAE IRD UPS, 41 Allée Jules Guesde, Toulouse 31000, France

^c IUT Paul Sabatier, 24 Rue d'Embaquès, Auch 32000, France

Soil & Tillage Research 209 (2021) 104967



Sixtine CUEFF



Contents lists available at ScienceDirect

Soil & Tillage Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/still



Estimation of soil water retention in conservation agriculture using published and new pedotransfer functions

Sixtine Cueff^{a,b,*}, Yves Coquet^b, Jean-Noël Aubertot^a, Liliane Bel^c, Valérie Pot^b, Lionel Alletto^{a,b}

^a Université de Toulouse, INRAE, UMR AGIR, F-31326, Castanet-Tolosan, France

^b Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR ECOSYS, 72050, Thiverval-Grignon, France

^c Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR MIA-Paris, 75005, Paris, France



INRAE

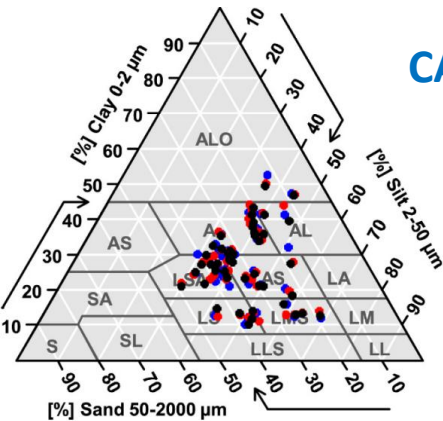
Contribution de l'Agriculture de Conservation des Sols à la Transition Agroécologique : Gestion de l'eau et de la fertilité chimique des sols

7-06-2023, Lionel Alletto



➤ LEVIER 3 : retenir plus d'eau dans le sol ?

▶ Vers de nouvelles fonctions « d'AgroPédoTransfert » pour estimer le RU des sols en AC ?



CASDAR TTSI (2009-2012)



Données issues de 61 parcelles réparties entre 19 agriculteurs

▶ Utilisation de 29 Fonctions de PédoTransfert pour estimer le RU de parcelles en AC



Résultats non satisfaisants

▶ Nécessité de développer de nouveaux référentiels et fonctions de pédotransfert propres à l'AC pour mieux estimer le RU



Estimation of soil water retention in conservation agriculture using published and new pedotransfer functions

Sixtine Cuffe^{a,b,*}, Yves Coquet^b, Jean-Noël Aubertot^a, Liliane Bel^c, Valérie Pot^b, Lionel Alletto^{a,*}

^a Université de Toulouse, INRAE, UMR AGIR, F-31326, Castanet-Tolosan, France
^b Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR ECOSYS, 76550, Thiverval-Grignon, France
^c Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR MIA-Paris, 75005, Paris, France



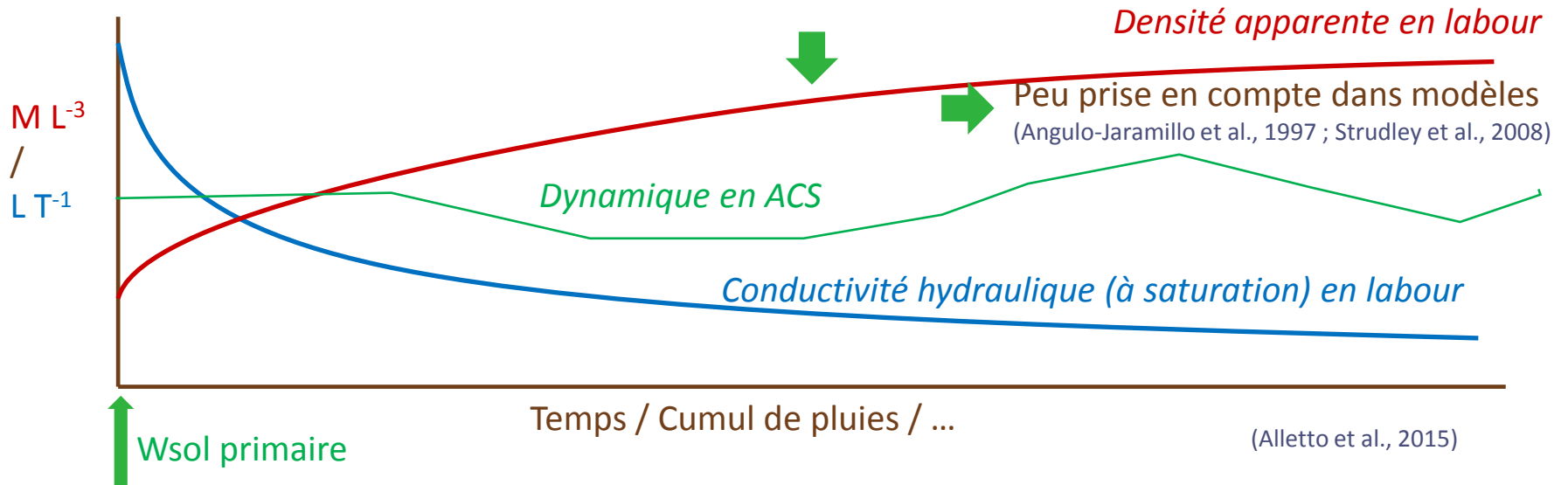


➤ LEVIER 4 : accroître les capacités d'infiltration ?



Forte dynamique temporelle

(Sauer et al. 1990 ; Green et al., 2003 ; Stange et Horn, 2005 ; Strudley et al., 2008)





➤ LEVIER 4 : accroître les capacités d'infiltration ?

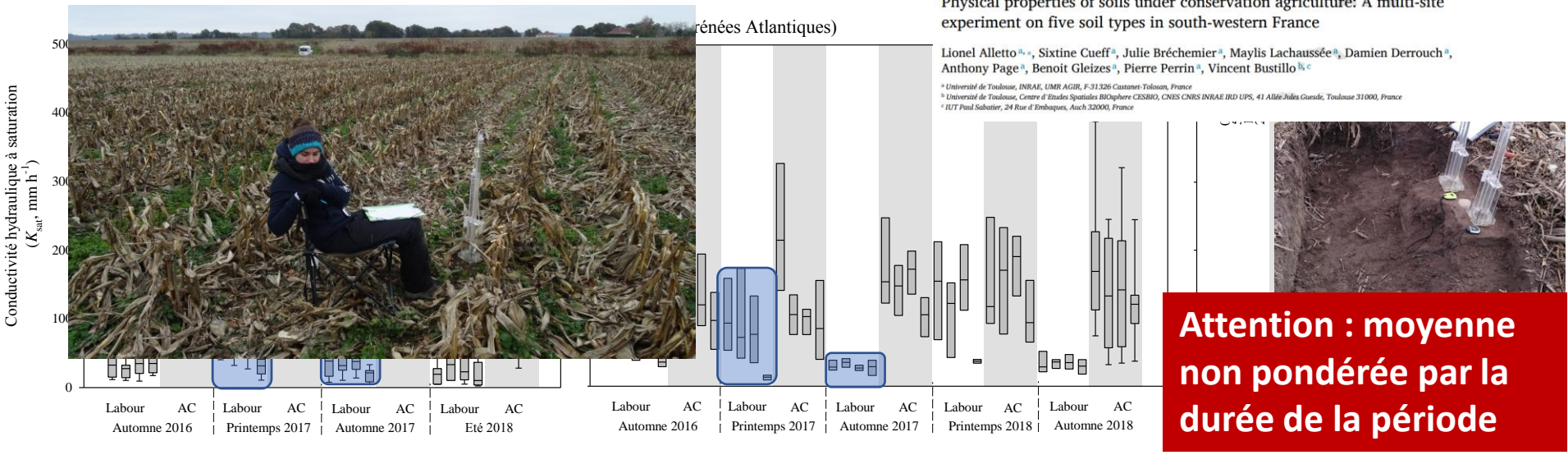
Geoderma xxx (xxxx) 116228



Contents lists available at ScienceDirect

Geoderma

journal homepage: www.elsevier.com/locate/geoderma



► Augmentation de la conductivité à saturation en AC sur les 3 sites « couple »

AC (20 ans)	160 $mm\ h^{-1}$	AC (10 ans)	150 $mm\ h^{-1}$	AC (8 ans)	100 $mm\ h^{-1}$
Labour	50 $mm\ h^{-1}$	Labour	70 $mm\ h^{-1}$	Labour	70 $mm\ h^{-1}$

► Amélioration de la stabilité temporelle au cours d'une saison culturale en AC

(Alletto et al., 2023)



INRAE

Contribution de l'Agriculture de Conservation des Sols à la Transition Agroécologique : Gestion de l'eau et de la fertilité chimique des sols

7-06-2023, Lionel Alletto



➤ LEVIER 4 : accroitre les capacités d'infiltration ?





➤ LEVIER 4 : accroitre les capacités d'infiltration ?

- ▶ Modification de la connectivité du réseau poral -> publication de Cueff et al. à venir



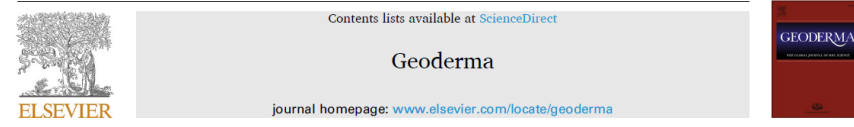
Explication de la variance des propriétés physiques des sols

	Densité	Infiltration	RU
SITE	NS	NS	++
SYSTEME	++ (26 %)	+++ (52 %)	+
PERIODE	+	+	
PROF.	+	+	
SITE x SYSTEME	+++ (32 %)	+	+
SITE x PERIODE	NS	NS	
SITE x PROF.	NS	NS	
SYSTEME x PERIODE	+	++ (28 %)	
SYSTEME x PROF.	NS	NS	
PERIODE x PROF.	NS	NS	

► Malgré des valeurs de densité apparente plus importantes (donc une porosité totale plus faible), la conductivité hydraulique est plus élevée en AC

→ Rôle majeur de la connectivité du réseau poral (Wardak et al., 2022)

Geoderma 422 (2022) 115927



Zero tillage has important consequences for soil pore architecture and hydraulic transport: A review

D. Luke R. Wardak^{a,*}, Faheem N. Padia^b, Martine I. de Heer^b, Craig J. Sturrock^a, Sacha J. Mooney^a

^a Division of Agriculture and Environmental Sciences, School of Biosciences, University of Nottingham, Sutton Bonington, Loughborough, UK
^b Jealotts Hill Research Centre, Syngenta Ltd, Bracknell, UK

D.L.R. Wardak et al.

Geoderma 422 (2022) 115927

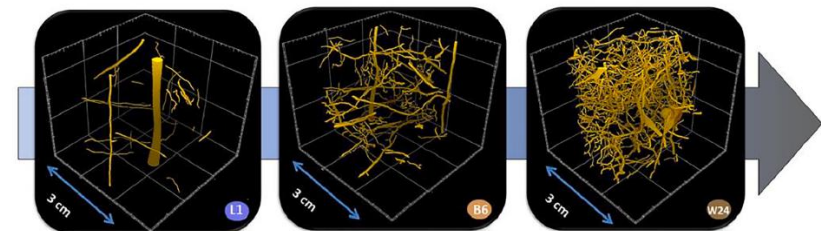


Fig. 2. Biopores in undisturbed soil from 1, 6 and 24 years at 50 cm depth, pores characteristic from root structures established in the first few years are still observable after 24 years (Lucas et al., 2019b).



➤ LEVIER 5 : mieux valoriser le réservoir utilisable ?

▶ intérêt probable des mycorhizes dans l'alimentation hydrominérale des plantes

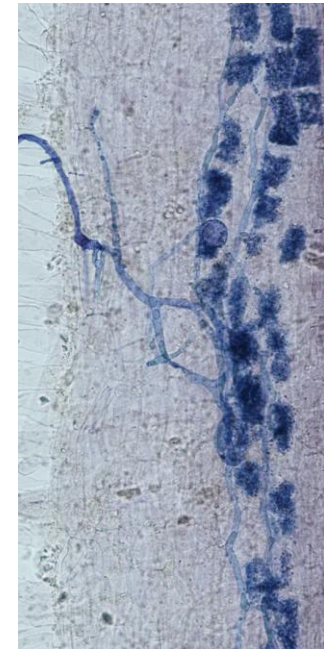
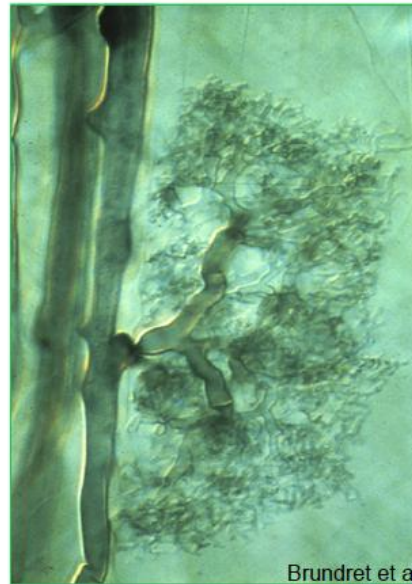
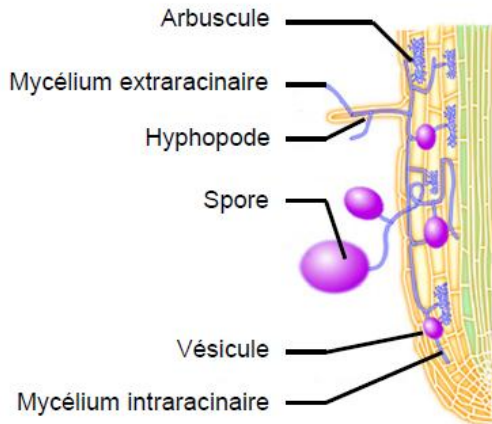


Arthur MAES – 2018-2021

Symbiose mycorhizienne

> Champignons (endo)Mycorhizien Arbusculaire (CMA) :

- ↳ Symbiose mutualiste.
- ↳ Symbiose très ancienne (450 Ma).
- ↳ Symbiose répandue (80% des plantes).



©Le Ru Aurélie



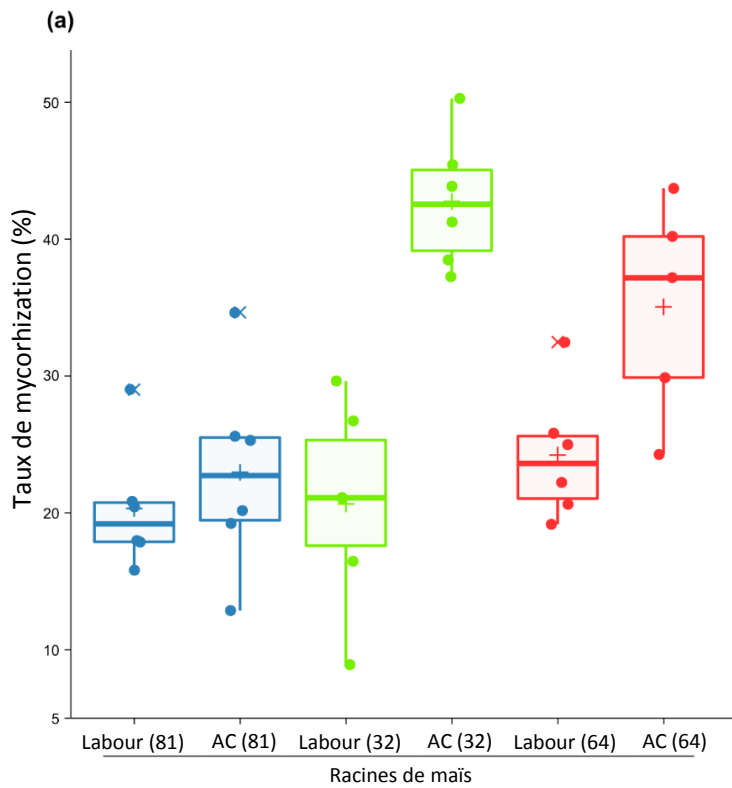
➤ LEVIER 5 : Valorisation du réservoir utilisable et alimentation minérale : intérêt probable des mycorhizes ?

▶ intérêt probable des mycorhizes dans l'alimentation hydrominérale des plantes

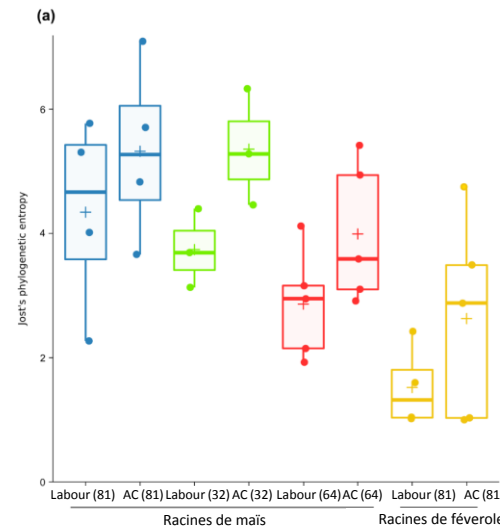


Arthur MAES – 2018-2021

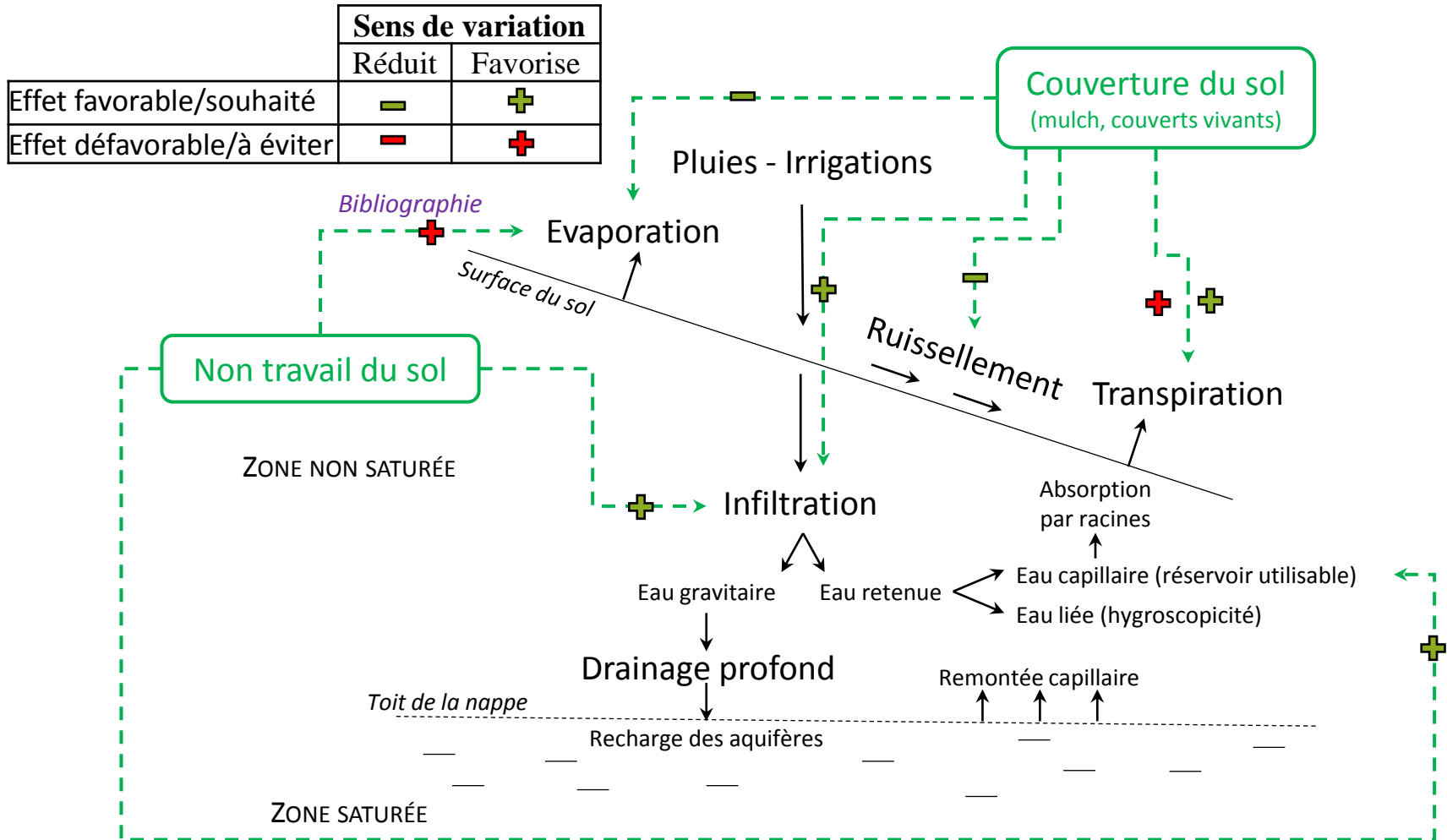
▶ **Mycorhization plus importante en AC**
 → Lien à explorer entre durée de couverture des sols / biomasse des couverts et taux de mycorhization



▶ **Diversité des CMA plus importante en AC**



➤ En synthèse : sur le fonctionnement hydrique



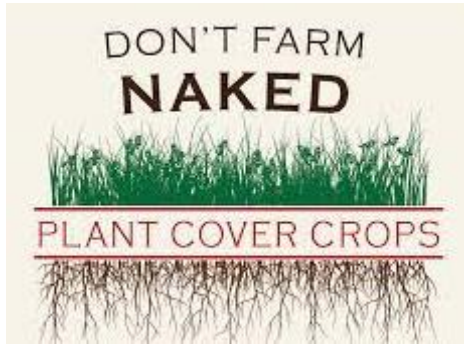
➤ Quelques enjeux de recherche

- ▶ Améliorer nos connaissances sur les dynamiques temporelles des processus : minéralisation, rétention d'eau, infiltration
- ▶ Intégrer ses connaissances dans les formalismes de modélisation
- ▶ Développer des référentiels adaptés aux systèmes ACS tenant compte de la connectivité du réseau poral : densité apparente & porosité totale / infiltration
- ▶ Evaluer les dynamiques de restauration de propriétés si introduction de travail du sol occasionnel
- ▶ Poursuivre les travaux sur des systèmes ACS sans pesticides et en évaluer les performances -> ABC...

... *projet BAG'AGES 2*



➤ **Merci pour votre invitation et votre attention.**



lionel.alletto@inrae.fr