



**HAL**  
open science

# Fonctionnement hydrique de sols en agriculture de conservation

Lionel Alletto, Vincent Bustillo, Julie Bréchemier

► **To cite this version:**

Lionel Alletto, Vincent Bustillo, Julie Bréchemier. Fonctionnement hydrique de sols en agriculture de conservation. Phloème 2022, Arvalis, Nov 2022, Paris, France. 18p. hal-03991260

**HAL Id: hal-03991260**

**<https://hal.science/hal-03991260v1>**

Submitted on 15 Feb 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.



Réagissez en direct avec #Phloeme2022 !

Biennales de l'innovation céréalière



# Phloème

3 - 4 novembre 2022

Cité des Sciences & de l'Industrie  
Paris

Organisé par

ARVALIS  
Institut du végétal

Membre de



Partenaire technique ACTIA

# Phloème 3 - 4 novembre 2022

Cité des Sciences & de l'Industrie - Paris

## Fonctionnement hydrique de sols en agriculture de conservation

*Quelques résultats du programme BAG'AGES*



*Lionel Alletto, Vincent Bustillo, Julie Bréchemier*

UMR Agroécologie, Innovations, Territoires

[lionel.alletto@inrae.fr](mailto:lionel.alletto@inrae.fr)



INRAE



Organisé par :



Membre de :



Avec l'appui  
scientifique de :



Soutenu par :



En partenariat avec



Partenaires média



## ➤ Illustrations de quelques effets du CC

Le changement climatique est une **réalité** qui a des **conséquences hydrologiques** majeures

Augmentation des températures

+ 2 °C



-35% à -60%



Manteau neigeux

+10% à +30%



Evapotranspiration

-20% à -40%



Baisse des débits

Phénomènes extrêmes plus fréquents



Etiage plus précoce, plus sévère et plus long  
Baisse de la recharge des nappes

(Goulard, 2021)

RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE  
Liberté  
Égalité  
Fraternité

EAU  
GRAND SUD-OUEST  
AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE

Phloème 3 - 4 novembre 2022  
Cité des Sciences & de l'Industrie - Paris

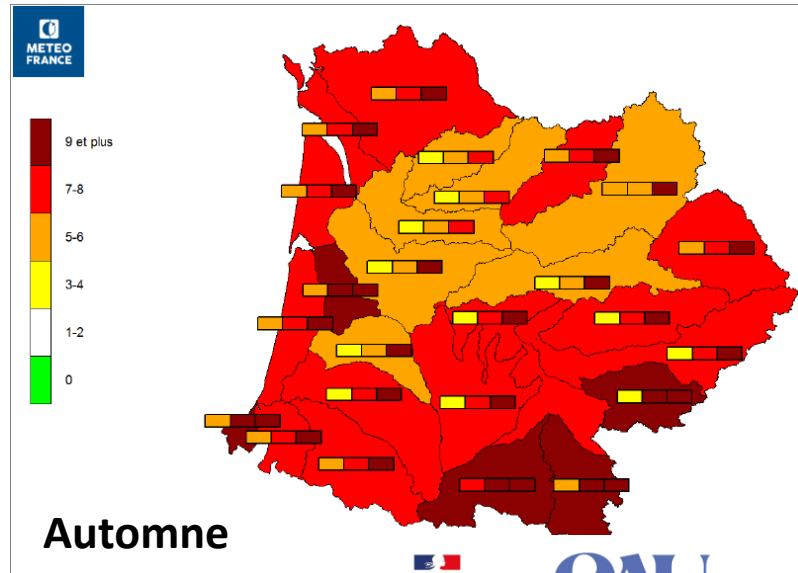
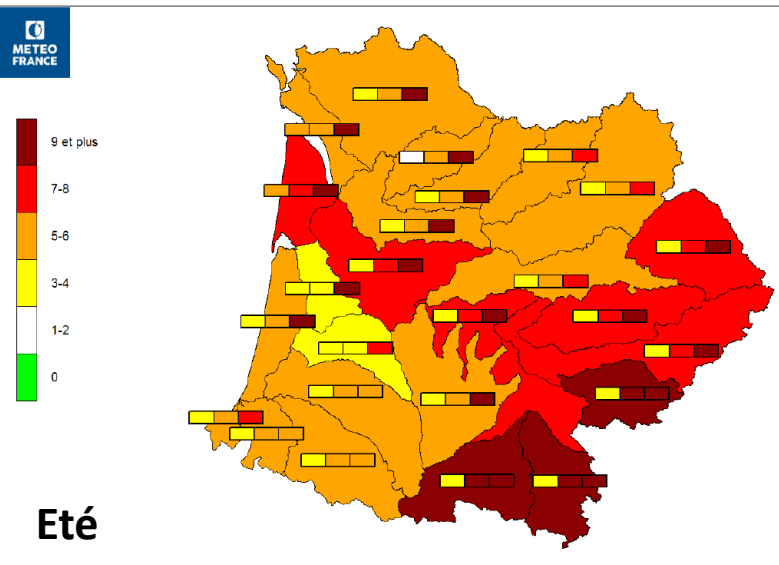
ARVALIS  
Institut du végétal

# ➤ Illustrations de quelques effets du CC

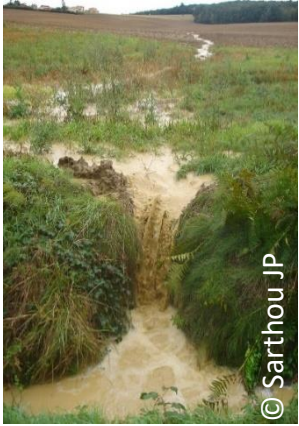
Un risque accru de **sécheresse des sols**

(à occupation et type de sols constants)

Occurrence de la sécheresse décennale en 2050

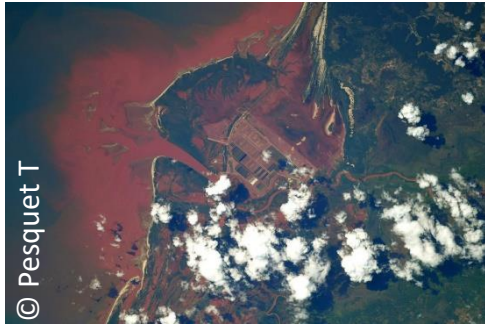


# ➤ Le Sol, épiderme vivant et fragile de la Terre



## ➤ Erosion des sols : amplification probable avec le CC

- ▶ en moyenne, il faut 2000 ans pour créer 10 cm de sol et on perd environ **0,9 mm / an** de sols agricoles (FAO, 2016)
- ▶ 80 % des surfaces agricoles mondiales sont sujettes à une érosion forte, 10 % à une érosion faible (Pimentel, 1993; Lal, 1994)
- ▶ **Pertes ≈ 30 t/ha/an** variant de 0,5 à 400 t/ha/an (Pimentel et al., 1995)



- ▶ Estimation des coûts associés : difficiles à obtenir...
  - dans le Gers : ≈ 5 M€ suite aux pluies de mai-juin 2018
  - en moyenne, le curage des fossés & nettoyage des routes sont évalués à 12-20 €/personne de la zone concernée
  - coût des équipements de traitement de la turbidité : 1,3-2,2 M€ pour traiter 180 m<sup>3</sup>/h
- ▶ Estimation des coûts globaux : **60-70 € / personne / an**  
**(420 Milliards €/an !!)**

# ➤ L'agriculture de conservation, une voie d'adaptation des systèmes au CC et d'atténuation de ses effets ?

Rotation-Succession des cultures



Cultures intermédiaires (CI)



© Raffaillac D.

Suppression du travail du sol



© Ferrière Y.

▶ Réduction du ruissellement et de l'érosion des sols (Palm, 2014)

▶ 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)

*Sur le fonctionnement hydrique :*

▶ **LEVIER 1** : Effets sur la rétention d'eau ?

→ importance du C ? (Bagnall et al., 2022 vs. Minasny and McBratney, 2018)

→ connectivité du réseau poral ? (Wardak et al., 2022)

▶ **LEVIER 2** : Effets contrastés sur l'infiltration (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 3** : Valorisation du réservoir utilisable ?

→ influence de l'activité microbologique (mycorhize) ?

→ prospection racinaire ?



## Bassin Adour-Garonne : Quelles performances de pratiques AGroEcologiqueS ?

**INRAE**



EcoSys



**ARVALIS**  
Institut du végétal



**MAÏSADOUR**  
NOTRE CULTURE. VOTRE BIEN-VIVRE



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



**Solagro**



*Avec et pour les céréaliers*  
**AGRO D'OC**  
UNION DES CETA D'OC







## 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 ?

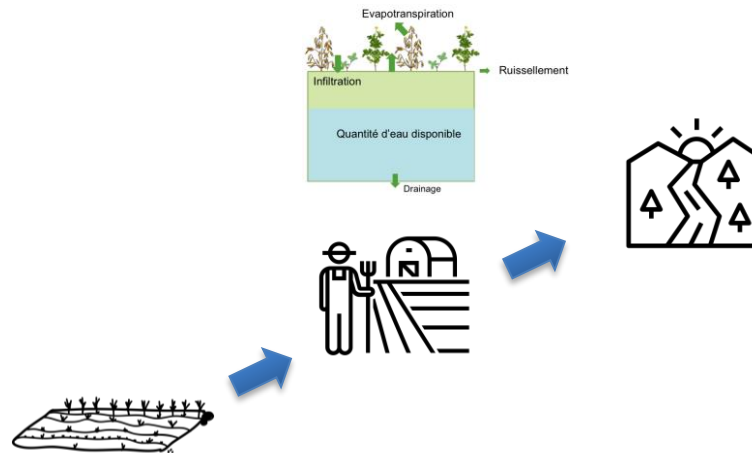
Sur les performances des exploitations?

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**



# ➤ 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 ( $\rho_b$ )

Réservoir utilisable des sols



## Evaluation agronomique



Prospection racinaire  
Colonisation par mycorhizes  
(maïs)



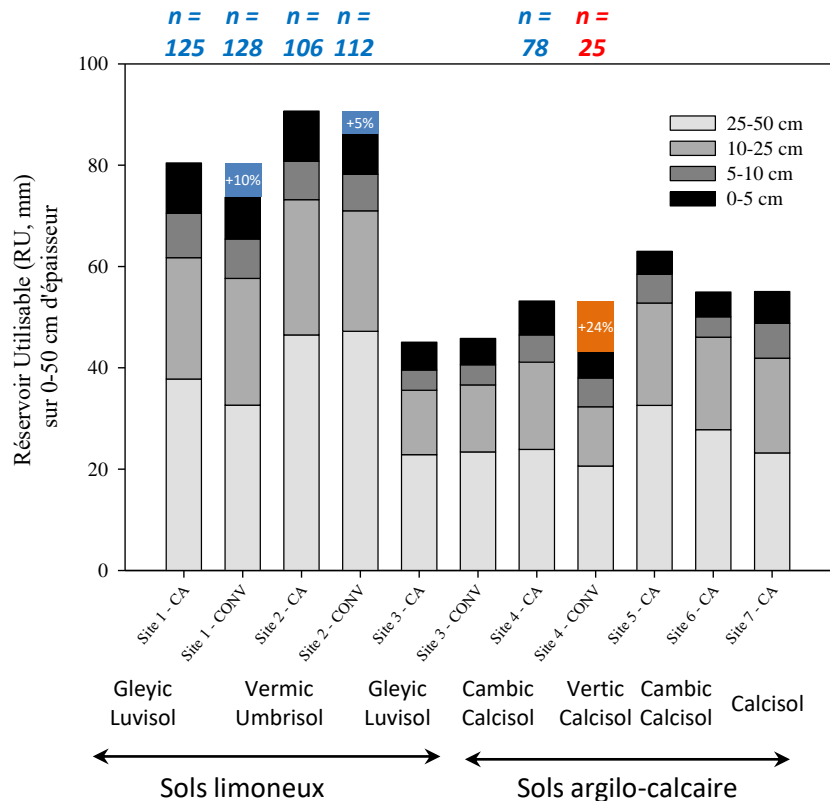
© IGN, 2016

**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 1 : Effets sur le réservoir utilisable (RU) des sols (sur 50 cm)



- ▶ 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 ?



Sixtine CUEFF

Soil & Tillage Research 209 (2021) 104967

Contents lists available at ScienceDirect

Soil & Tillage Research

ELSEVIER

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/still](http://www.elsevier.com/locate/still)

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

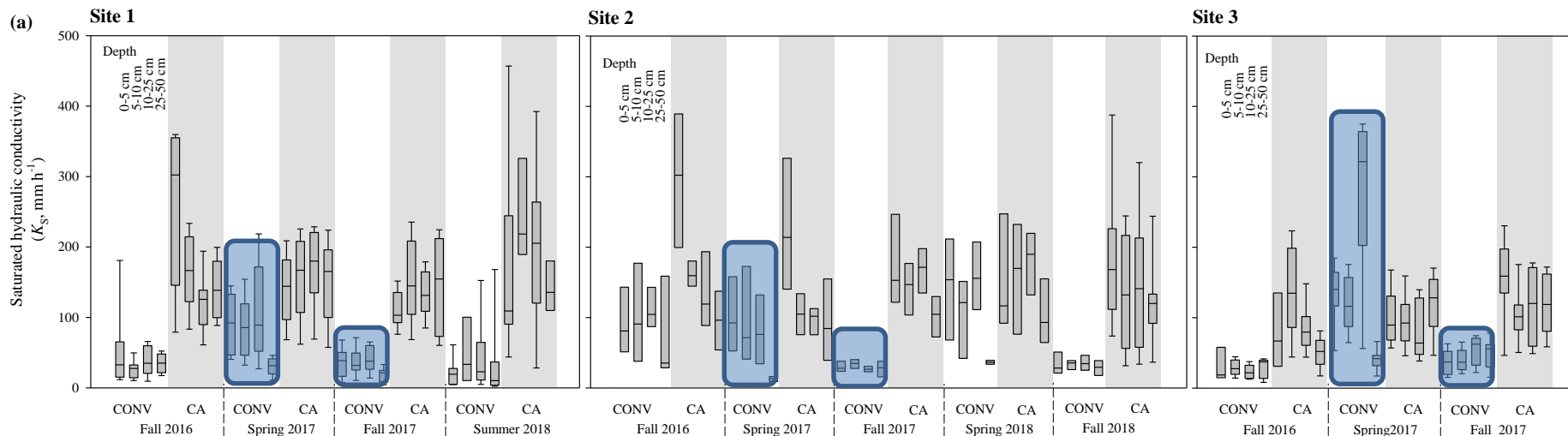
Sixtine Cueff<sup>a,b,\*</sup>, Yves Coquet<sup>b</sup>, Jean-Noël Aubertot<sup>a</sup>, Liliane Bel<sup>c</sup>, Valérie Pot<sup>b</sup>, Lionel Alletto<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Université de Toulouse, INRAE, UMR AGIR, F-31326, Castanet-Tolosan, France  
<sup>b</sup> Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR ECOSYS, 75005, Thiverval-Grignon, France  
<sup>c</sup> Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR MEA-Paris, 75005, Paris, France

## ➤ LEVIER 2 : Effets sur les capacités d'infiltration (sur 50 cm)



### ▶ Amélioration de la **stabilité temporelle** au cours d'une saison culturale en AC



### ▶ Augmentation de la conductivité à saturation en AC sur les 3 sites « couples »

**Attention : moyenne non pondérée par la durée de la période**

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

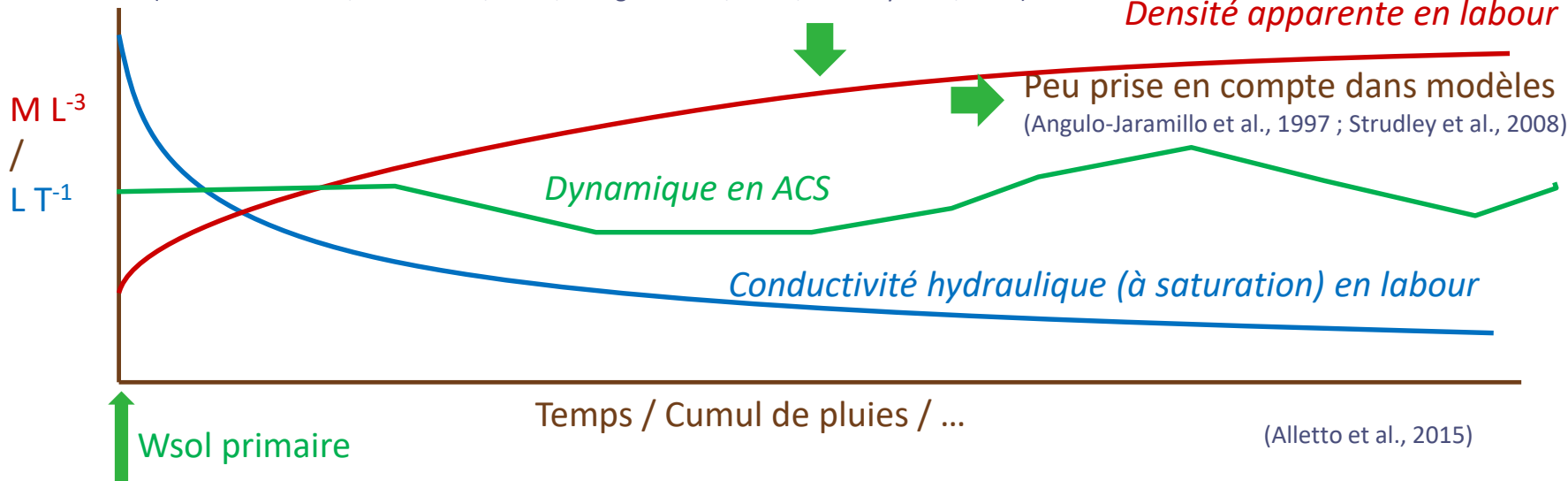


# LEVIER 2 : Effets sur les capacités d'infiltration (sur 50 cm)



**Forte dynamique temporelle**

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



## ➤ Explication de la variance des propriétés physiques des sols

	<i>Densité</i>	<i>Infiltration</i>	<i>RU</i>
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)
- Nécessité de développer des référentiels propres aux systèmes en AC : la densité apparente intervient dans de nombreuses FPT (Fonctions de Pédotransfert)



# LEVIER 3 : Valorisation du réservoir utilisable (par les racines et mycorhizes)

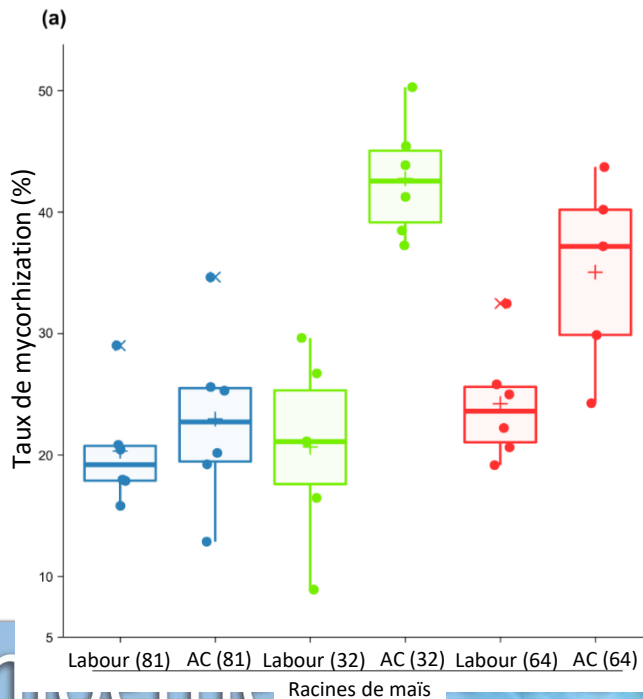


## ► Colonisation racinaire plus importante en AC

→ Même sans semelle, la discontinuité générée par le travail du sol limite le développement des racines du maïs



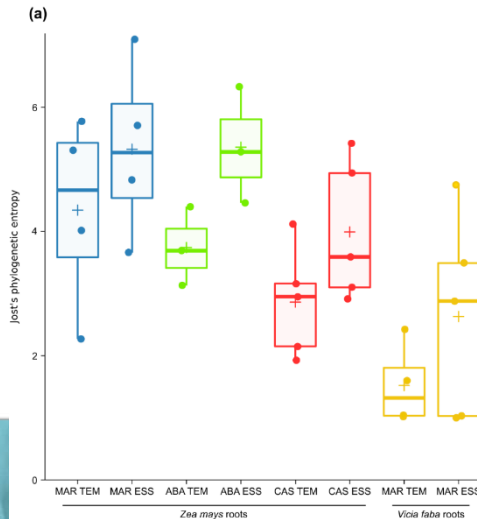
Arthur MAES – 2018-2021



## ► Mycorrhization plus importante en AC

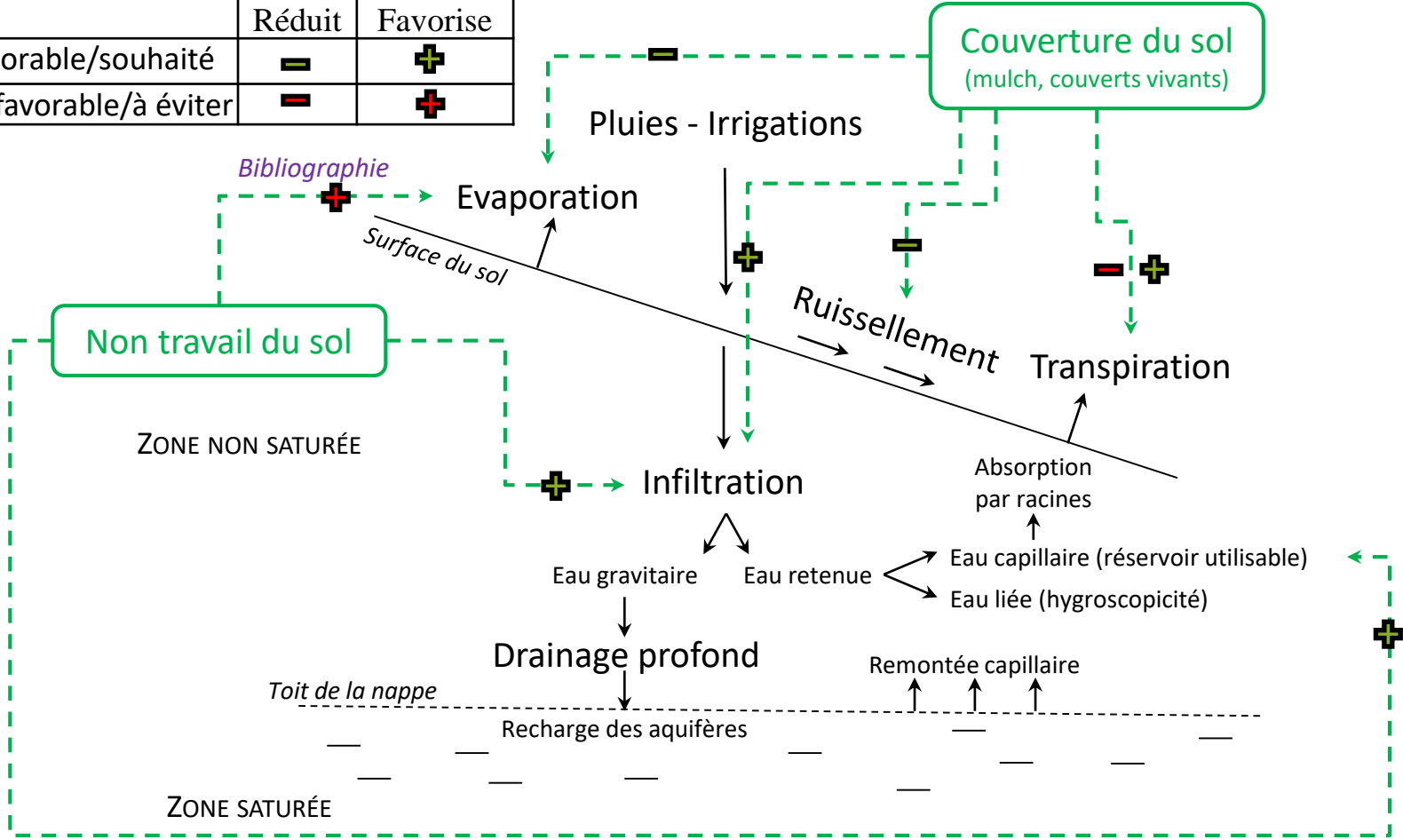
→ Lien à explorer entre durée de couverture des sols / biomasse des couverts et taux de mycorrhization

## ► Diversité des CMA plus importante en AC



# > Synthèse

Sens de variation	
Réduit	Favorise
Effet favorable/souhaité	+
Effet défavorable/à éviter	-





## ➤ Éléments de conclusion

Les systèmes en agriculture de conservation peuvent permettre :

▶ d'**améliorer** / de **restaurer** plusieurs **fonctions écosystémiques** :

- rétention (+ 5 à 10 %) et infiltration d'eau (x 1,5 à 5)
- atténuation des effets du changement climatique (par stockage de C et augmentation de l'effet albédo)
- activité biologique et notamment microbiologique

▶ de **maintenir** / **améliorer les performances économiques** des exploitations agricoles (notamment par une moindre dépendance aux intrants)

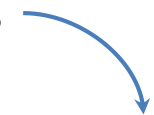
▶ de **réduire certains impacts environnementaux** (érosion, lixiviation de nitrate, ...)

*mais pas tous : l'utilisation des pesticides demeure un talon d'Achille notamment en AC*

*Gestion qualitative de l'eau*

# ➤ Merci votre attention.

Plus d'infos



ARTICLE IN PRESS

Geoderma xxx (xxxx) xxx

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)



ELSEVIER

Geoderma

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/geoderma](http://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<sup>a,\*</sup>, Sixtine Cueff<sup>a</sup>, Julie Bréchemier<sup>a</sup>, Maylis Lachaussée<sup>a</sup>, Damien Derrouch<sup>a</sup>, Anthony Page<sup>a</sup>, Benoit Gleizes<sup>a</sup>, Pierre Perrin<sup>a</sup>, Vincent Bustillo<sup>b,c</sup>

<sup>a</sup> Université de Toulouse, INRAE, UMR AGIR, F-31326 Castanet-Tolosan, France

<sup>b</sup> Université de Toulouse, Centre d'Etudes Spatiales BIOsphere CESBIO, CNES CNRS INRAE IRD UPS, 41 Allée Jules Guesde, Toulouse 31000, France

<sup>c</sup> IUT Paul Sabatier, 24 Rue d'Enbaques, Auch 32000, France

Merci aux financeurs



Et l'équipe de terrain !!



[lionel.alletto@inrae.fr](mailto:lionel.alletto@inrae.fr)



Phloème 3 - 4 novembre 2022  
Cité des Sciences & de l'Industrie - Paris

ARVALIS  
Institut du végétal