



Le Sol dans les Groupes AE en PACA

Stéphane Ruy, stephane.ruy@inra.fr
(et al. : A. Bérard, Y. Capowiez, C. Doussan, C.
Pélosi...)

Plan

Sur la notion d'agroécologie (AE)

Le sol :

- Services et Fonctions
- L'importance de la MO et de l'activité biologique

Quelques exemples

Besoins d'indicateurs

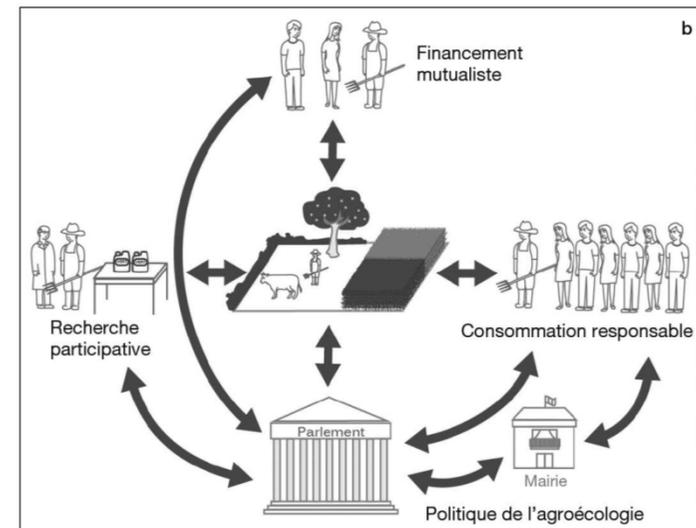
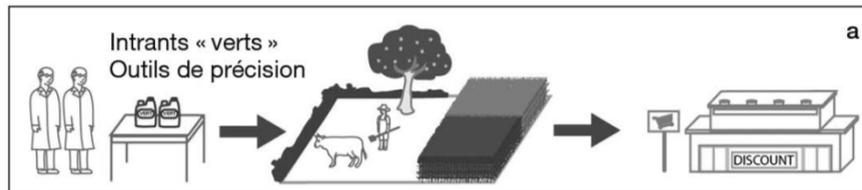
Les outils collaboratifs avec la recherche

Qu'est-ce que l'Agroécologie (AE) ?

• Une diversité de définitions et d'acceptations (Doré et Bellon, 2019) :

- www.agroecology-pool.org : 23 définitions (FAO, IPBES, CIRAD, INRA...)
- Non pas une mais des approches agroécologiques de la production agricole :

d'une AE « faible » (adaptation d'une pratique) \Rightarrow à une AE « forte » (systémique)
(M. Calame 2016)



Qu'est-ce que l'Agroécologie (AE) ?

- Une constance :
 - **la mobilisation (le pilotage) de processus/fonctions écologiques pour une moindre artificialisation des pratiques dans l'optique d'une production durable**
- Fondamentaux / hypothèses :
 - Maximiser la biodiversité
 - ↗ résilience, les synergies, les interactions + (organismes du sol, rhizosphère, plante cultivée)
 - ↘ recours à des intrants (fertilisants et pesticides de synthèse, eau)
 - ↗ la MO dans les sols
 - Repose sur une compréhension fine des processus et peut mobiliser les savoirs « locaux »
 - Importance du sol et de ses composantes biologiques :
 - Reconnaissance à tous les niveaux (2015 Année du sol ONU, 2016 stratégie de gestion durable des sols UE...)
 - Composantes biologiques :
 - Accroître l'accumulation de MO et le recyclage des éléments minéraux
 - Favoriser l'activité biologique des sols
 - Minimiser les pertes de ressources (sols, eau, ressources génétiques)
 - Augmenter la biodiversité
 - Favoriser les mécanismes de régulation naturelle des populations d'adventices, d'insectes et d'agents pathogènes)

Les sols agricoles : Services et Fonctions

- Services Rendus par les Ecosystèmes : MEA, 2005



- SE rendus par les sol : (Dominati et al., 2010)

Les écosystèmes fournissent quatre types de services au monde



Les services d'approvisionnement sont les avantages matériels que les personnes tirent des écosystèmes, par exemple la fourniture de nourriture, d'eau, de fibres, de bois et de combustibles.



Les services de régulation sont les avantages tirés de la régulation des processus écosystémiques, par exemple la régulation de la qualité de l'air et de la fertilité des sols, la lutte contre les inondations et les maladies ou encore la pollinisation des cultures.



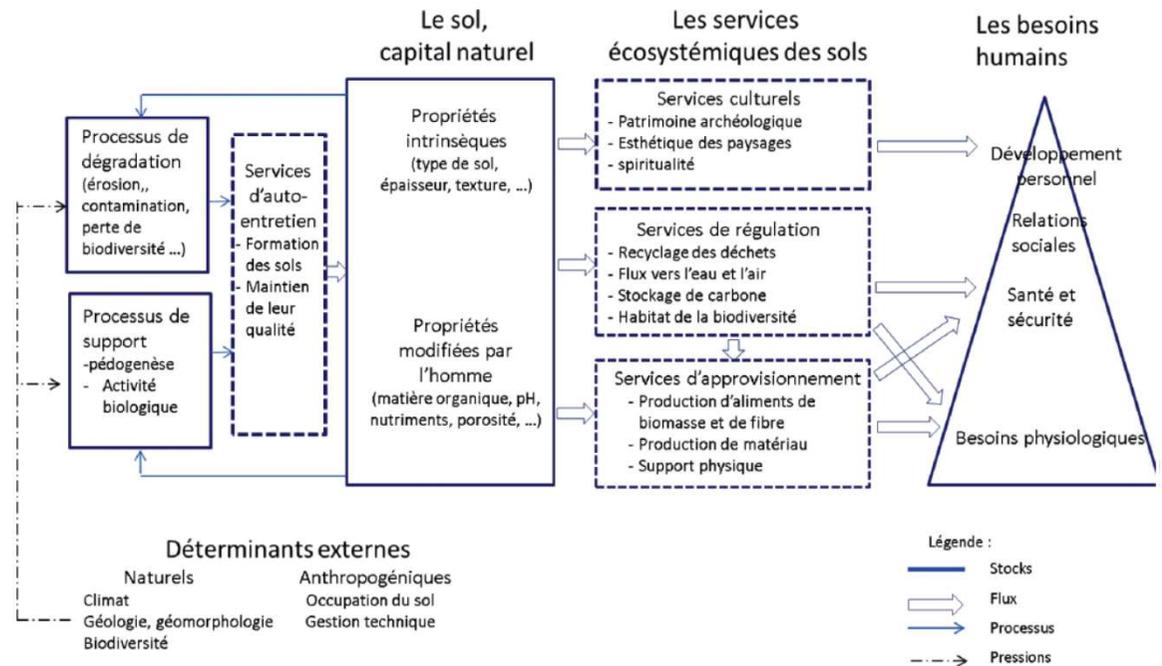
Les services de soutien sont nécessaires pour la production de tous les autres services écosystémiques; il s'agit par exemple de donner des espaces de vie aux végétaux et aux animaux, de permettre la diversité des espèces et de préserver la diversité génétique.



Les services culturels sont des avantages non matériels que les personnes tirent des écosystèmes, par exemple l'inspiration esthétique et en matière d'ingénierie, l'identité culturelle et le bien-être spirituel.



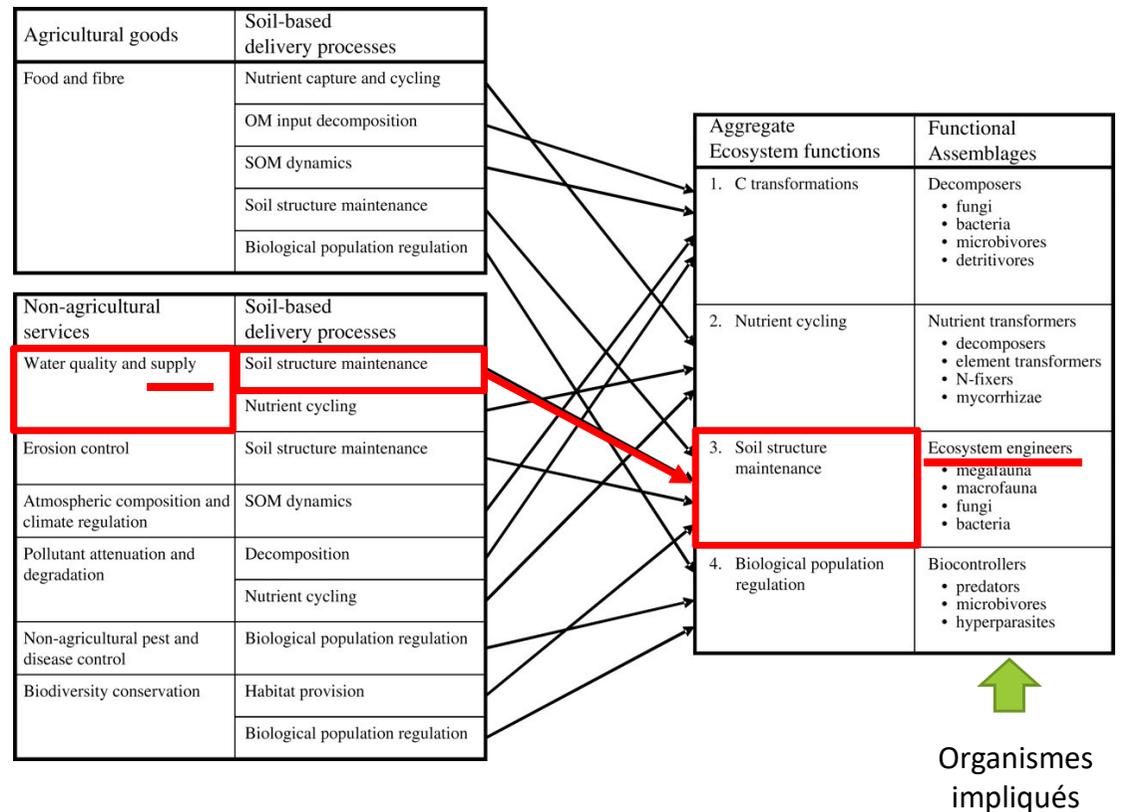
<http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/fr/>



(Walter et al., 2015)

Les sols agricoles : Services et Fonctions

- Service = anthropocentré vs Fonction = écocentré
- Les 4 grandes fonctions écologiques des sols (Kibblewhite et al., 2007) :
 - La transformation des molécules carbonées (ex.: décomposition MO)
 - Le recyclage des nutriments
 - La maintenance de la structure du sol (agrégation, formation de porosité...) => stabilité structurale, rétention et circulation de l'eau
 - La régulation biologique de bio agresseurs

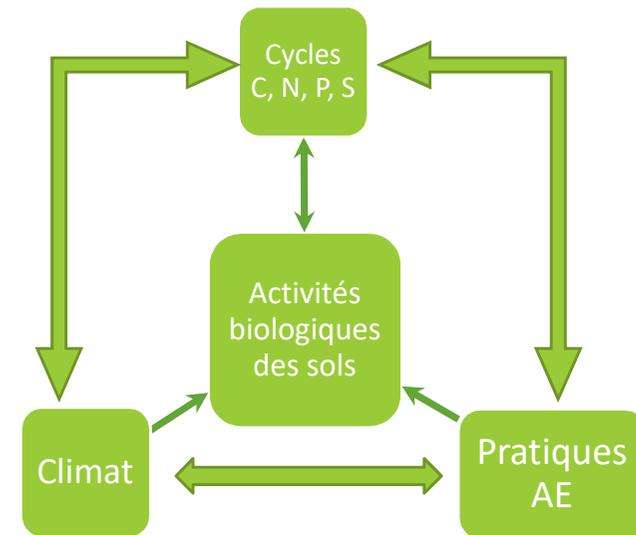
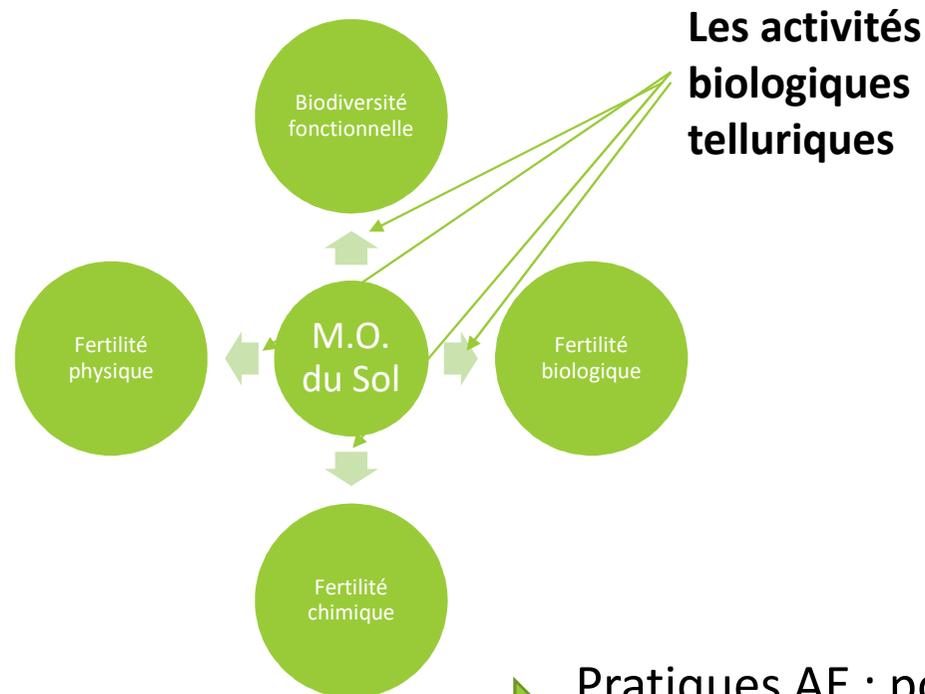


Le rôle central de la MO des sols en AE



Voir par ex : Briat et Job (Coord), 2017. Les sols et la vie souterraine – Des Enjeux Majeurs en agroécologie. Ed. QUAE

Le rôle central des activités biologiques telluriques en AE



Pratiques AE : pour un **pédoclimat donné**, mettre en œuvre des pratiques stimulant les activités biologiques des sols

Stimuler l'activité biologique tellurique par des pratiques AE

- Favoriser le couvert permanent du sol
- Apports de MO exogène (lisiers, compost, BRF, PRO...)
 - Stimulation de l'activité des organismes présents
 - Cf de Guardia (coord), 2018. *Compostage et Composts*, Lavoisier Tec&Doc
- Inoculation de μ , méso- ou macro-organismes (\Rightarrow l'ingénierie AE)
- Utiliser les cultures (rotation, assolement, cultivars, associations...)
- Protection intégrée, biocontrôle...

- Questions à traiter :
 - Impact Climat sur les organismes du sol
 - Equilibre entre stockage net et émission (C, N, P)
 - Apports d'organismes pouvant modifier les équilibres en place, apports de pathogènes
 - Caractérisation des apports (C/N...) et du fonctionnement des différentes communautés biologiques dans les sols (interactions, compétitions...)
 - Compétitions pour les ressources en cas d'associations, de couverts permanents
 - Effets courts et longs termes
 - ...

Illustration : apport de MO

- Augmenter la réserve utile des sols par apport de MO :
 - ↗ la porosité totale (infiltration, aération) (x organismes fousseurs)
 - ↗ l'agrégation et la stabilité structurale (chimie)
 - ↗ ou ⇒ ou ↘ la RU en fonction de la texture

■ « La relation entre teneur en Carbone et propriétés de rétention en eau est dépendante de la texture du sol »

■ « La rétention de l'eau à la capacité au champ est plus affectée par la teneur en carbone que la rétention en eau au point de flétrissement permanent »

■ **A faible teneur en C, un apport de C augmente la RU en sols sableux mais pas en sols argileux; à forte teneur en C, un apport de C augmente la RU quelle que soit la texture**

(Bauer & Black, 1992 ; Rawls et al., 2003)

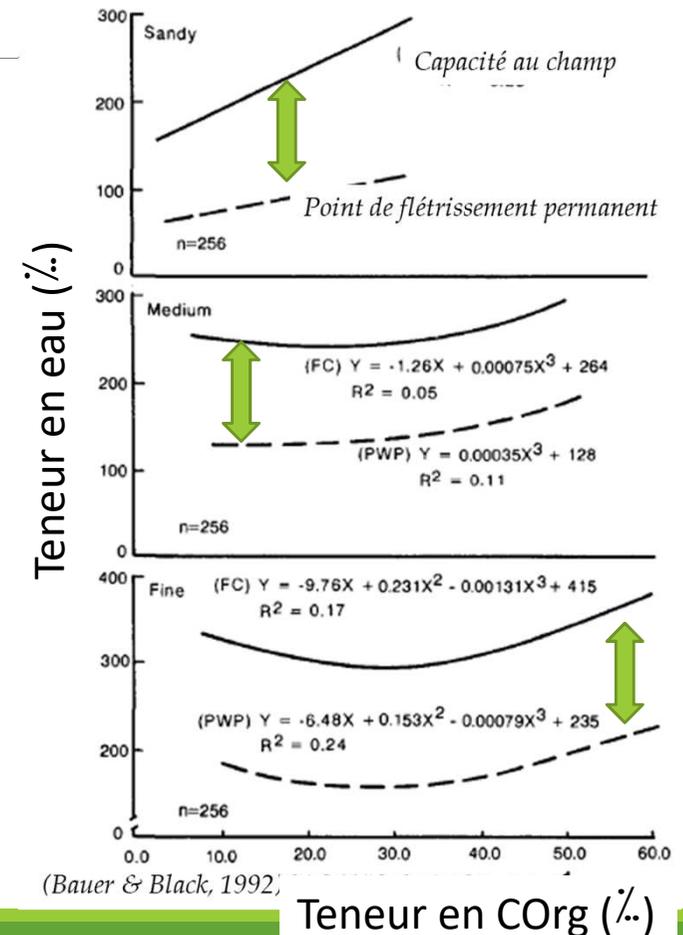


Illustration : assolement

- Modifier la réserve utile (RU) des sols via l'assolement

Effet d'une succession prairies / cultures sur le RU (SOERE Lusignan ACBB, T1= Céréales, T5=prairies, T2 et T3=alternance céréales/prairies (3/3 ans et 3/6 ans))

➔ Les successions culturales modifient, à *moyen terme*, la RU (Doussan et al., 2015)

Mécanismes = interactions systèmes racinaires x dynamique MO x microbiologie x macrofaune ?

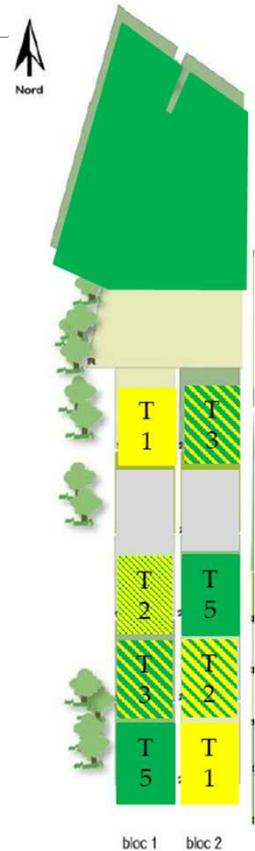
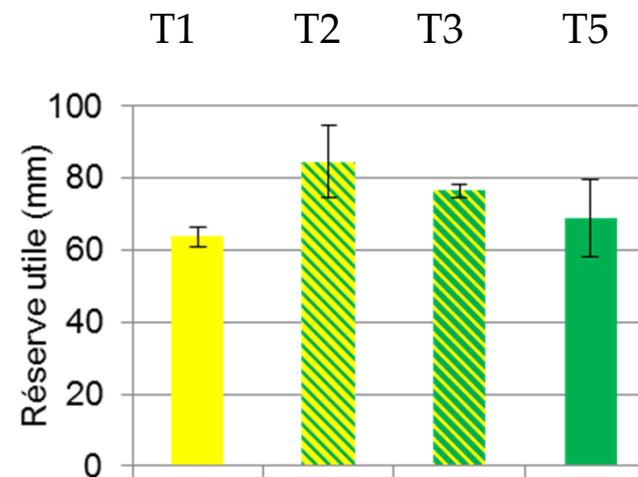
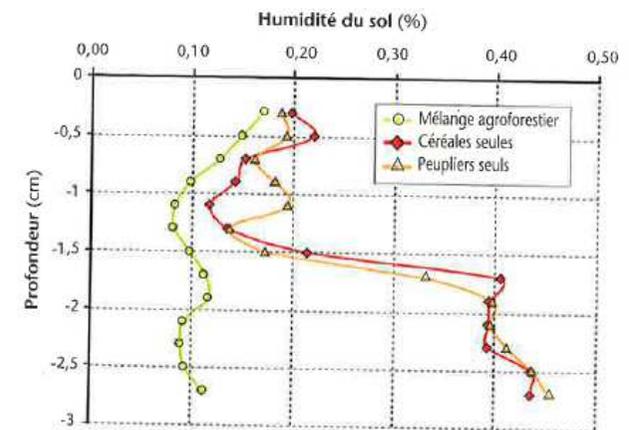


Illustration : associations

- Introduire des arbres (agroforesterie) pour augmenter la capacité de stockage (automne, hiver)



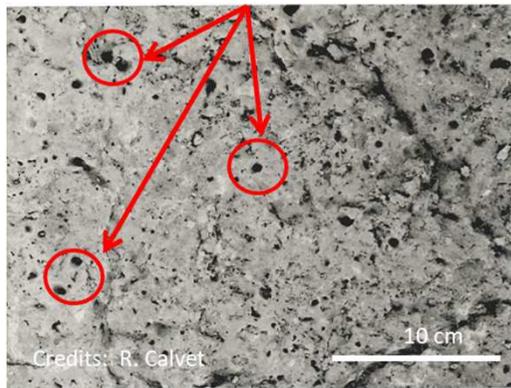
- Les cultures d'hiver exploitent les ressources du sol bien avant les arbres
 - Les arbres en agroforesterie ont des enracinements plus profonds que les arbres en forêt
 - Les 2 cultures, si elles sont bien menées, ne sont pas en compétition
- Assèchement du profil de sol sur toute sa profondeur
 - La capacité de stockage en période automnale ou hivernale est améliorée
 - ... mais la recharge des aquifères est diminuée



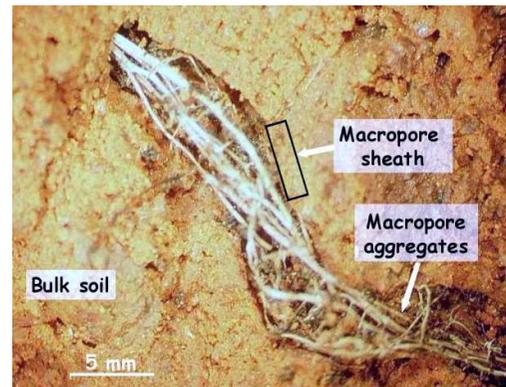
➔ *Notion de compromis entre différentes composantes*

Illustration : utiliser les systèmes racinaires

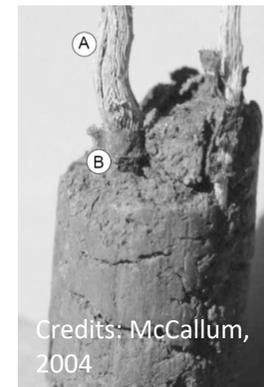
- Utiliser les systèmes racinaires
 - À court terme : effets antagonistes sur la perméabilité (création de porosité par perforation 😊 vs colmatage des macropores existants 😞)



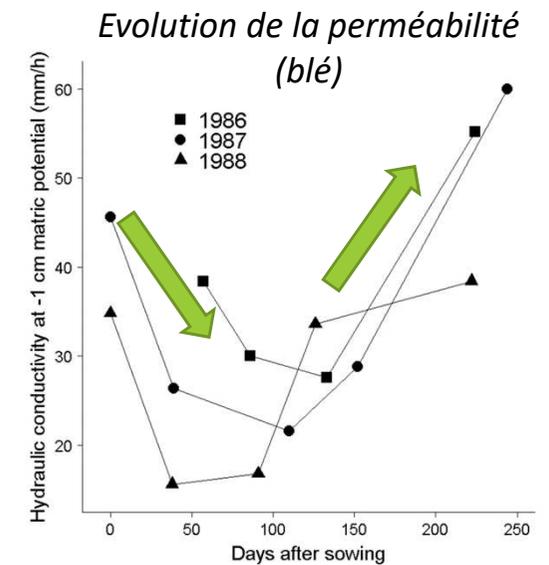
Pores créés par racines



Colonisation racinaire de pores existants



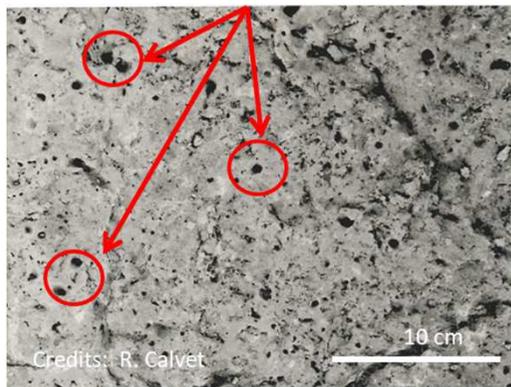
Remplissage complet de macropores par les racines



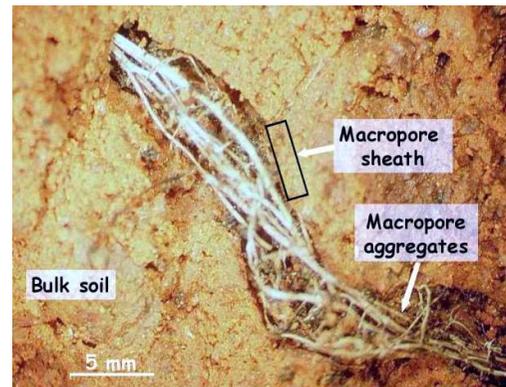
Murphy et al., 1993, Aust J Soil Res

Illustration : utiliser les systèmes racinaires

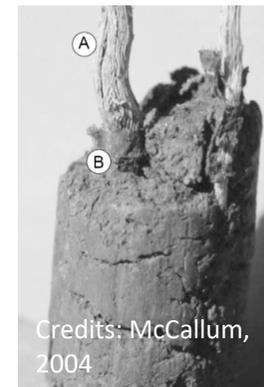
- Utiliser les systèmes racinaires
 - À long terme : une possible augmentation de la perméabilité (f(culture))



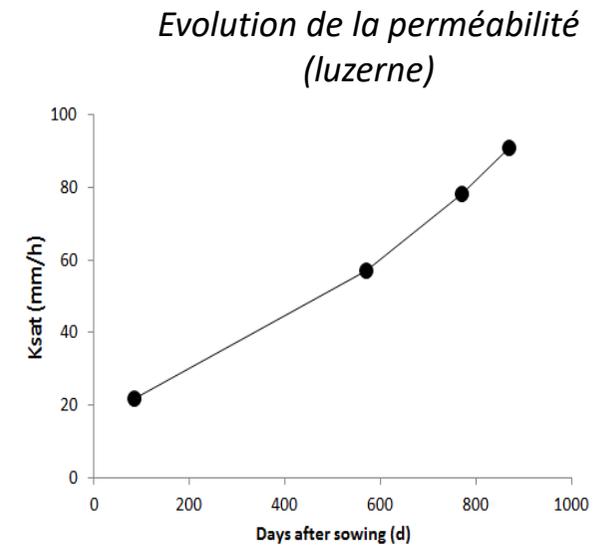
Pores créés par racines



Colonisation racinaire de pores existants



Remplissage complet de macropores par les racines



Meek et al., 1992

Illustration : utiliser les interactions racines x microorganismes

- Utiliser les microorganismes du sol (4 fonctions écologiques)
 - Décomposition des Matières Organiques
 - Recyclage et solubilisation des nutriments
 - Fixation atmosphérique de l'azote
 - Fourniture de substances organiques complexes
- ... mais aussi agrégation du sol et approvisionnement en eau (via exopolysaccharides)
- Ne sont pas distribués de façon homogène dans les sols :
 - « hot spots »
 - Dont la rhizosphère

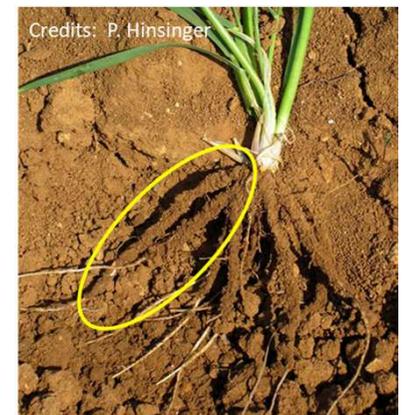
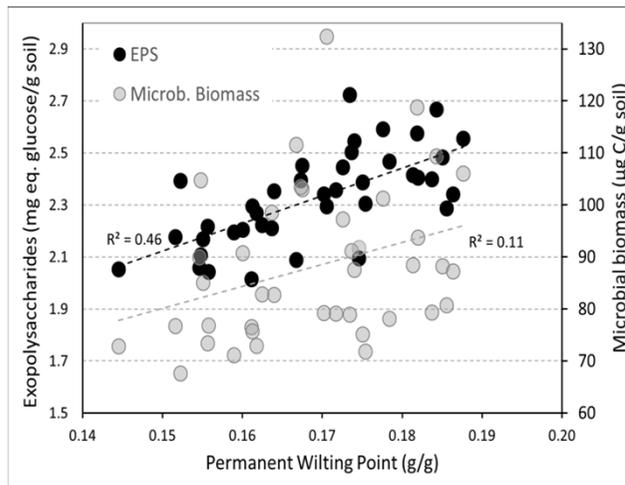
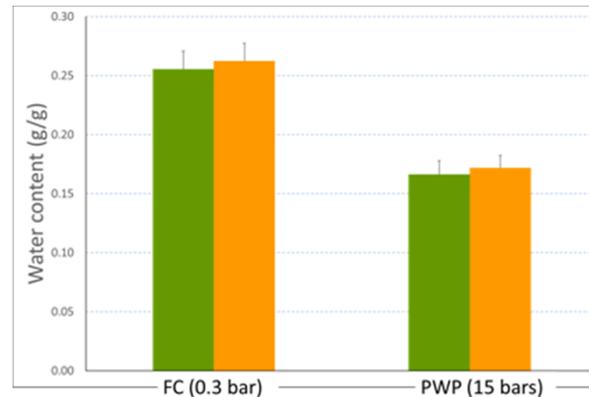


Illustration : utiliser les interactions racines x μ organismes

La capacité de rétention en eau est corrélée à la quantité d'EPS mais peu à la biomasse microbienne



Les « bornes » définissant la RU (capacité au champ et PFP) sont modifiées au voisinage des racines, mais la RU reste ~ stable.



UMR EMMAH, projet ANR AZODURE

L'apport de μ organismes (PGPR) peut favoriser cet effet

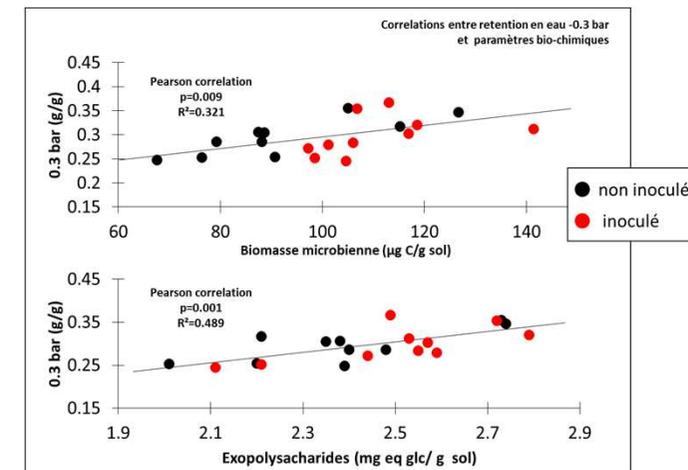


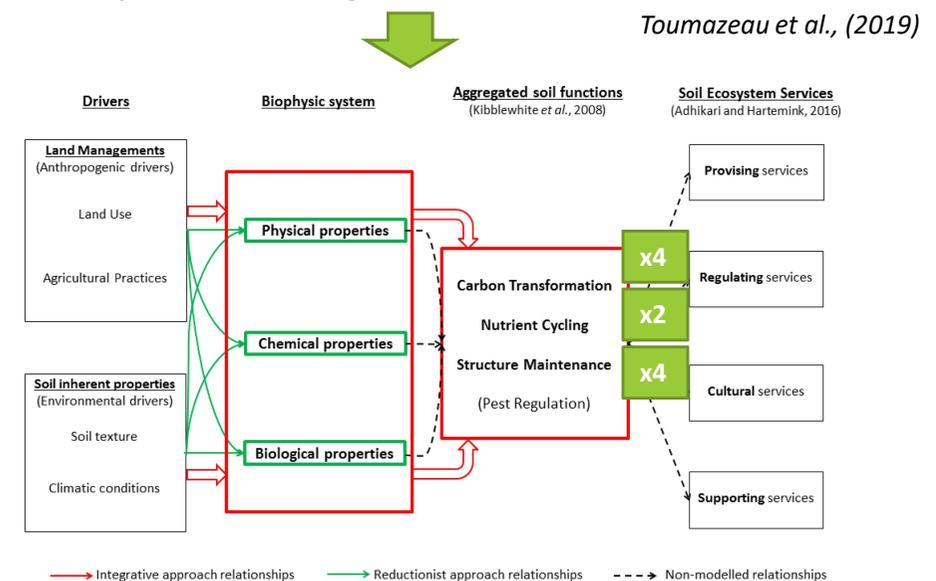
Illustration : utiliser les fonctions des méso- et macro-organismes x apport de MO

- Interviennent dans les 4 grandes fonctions écologiques (transformation C, recyclage nutriments, structuration du sol, régulation des bio agresseurs)
- Voir par ex. :
 - *Hedde et al., chapitre 6 in Briat et Job (Coord), 2017. Les sols et la vie souterraine – Des Enjeux Majeurs en agroécologie. Ed. QUAE*
 - *Hedde et al., chapitre 6 in de Guardia (coord), 2018. Compostage et Composts, Lavoisier Tec&Doc*
- Voir C. Pelosi, Y. Capowiez, atelier de cet après-midi

Besoin d'indicateurs pour quantifier et suivre le fonctionnement biologique et la « qualité » des sols

- Complexité d'appréhender le sol comme système ⇨ approche intégrée
- Propriétés attendues (*Van Ouden hoven et al., 2012 ; Thoumazeau et al., 2019*) :
 - Sensible aux modifications d'usages des sols et des pratiques agricoles
 - Quantifiable
 - Borné (min, max)
 - Défini dans le temps et l'espace
 - « user-friendly » et bon marché...
- De nombreux indicateurs individuels :
 - Propriétés physiques : tests d'infiltration type BeerKan, tests de stabilité structurale, profil cultural...
 - Propriétés chimiques : CEC, pH
 - Propriétés biologiques : dénombrement, tests de respiration MicroResp, TeaBagIndex...
 - ⇨ Stage M. Perez, 2019. « Analyse bibliographique d'indicateurs « simples permettant de caractériser et de suivre les différentes composantes de la qualité d'un sol agricole », EMMAH.
- Tendances : bigdata (ADN barcoding) et IOT

- Comment intégrer ces indicateurs : ex <https://www.biofunctool.com/>



10(12) indicateurs ⇨ 1 Soil Quality Index
intérêt en relatif

Les outils collaboratifs avec la recherche

- GIEE : <http://www.giee.fr/>
- DEPHY / ECOPHYTO : <http://www.ecophytopic.fr/>
- RMT :
 - Sol & Territoires : <https://www.sols-et-territoires.org/>
 - Agroforesterie : <https://www.rmt-agroforesteries.fr/fr/>
 - ... (22 en 2019)
- Les financements CASDAR
- Recherche participative et implication dans les projets Région, ANR, UE (ERANET, H2020...)
- ...
- Local : RED PACA

Merci de votre attention
