Session 2 – Agriculture : comment établir des scénarios d'évolution des systèmes de production et de leurs besoins en eau ?

Tirer parti de l'effet rhizosphérique : une solution fondée sur la nature en réponse aux sécheresses

Annette BERARD
Chercheuse
INRAE, UMR EMMAH

Claude DOUSSAN
Chercheur
INRAE, UMR EMMAH

Chaire partenariale EAU AGRICULTURE CHANGEMENT CLIMATIQUE

L'INSTITUT agro Montpellier

INRAE

La plante, le sol et l’eau … un regard sur la rhizosphère

Annette Bérard et Claude Doussan

UMR 1114 EMMAH
Equipe SWIFT

Enjeux et Contexte

Driver

Changement climatique

Pression

Épisodes de sécheresse

Épisodes de pluies ±intenses

Etats /impacts

Déficit hydrique des cultures

⇒ Rendement / qualité
(e.g. effet déjà visible pour le blé)

Ruissellement / infiltration

⇒ Engorgement eau sol / cultures
⇒ Ruissellement/ érosion/ inondation
⇒ Recharge de la nappe

Des solutions +/- 'conventionnelles'

- Techniques: irrigation, ReUse
- Génétiques: amélioration
- Agronomiques: (espèces / variétés, densité plantation, amendements…)

- Travail du sol / amendements
- Aménagements (bassins, drains…)
- Agronomie (plantes de couvertures, bandes enherbées…)
- …

Enjeux et Contexte

Drivel

Changement climatique

Pression

Épisodes de sécheresse

Épisodes de pluies ±intenses

Etats /impacts

Déficit hydrique des cultures

Ruissellement / infiltration

⇒ Rendement / qualité
(effet déjà visible pour le blé)

⇒ Engorgement eau sol / cultures
⇒ Ruissellement/ érosion/ inondation
⇒ Recharge de la nappe

Des solutions fondées sur la nature ?

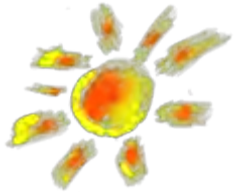
Utiliser les couverts et leur systèmes racinaires ?

d'agroecologie ?

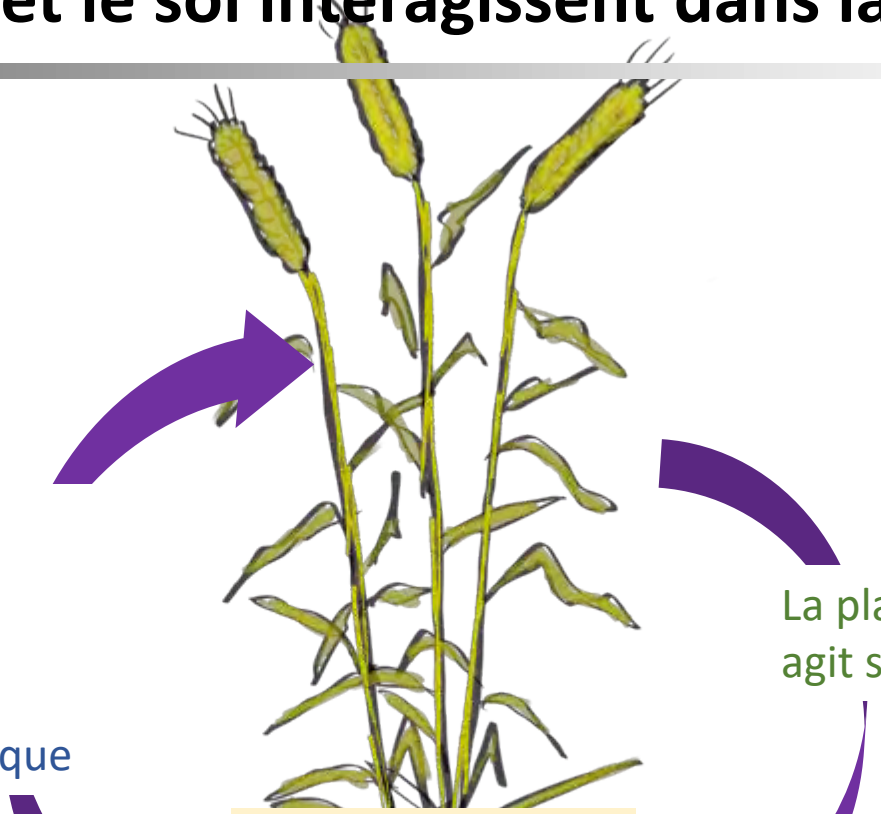
Augmenter la Réserve Utile du sol ?

Modifier l'infiltrabilité superficielle et profonde du sol ?

La plante et le sol interagissent dans la rhizosphère

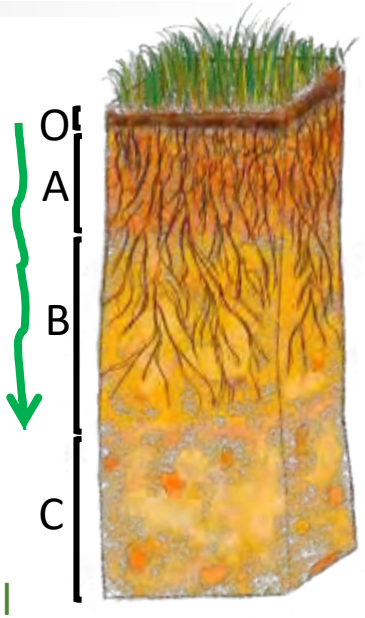


Prélèvements
Croissance
Rendement
Adaptation
au déficit hydrique



La plante
agit sur le sol

Les propriétés hydriques du sol sont modifiées dans la rhizosphère

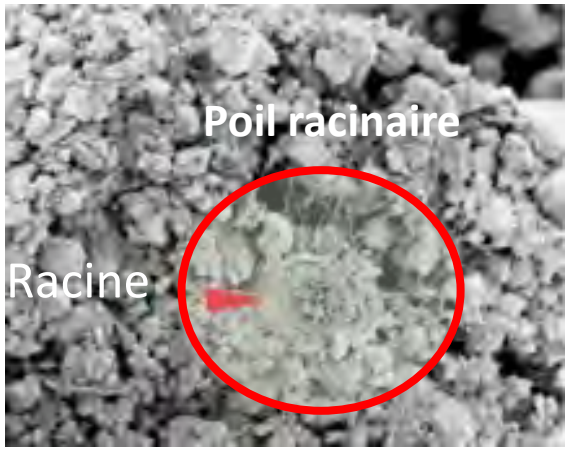


Actions directes

Création/bouchage pores

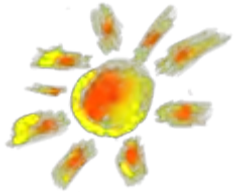
Architecture racinaire

Actions indirectes
→ « effet rhizosphère »
rhizodéposition: C



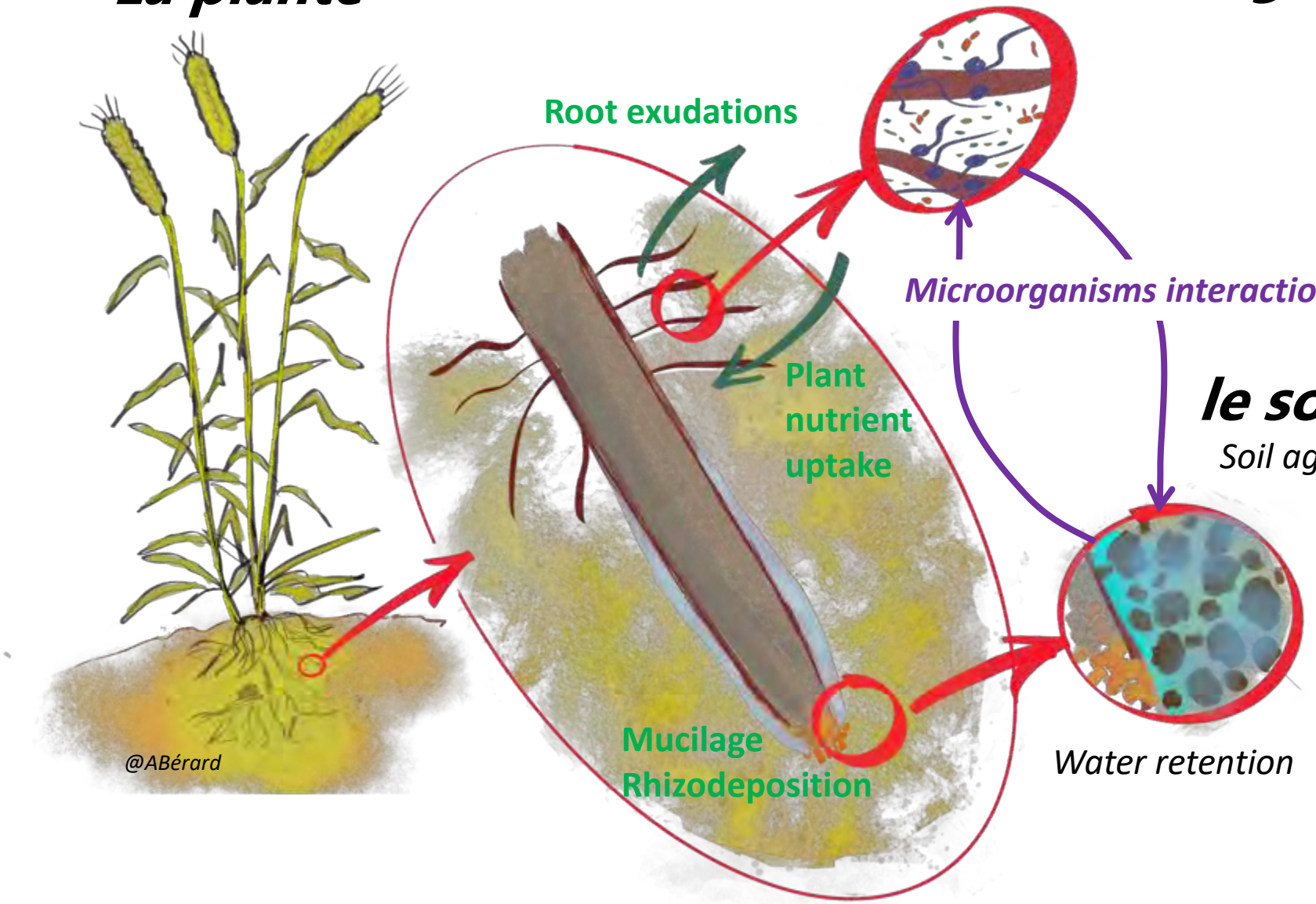
interactions
avec les
microorganismes

Actions indirectes, l'effet rhizosphère



La plante

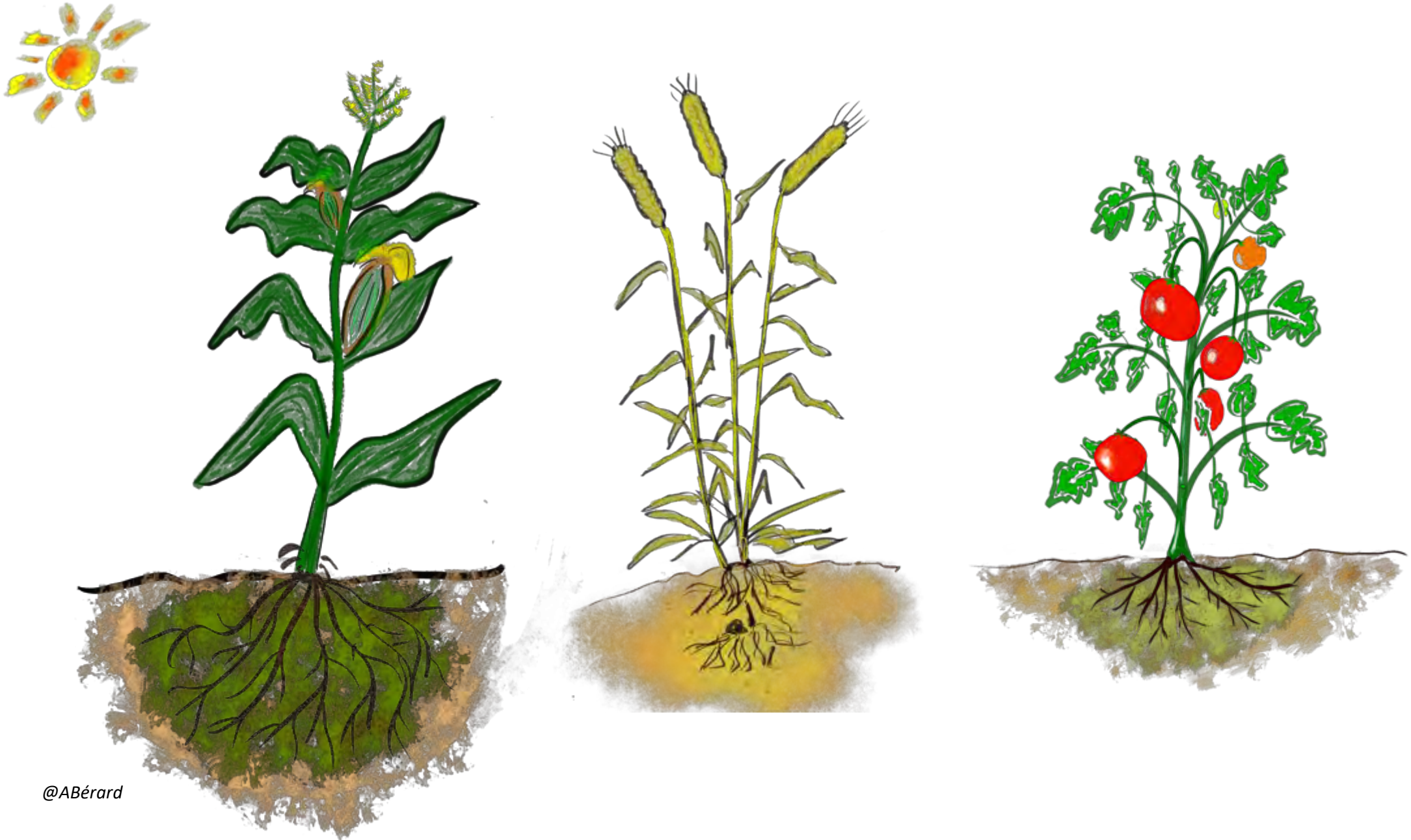
les microorganismes



le sol…

et l'eau …

Observations de « l’effet rhizosphère » …

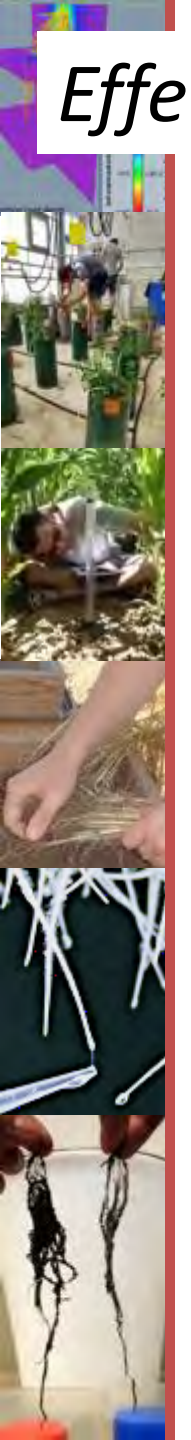


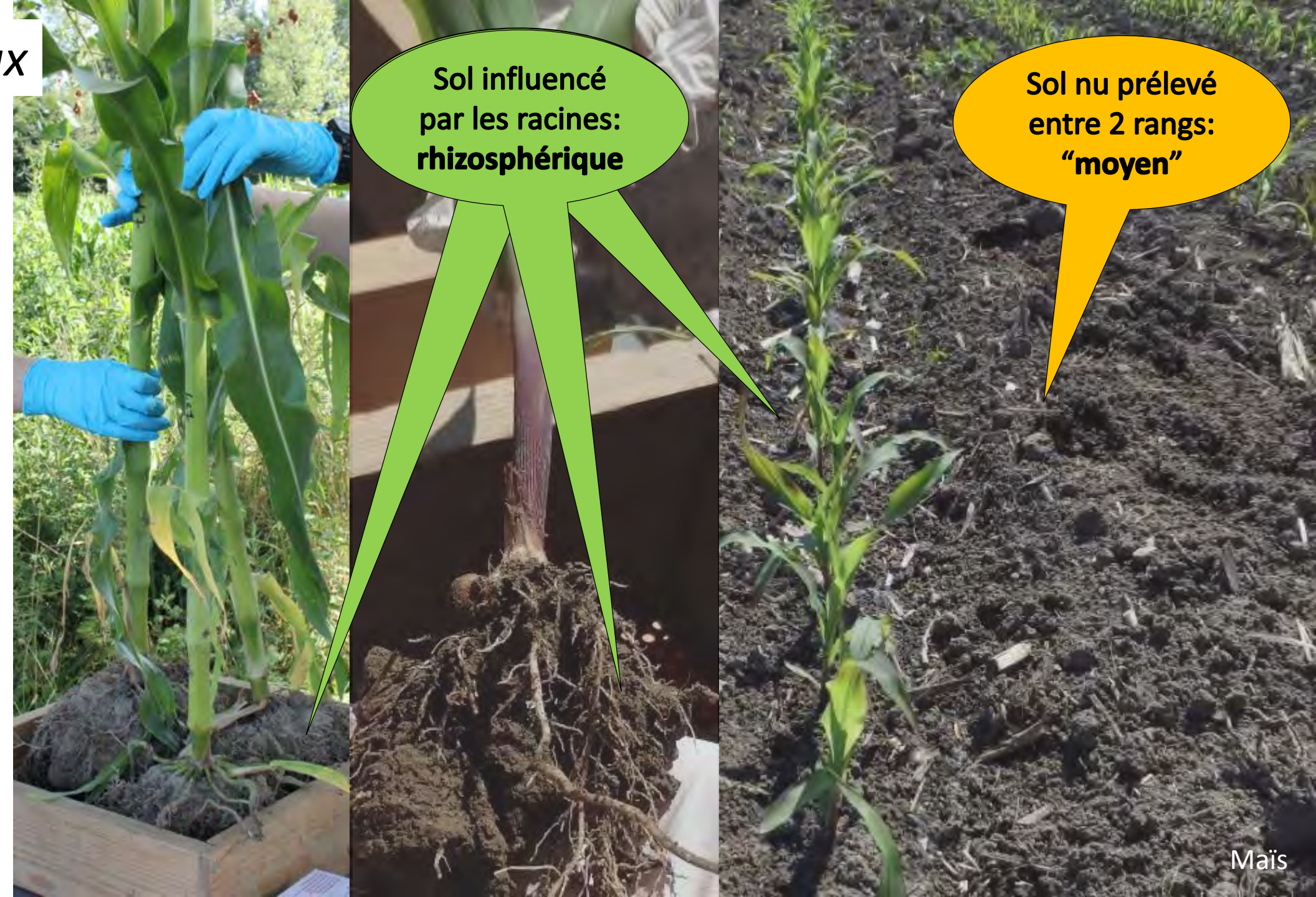
@ABérard

Effets locaux : au champ, la rhizosphère du maïs

Maïs

Effets locaux





Effets locaux

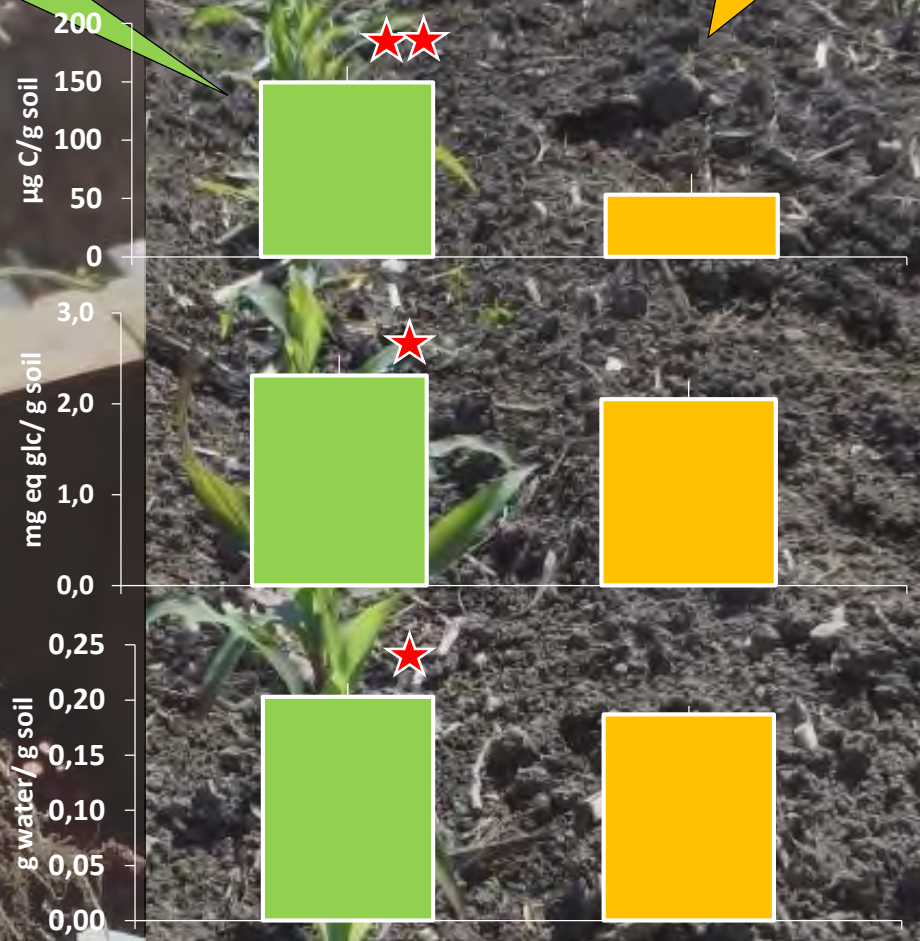
Sol Rhizosphérique

Sol “moyen”

Biomasse microbienne plus élevée
→la rhizosphère = « hotspot biologique »

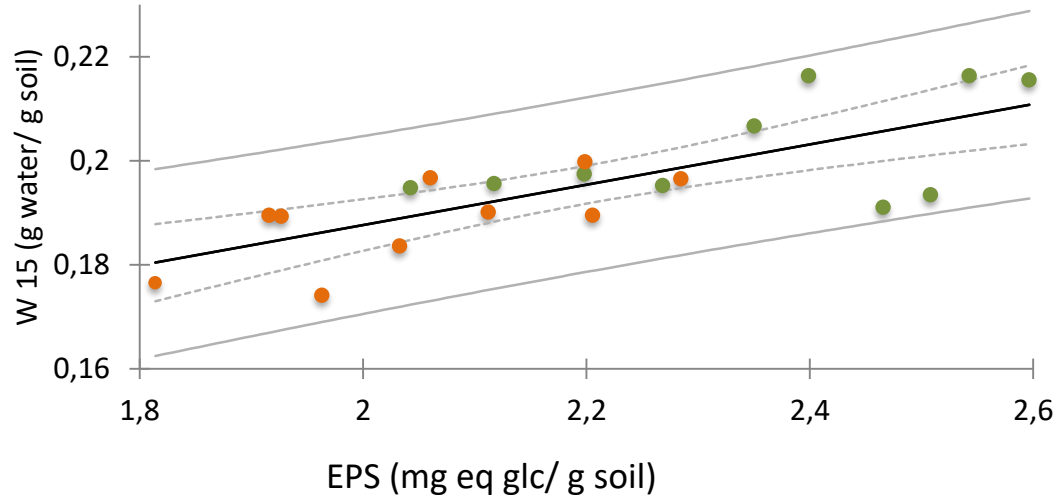
Plus d’Exopolysaccharides dans la rhizosphère

Rétention en eau (15 bars, point de flétrissement) plus élevée dans la rhizosphère



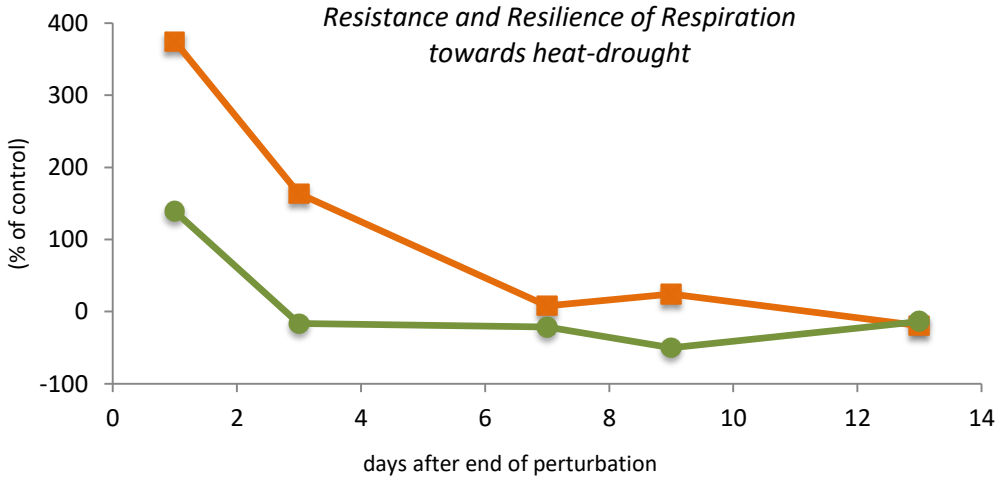
Maïs

Effets locaux : la rhizosphère du maïs



la rétention en eau est en partie expliquée par les exopolysaccharides du sol et les activités microbiennes

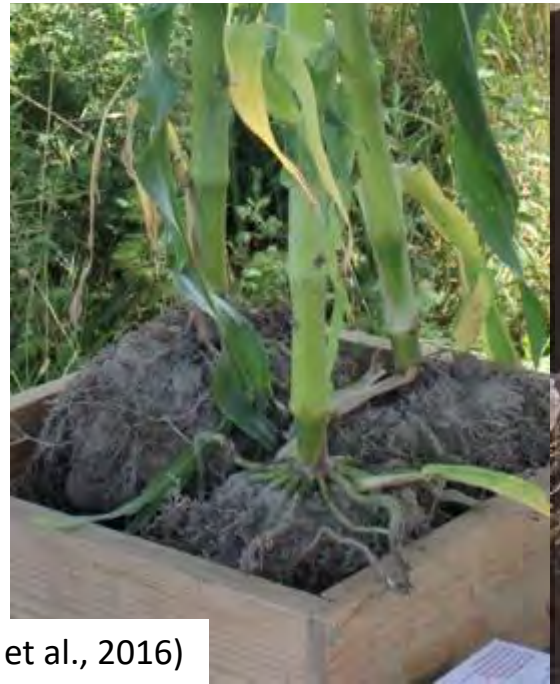
dans la rhizosphère, les communautés microbiennes du sol ont une résistance plus élevée face à un stress climatique (appliqué de manière artificielle)



Effets locaux : au champ, la rhizosphère du maïs

→ un effet sur les propriétés hydriques du sol

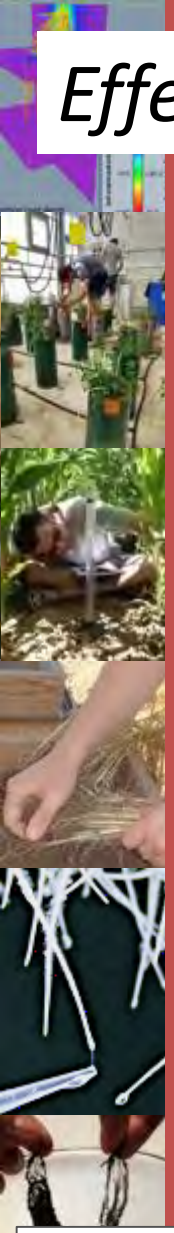
→ et sur la réponse des microorganismes au stress de canicule

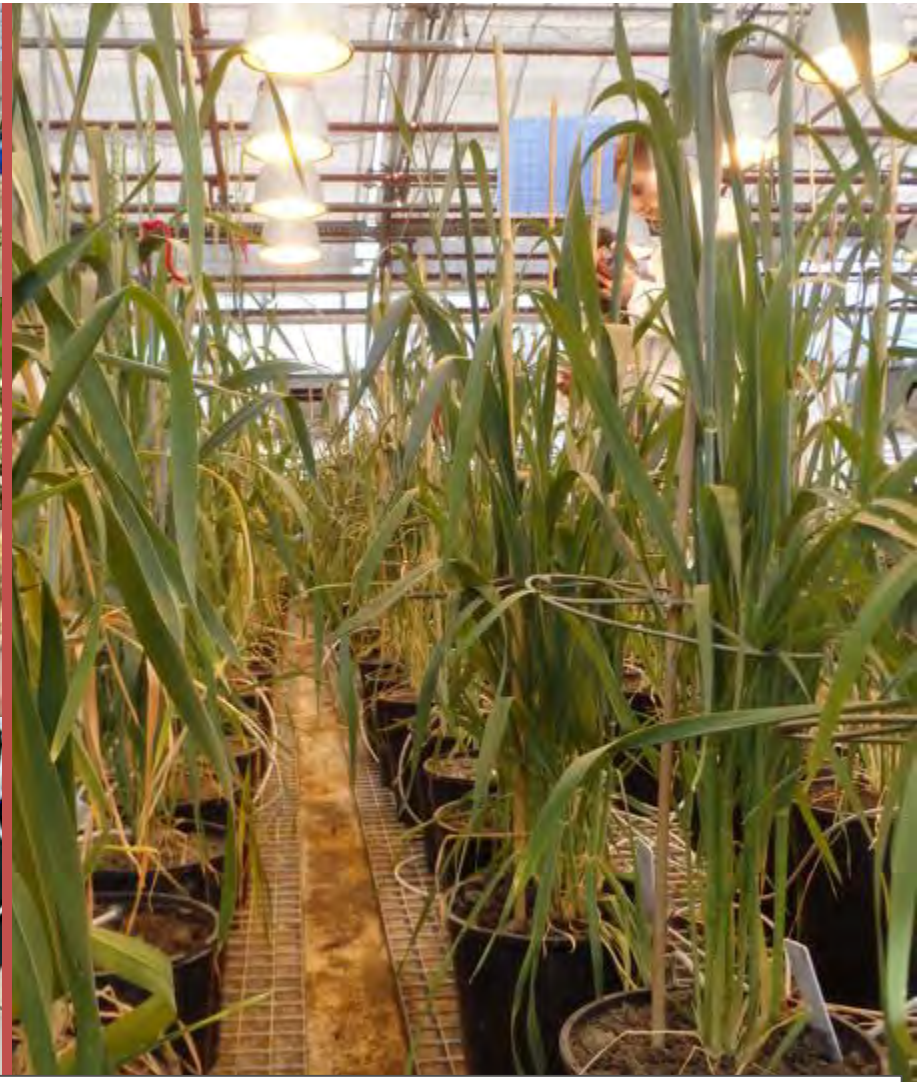


Maïs

(Doussan, Bérard et al., 2016)

Effets locaux et déficit hydrique: une expérimentation sur le blé





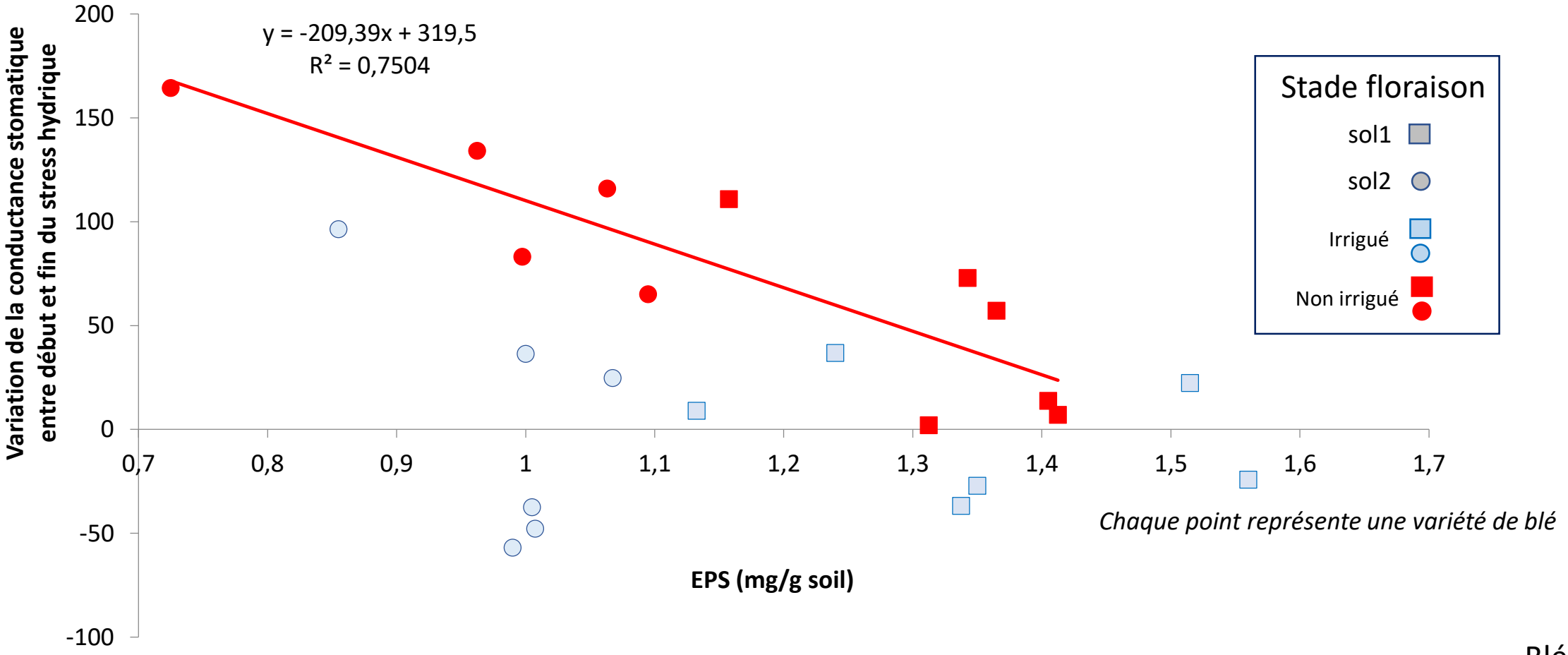
6 variétés de blé
2 conditions d'irrigation (stress hydrique et témoin)
2 sols étudiés

Mesure de la conductance stomatique

Blé

Les exopolysaccharides du sol dans la rhizosphère réduisent la sensibilité des variétés de blé au déficit hydrique

Relation (inverse) entre la chute de transpiration au cours de la sécheresse et les exopolysaccharides de la rhizosphère

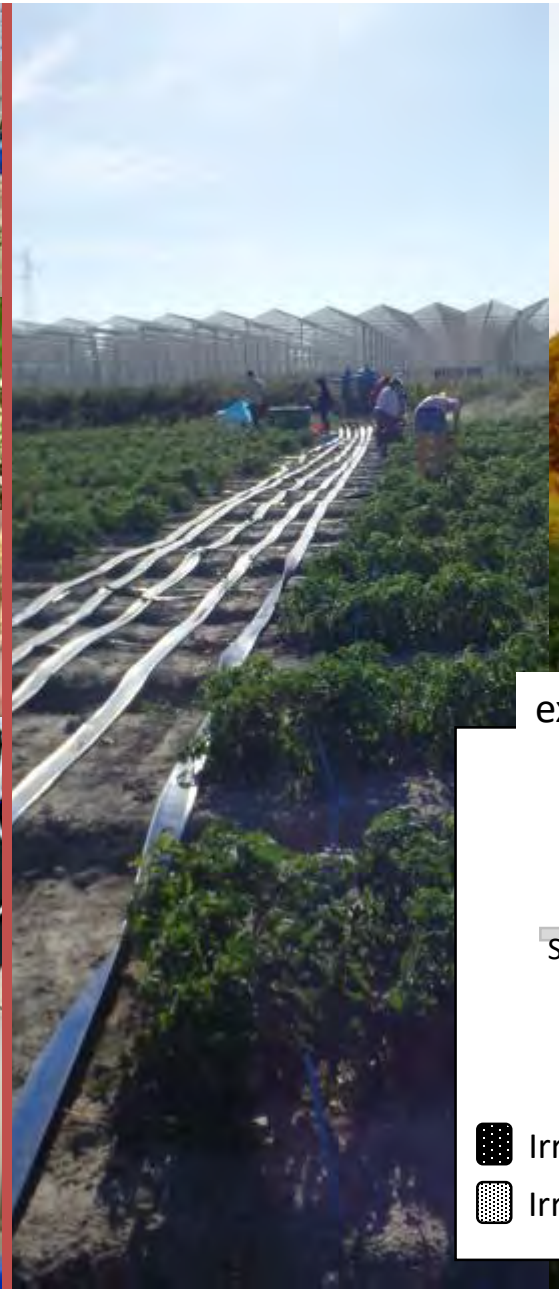


Chaque point représente une variété de blé

(Doussan, Bérard et al., 2016)

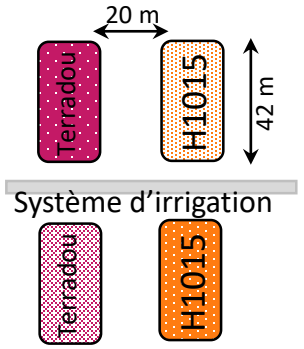
Blé

Effets locaux : au champ, la rhizosphère de variétés de tomates



2 variétés de tomates
2 conditions d'irrigation
2 campagnes de mesures : Juin, Aout

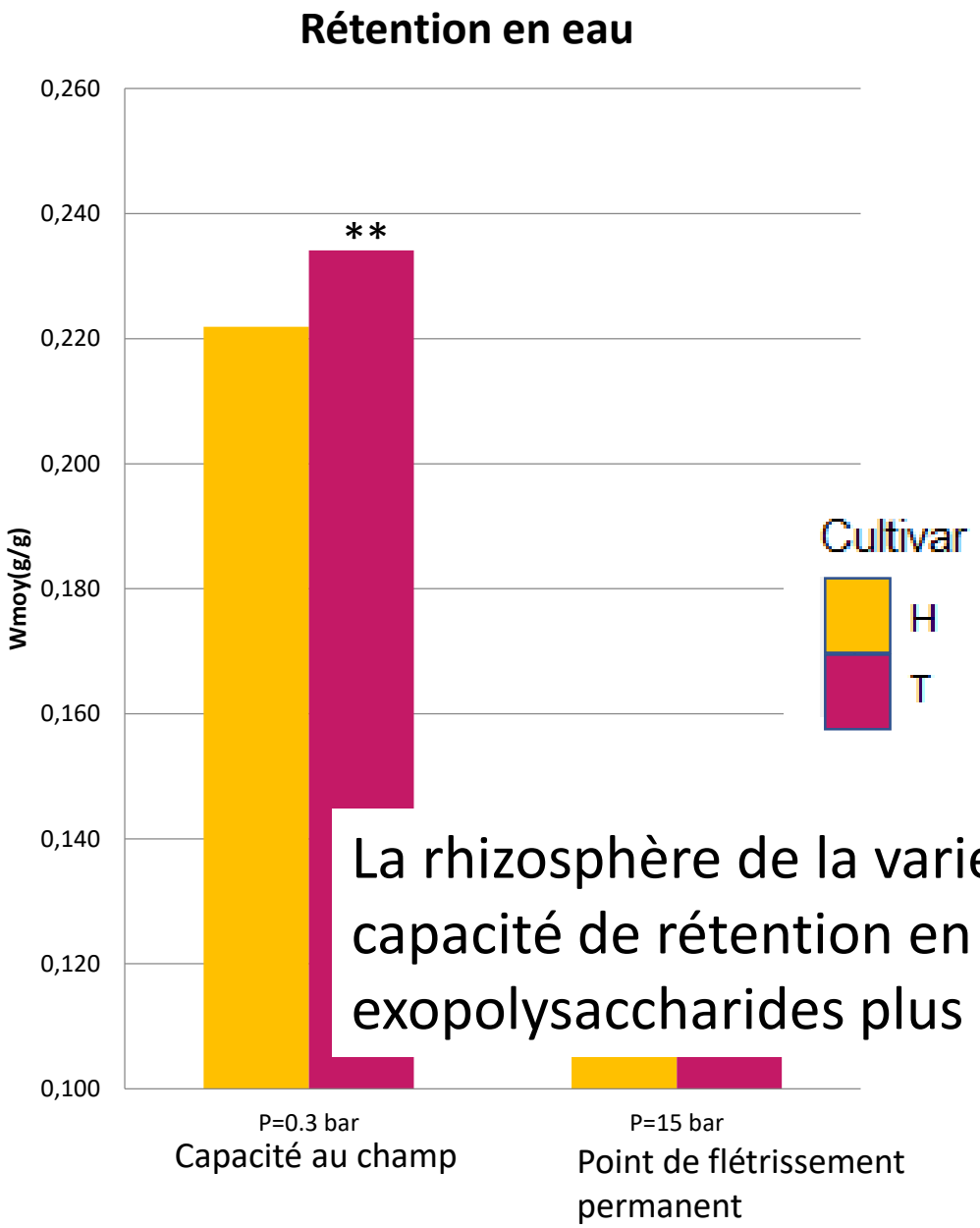
expérimentation

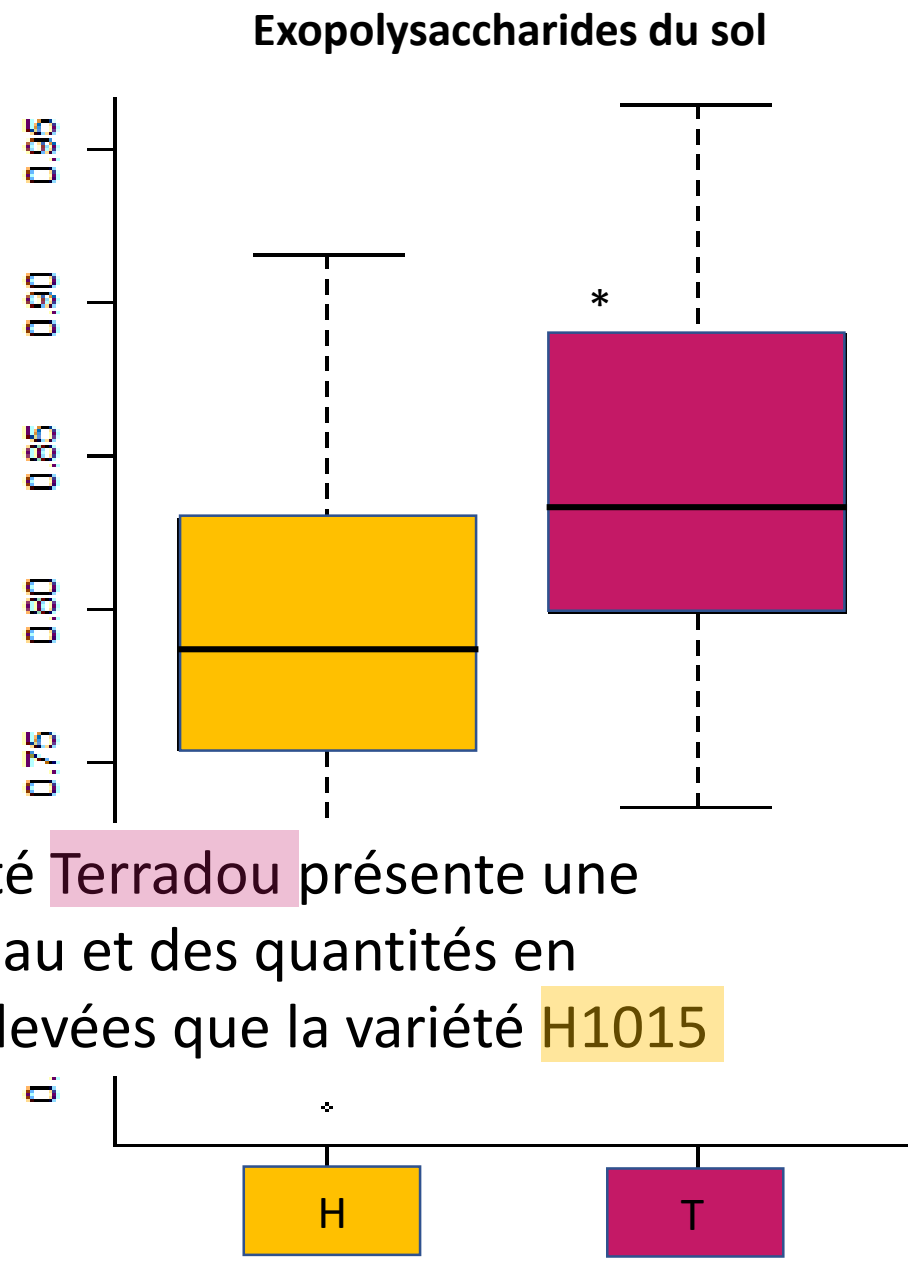


Irrigation optimale (WW)
Irrigation limitée 57% (WD)

Tomate

Propriétés du sol dans la rhizosphère

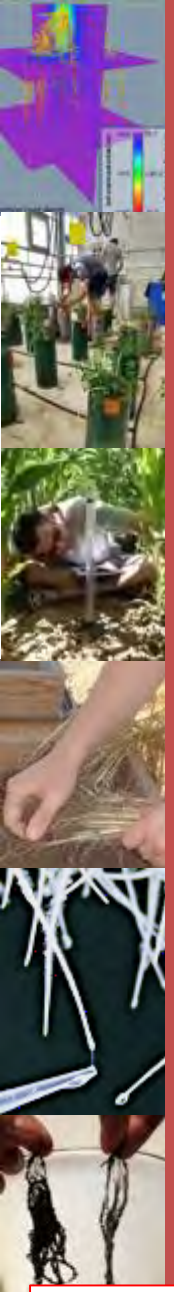


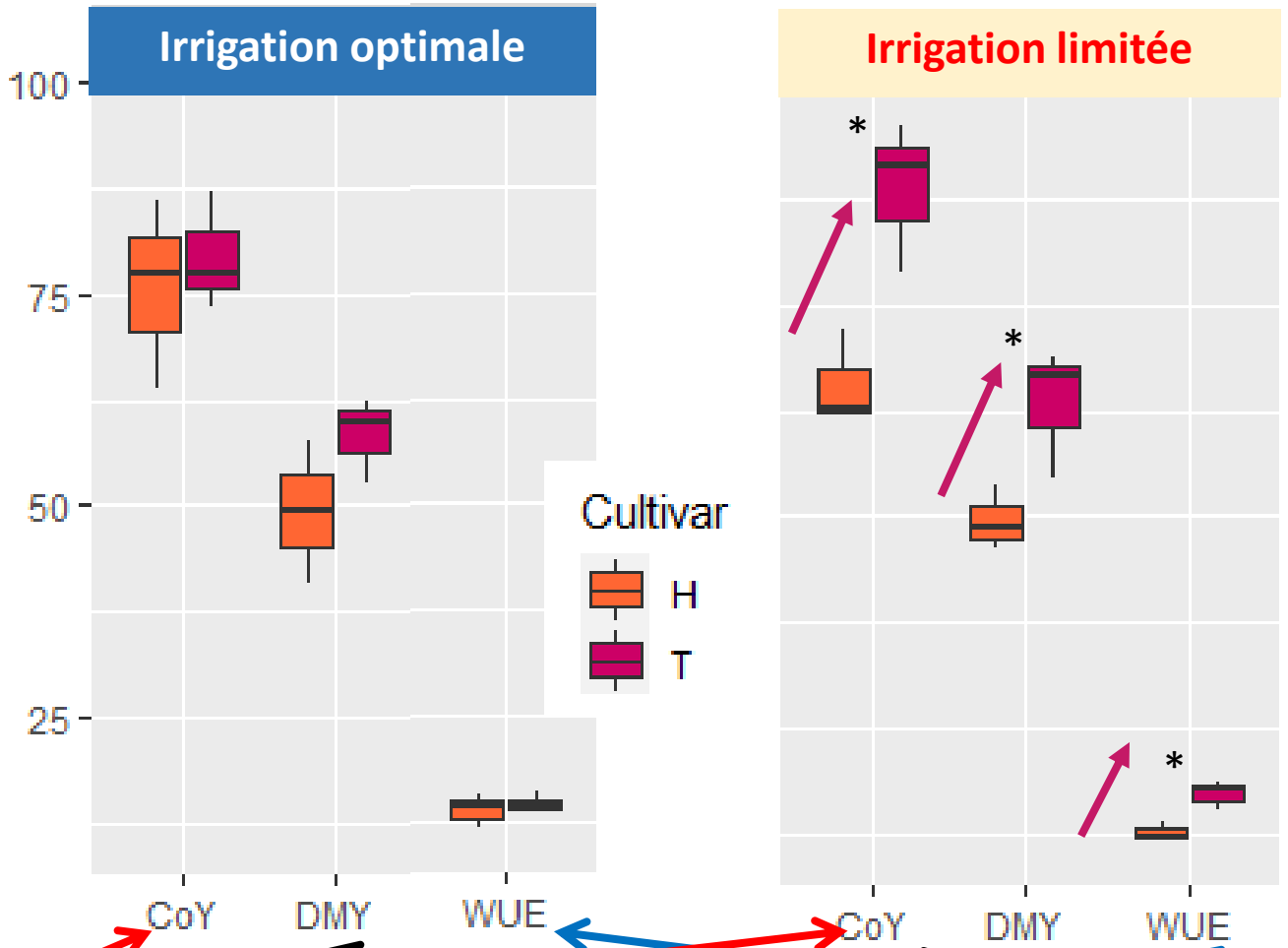


La rhizosphère de la variété Terradou présente une capacité de rétention en eau et des quantités en exopolysaccharides plus élevées que la variété H1015

Tomate

La plante répond au déficit hydrique selon ces propriétés du sol





La variété Terradou est plus efficiente en conditions de limitation en eau que la variété H1015

Rendements

Rendement Commercial (t/ha)	Rendement en matière sèche (10kg/ha)	Efficience d'utilisation de l'eau (kg/m^3)

Tomate

Effets locaux : au champ, la rhizosphère de variétés de tomates

→ *“effet rhizosphère” sur les propriétés hydriques du sol*

→ *En partie expliqué par les activités microbiennes et les EPS du sol*

→ *Ces propriétés hydrophysiques, chimiques et microbio différentes entre les rhizosphères des 2 variétés de tomate*

→ *Et vont dans le même sens que la différence d’efficience d’utilisation de l’eau par ces variétés*

(Le Gall, Bérard, Doussan, et al., 2020, 2021)

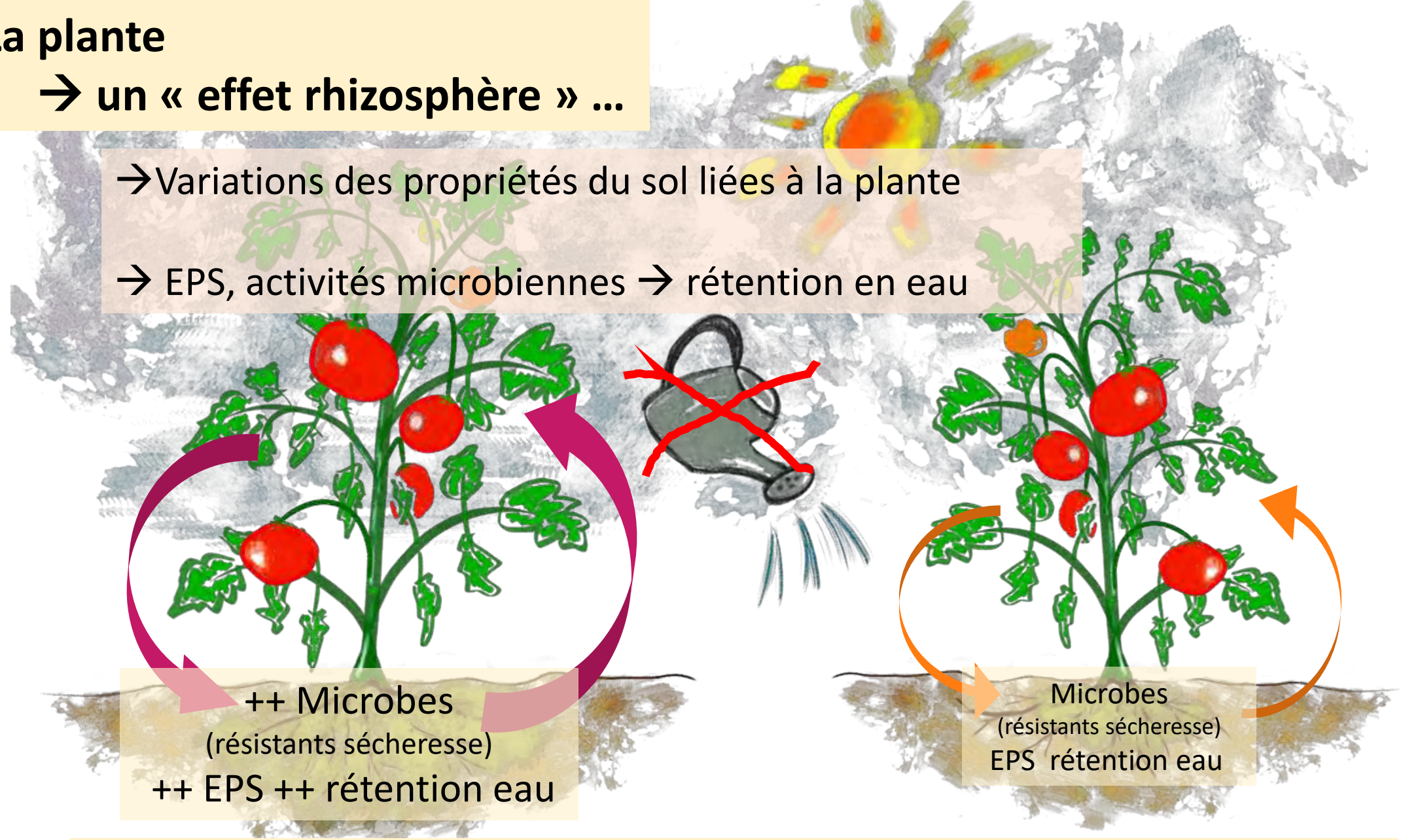
Tomate

SYNTHESE ….

La plante
→ un « effet rhizosphère » …

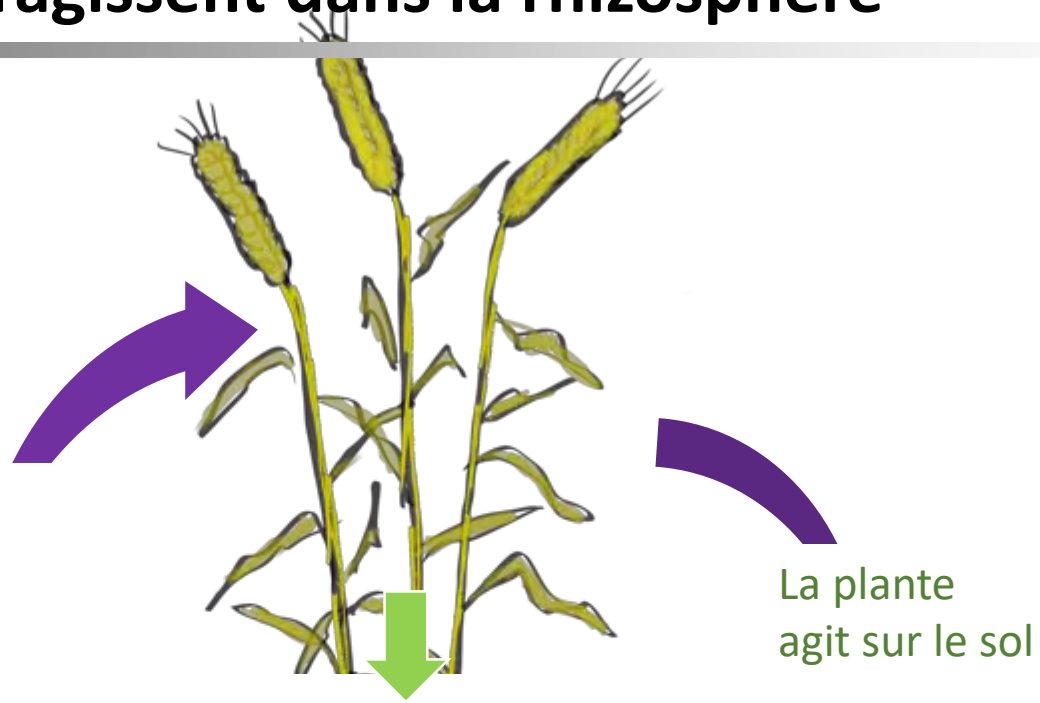
→Variations des propriétés du sol liées à la plante

→ EPS, activités microbiennes → rétention en eau



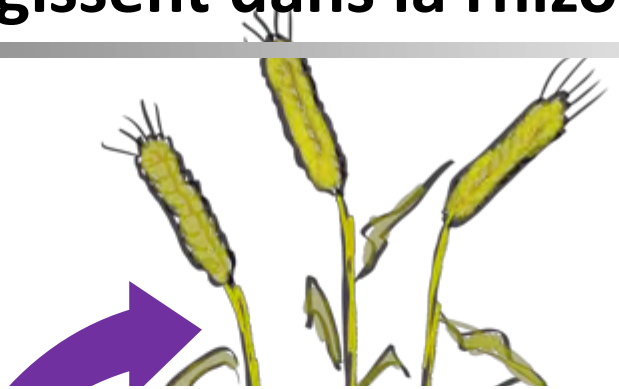
➡ Conséquences possibles sur l'efficience d'utilisation de l'eau,
… Qui sont variables selon les espèces et variétés

La plante et le sol interagissent dans la rhizosphère



Une Solution Fondée sur la Nature :
Utiliser les racines et la rhizosphère
pour améliorer
la gestion de l'eau
Dans les agrosystèmes ?

La plante et le sol interagissent dans la rhizosphère



Des questions, des recherches, de l'ingénierie à approfondir : i) Echelle de la plante

→ *Quels résultats avec des sols différents ?*

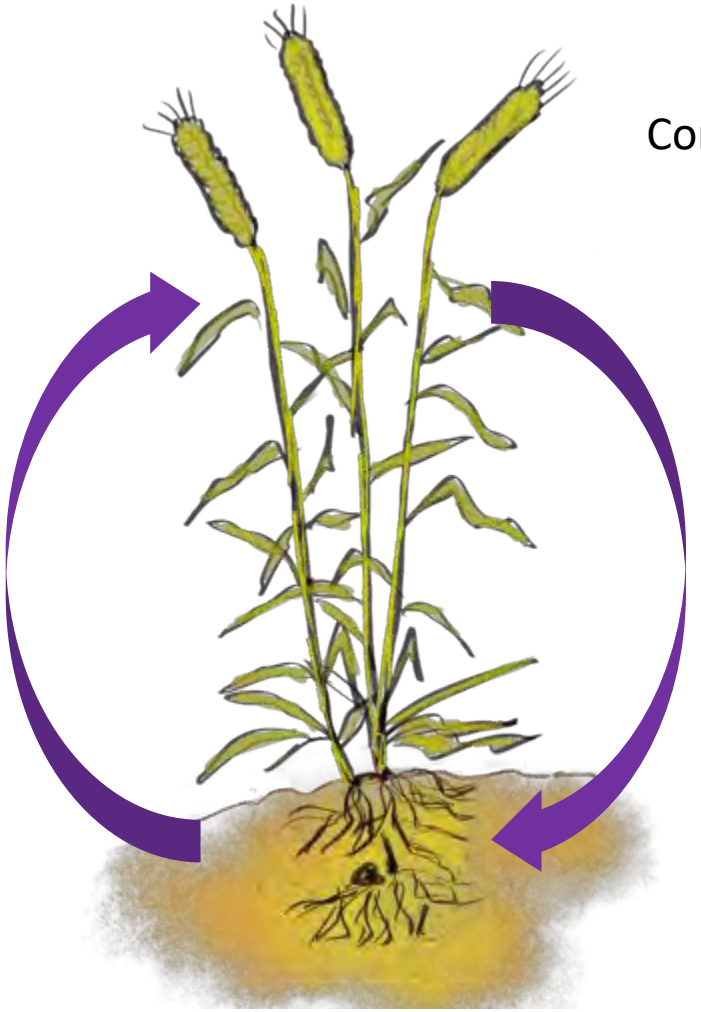
→ *Caractériser les « traits rhizosphériques » d'espèces agricoles (génotypes) variées*

→ *« phénotypage souterrain étendu » ?*

Le projet TETRHIZ-b

Tolérance au dEficit en eau et Traits RHIZosphériques :

Un lien possible pour les variétés de Blé ?



Contexte ANR FFAST : phénotypage de blé/stress hydrique

3 types d'expérimentations

graines germées
3 jours

Phytotrons
1semaine

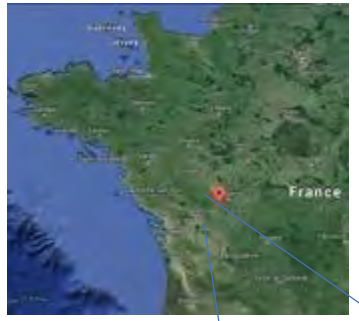
plateformes au champ
Avec stress hydrique
Cycle culture

La plante et le sol interagissent dans la rhizosphère

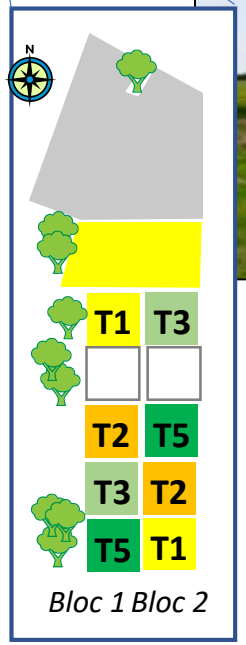
Des questions, des recherches, de l'ingénierie à approfondir: ii) Echelle des systèmes de cultures

→ ***Pouvons nous préparer le sol (à travers le système racinaire et sa rhizosphère) par la diversification des cultures ? (agroforesterie, agriculture de conservation, mélanges et cultures intermédiaires…)***

Exemple: Rotations prairie /culture : au champ, long terme (10 ans)

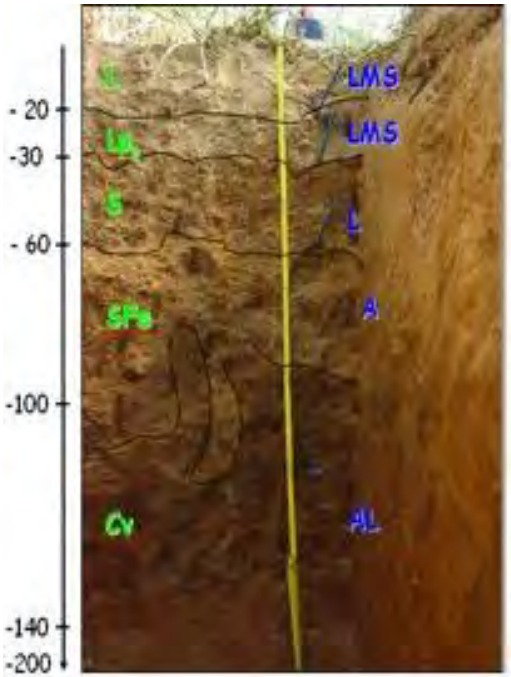


Comparaison de différents systèmes de culture : prairies permanentes ou céréales, rotation céréales/prairies (3/6 ans).



- **T1** Culture continue en céréales
- **T2** Rotation: prairie 3 ans / céréales 3 ans
- **T3** Rotation: prairie 6 ans / céréales 3 ans
- **T5** Prairie permanente

Brunisol (sol argileux)



Rotations prairie /culture : un effet global sur le sol

Une variation de la capacité au champ suivant les rotations

T1 Culture continue en céréales

T2 Rotation: prairie 3 ans / céréales 3 ans

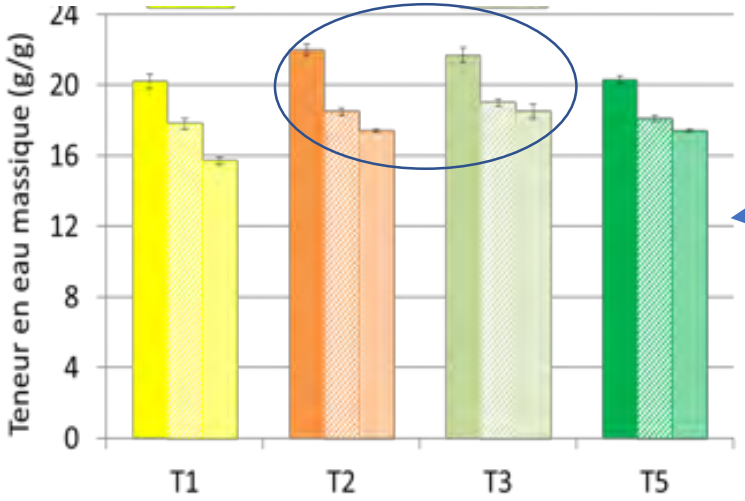
T3 Rotation: prairie 6 ans / céréales 3 ans

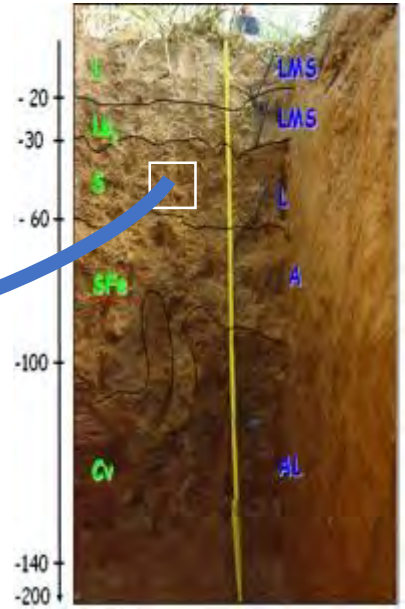
T5 Prairie permanente

0.1 0.3 0.5

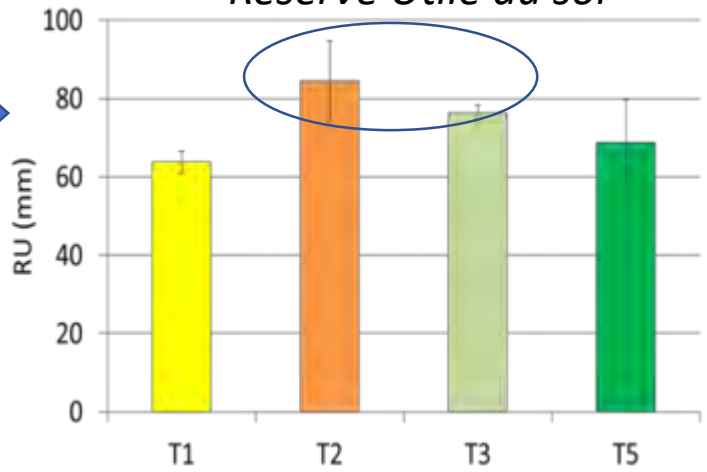
Potentiel matriciel pour estimation Capa au champ(bar)

Rétention en eau à 0.1, 0.3 et 0.5 bars (capacité au champ)





Réserve Utile du sol



Et une augmentation de la ***Réserve Utile du sol*** : augmentation significative pour le sol sous rotations par rapport à une culture permanente (prairie ou céréale)

Cousin, Doussan et al., 2015

@Annette Bérard

Merci !

Annette Bérard et Claude Doussan

Session 2 – Agriculture : comment établir des scénarios d'évolution des systèmes de production et de leurs besoins en eau ?

QUESTIONS / RÉPONSES

Chaire partenariale EAU AGRICULTURE CHANGEMENT CLIMATIQUE

L'INSTITUT agro Montpellier

INRAE