



Jean-Pierre SARTHOU

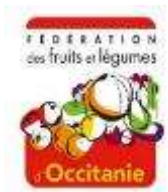
Pr. Agronomie-Agroécologie

Performances agro-écologiques de l'Agriculture de Conservation des Sols



UMR AGIR

Agroécologie,
Innovations,
Ruralités
[Toulouse]



En agriculture conventionnelle

travail du sol intensif



+ longues périodes sol nu

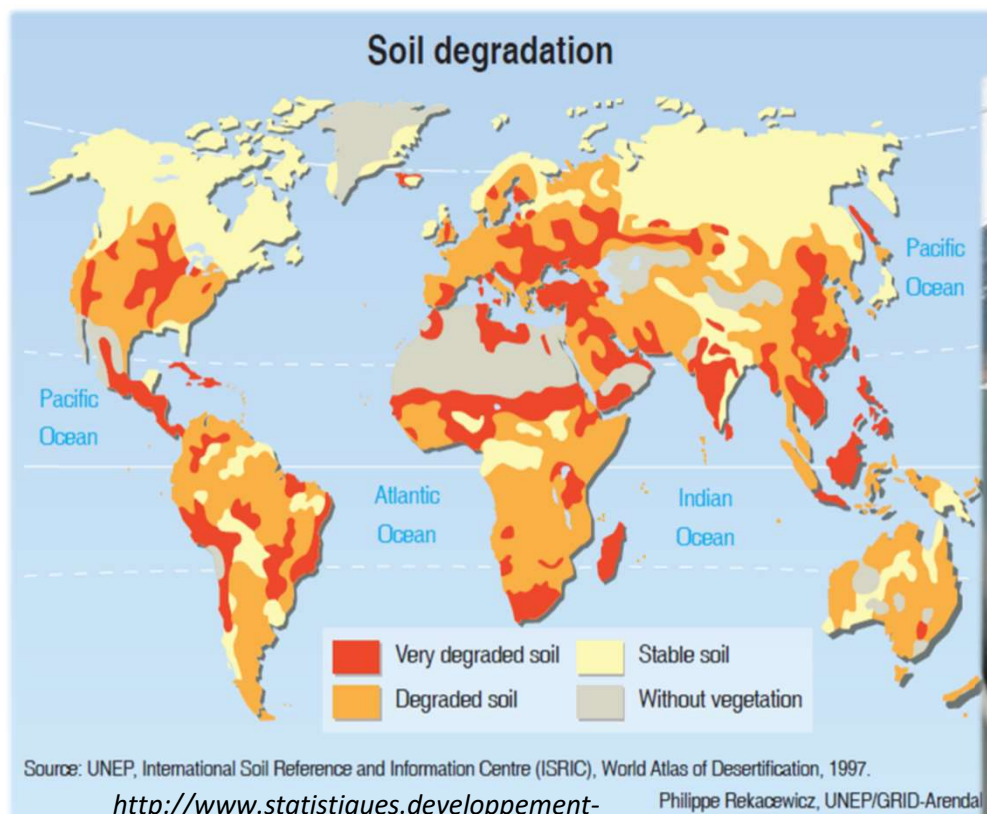


Noter que le labour ne règle pas tout à fait le problème des adventices...



En agriculture conventionnelle

→ **érosion des sols**



> 50% sols agricoles dégradés à très dégradés
+ ~13 Mha chaque année (Wood et al. 2000)

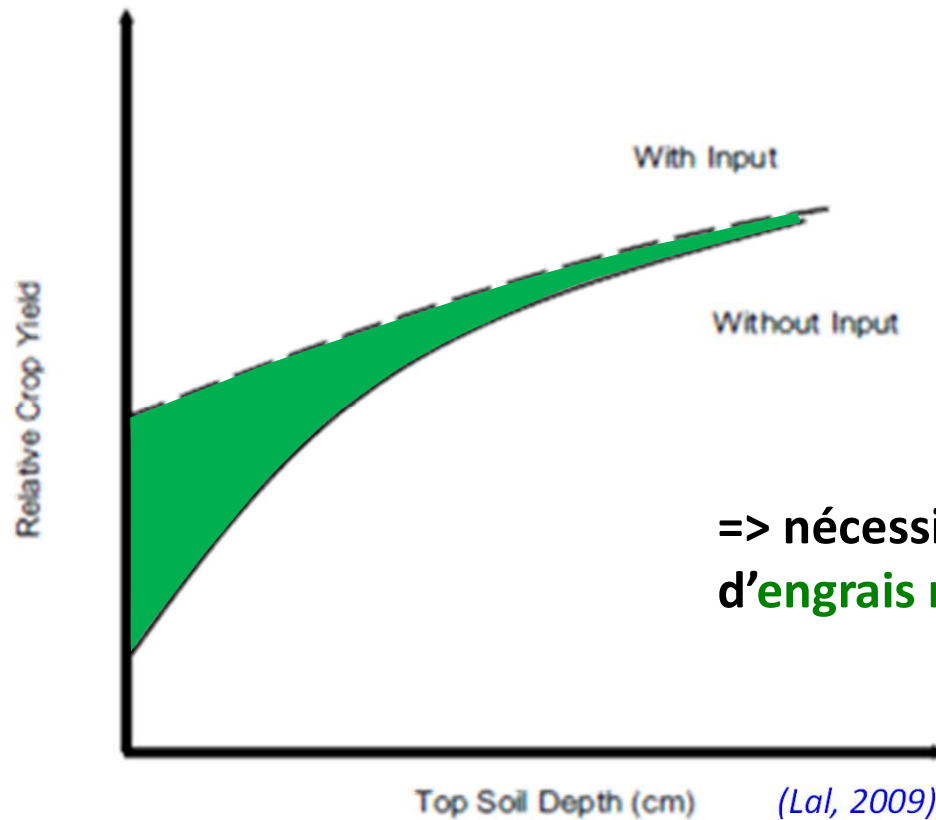
26 Mds t sol arable emportées dans océans
chaque année = de quoi 'créer' 7 Mha
terres arables (Kaiser 2004)



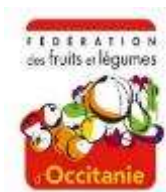
En agriculture conventionnelle

→ érosion des sols

Perte de fertilité des sols par perte de profondeur de sol (\leq érosion)

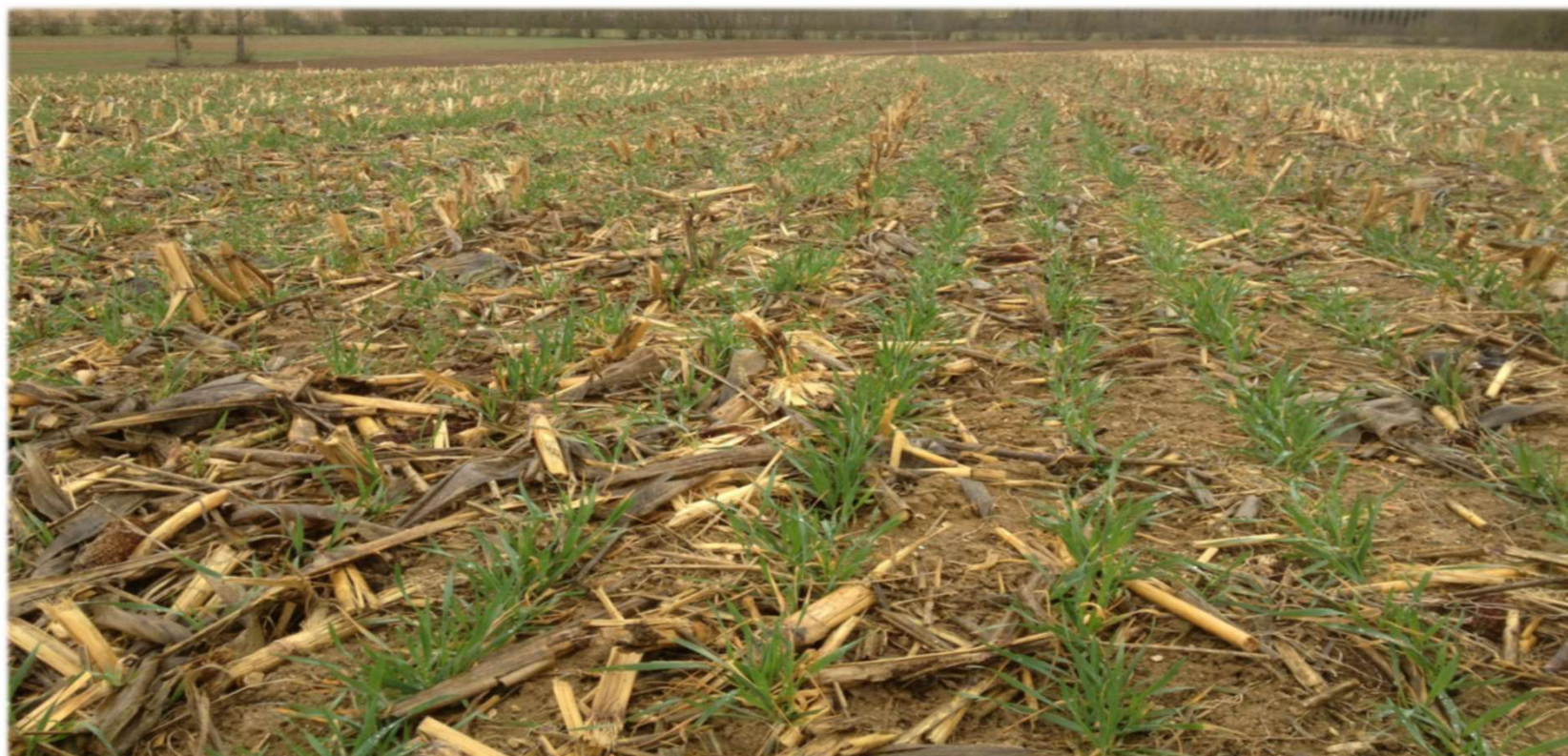


=> nécessité de **quantités toujours croissantes** d'**engrais minéraux ou organiques**



En agriculture de conservation des sols

aucun travail du sol pour passer d'une culture à l'autre



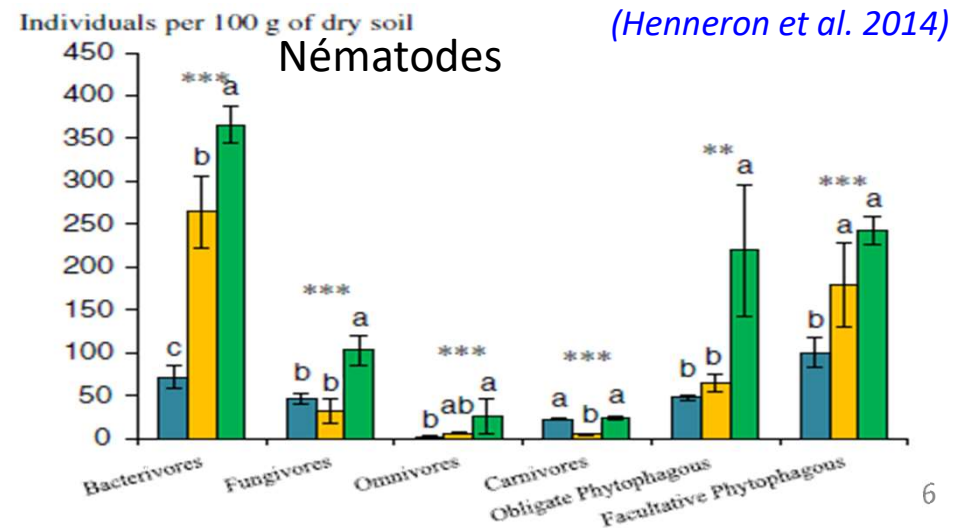
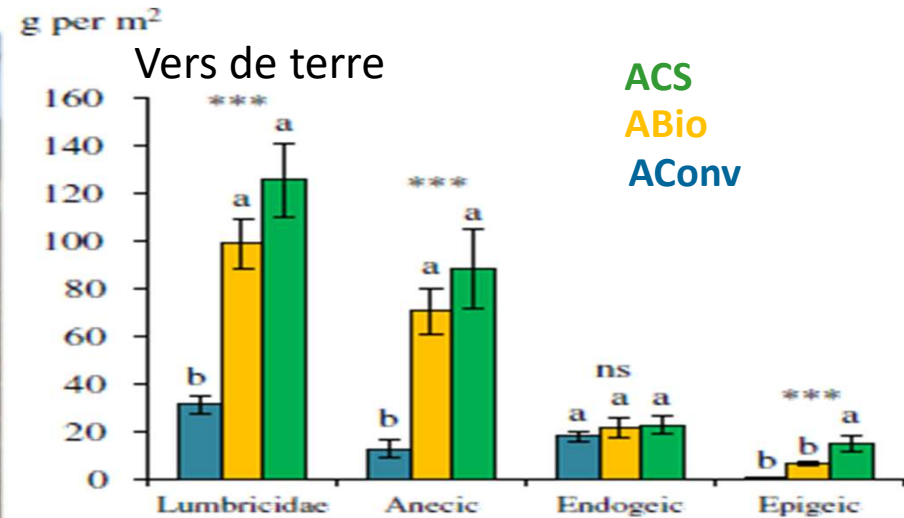
→ érosion ≈ 0 , = vitesse formation des sols
(Montgomery 2007)

En agriculture conventionnelle

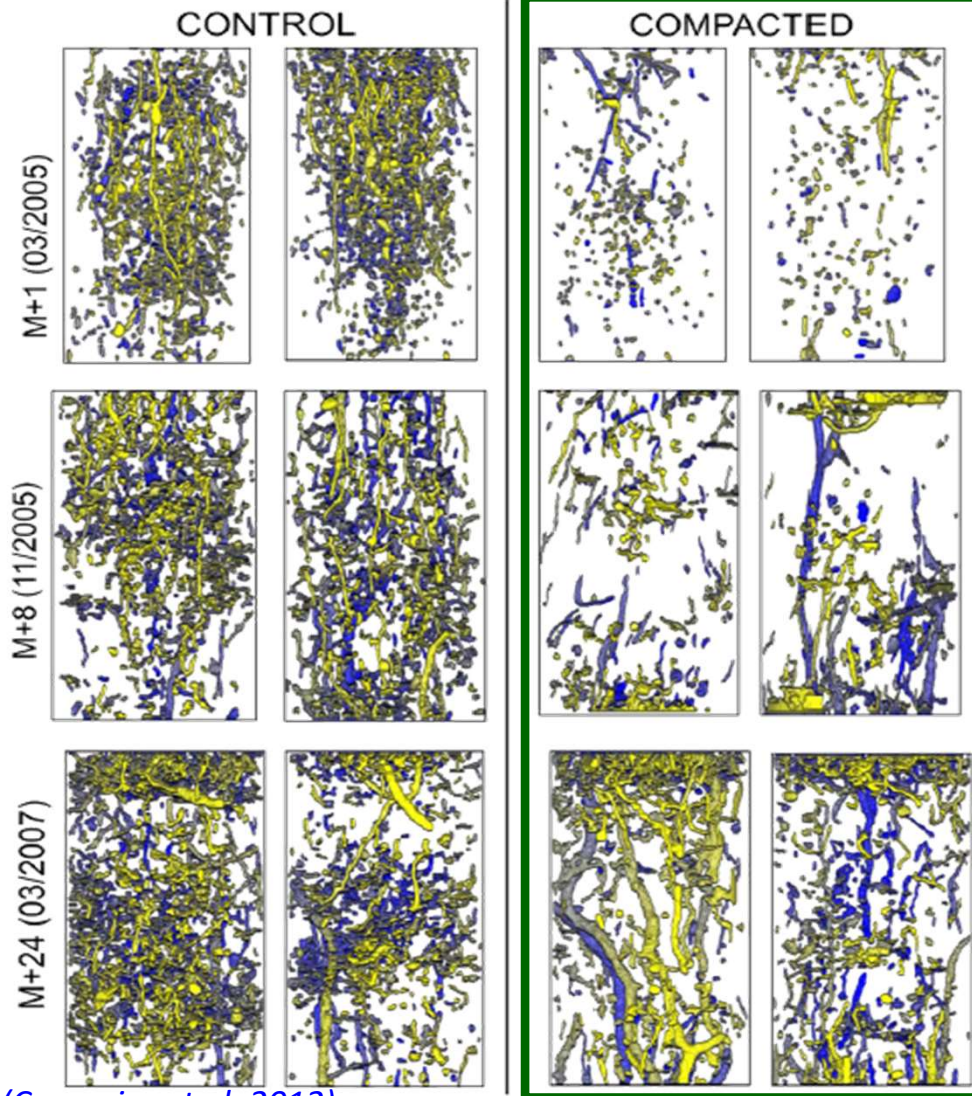
Wsol + engr^{ais} & pest^{cides} + sols nus → perte 'macro- & mésobiodiversité' sols



→ Bioporosité (à forte continuité porale) disparaît presque des sols labourés



En agriculture de conservation des sols



Les vers de terre peu à peu, recréent de la macroporosité, à très forte continuité porale



(Capowiez et al. 2012)



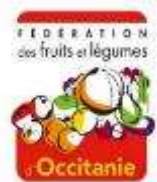
En agriculture conventionnelle

travail du sol intensif + sols nus → perte de 'microbiodiversité' des sols



qui participait à forte cohésion entre agrégats





En agriculture de conservation des sols



Sous le paillis...

...la belle vie !



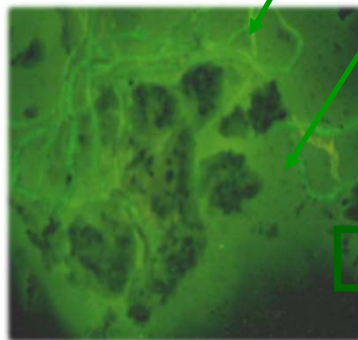


En agriculture de conservation des sols

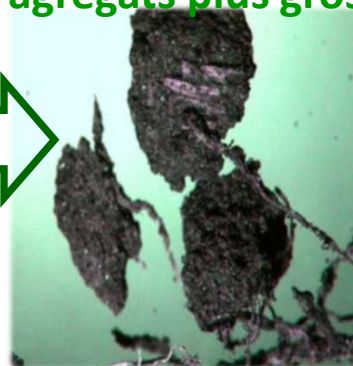
+ de C en retour & non travail sol → biodiversité ++
mulch = anti-splash



forte biomasse fongique (dt hyphes mycorhiziens => glomalines) & bactérienne (=> colles biologiques)

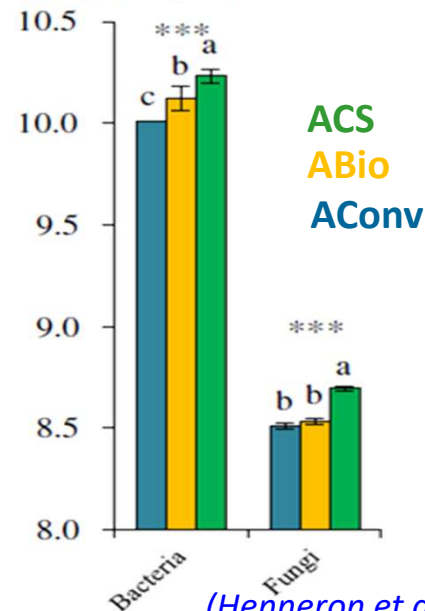


micro- et macro-agrégats plus gros



(Dr K. Nichols, microbiologiste, USDA, ARS, 2006)

Log₁₀ copy number per g of dry soil



(Henneron et al. 2014)

très forte stabilité structurale des agrégats





En agriculture de conservation des sols



mulch (protection 'anti-splash')
+
forte biomasse microbienne
+
nombre biopores + important (à forte continuité porale)



↗ **Ksat** jq 123 fois > AConv
(Blanco-Canqui and Lal 2007)
mais parfois = ou < celle AConv quand Ø résidu laissé à surface sol !
(Horne et al. 1992; Chang and Lindwall 1992)

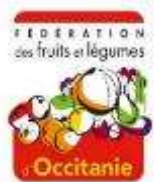


↗ **vitesse infiltration pluies**
(Pheap et al. 2019)



↘ **ruissellement et érosion**

(Rhoton et al. 2002, Silburn and Glanville 2002, Tebrügge & Düring 1999)



Effets très visibles sur comportement eau dans sols selon qu'ils sont :

travaillés 'depuis toujours' : AConv

en ACS depuis 15 ans

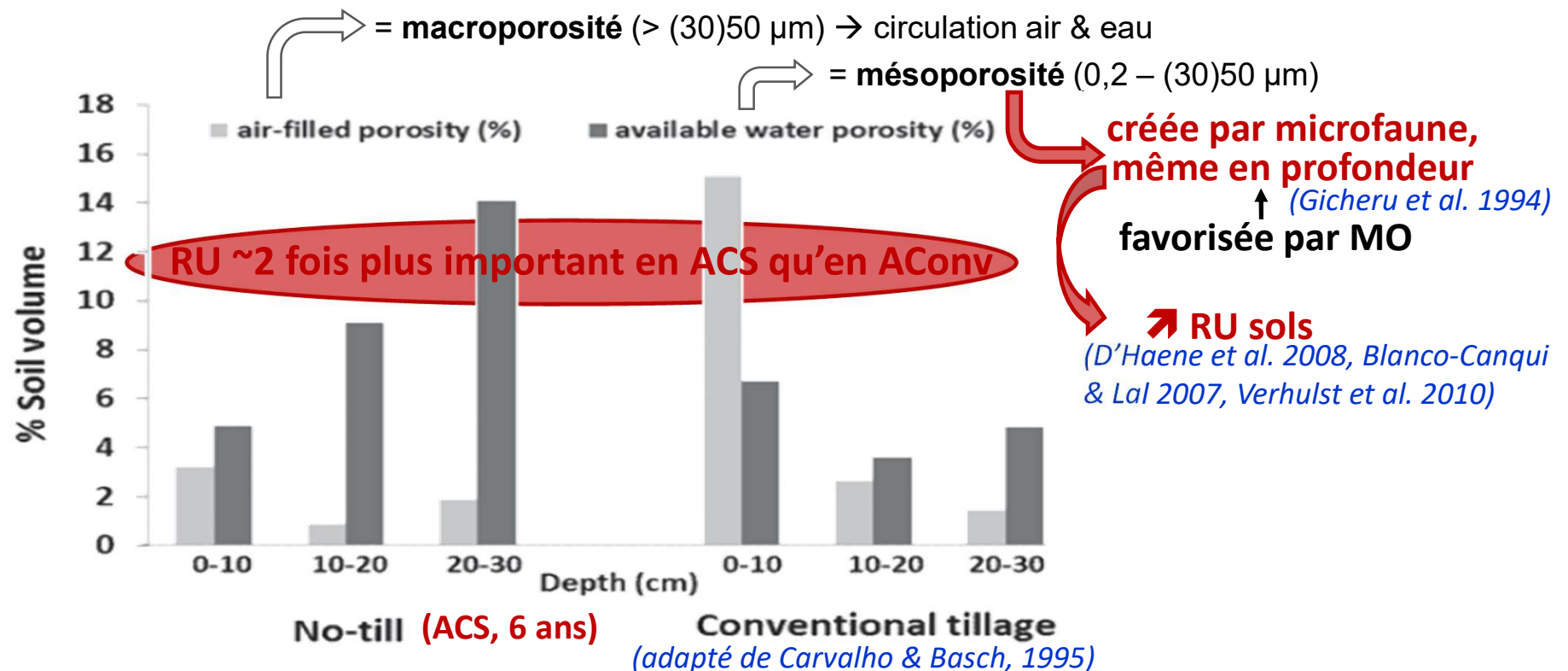


© Frédéric THOMAS



Qq autres avantages de l'ACS

Adaptation au CC ==> sécheresses et canicules plus fréquentes (IPCC, 2007)



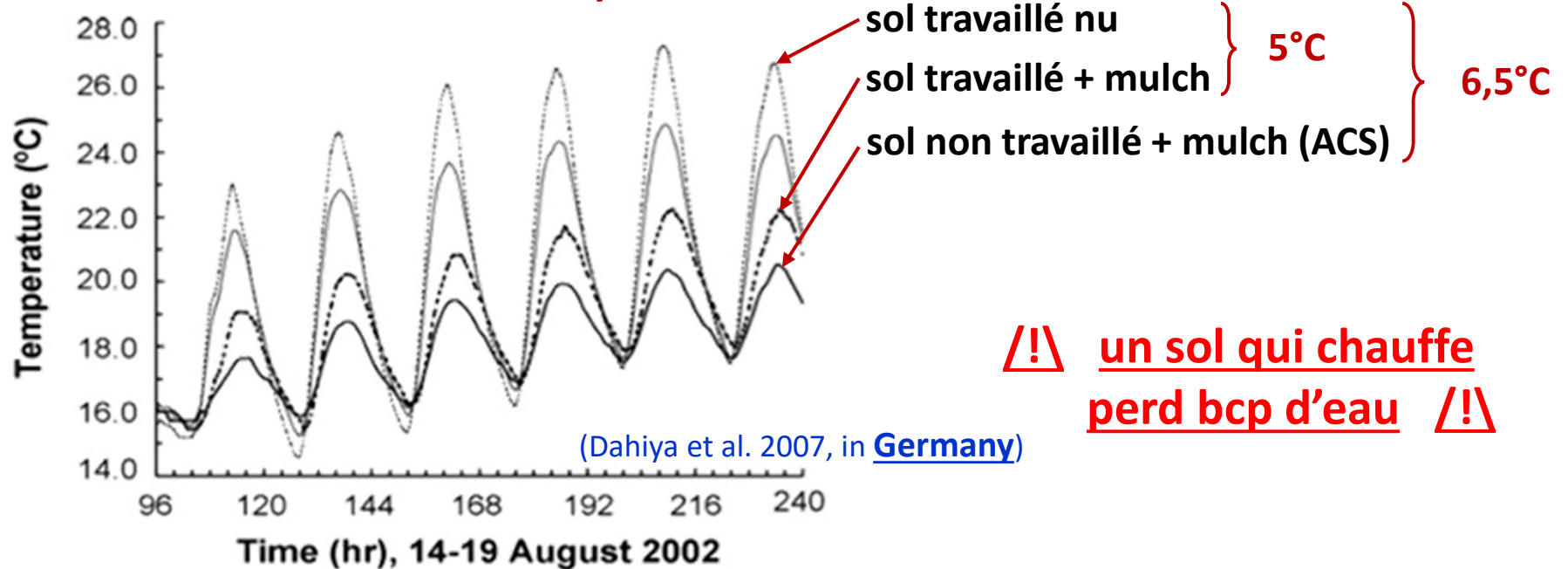
En ACS : meilleur fonctionnement hydrique des sols (Carvalho & Basch, 1995)
→ meilleure efficacité hydrique des pluies



Qq autres avantages de l'ACS

Adaptation au CC ==> sécheresses et canicules plus fréquentes (IPCC, 2007)

Économie eau <== ↘ température sol couvert



Evaporation d'eau en été, sur chaumes blé :

- ACS, sol avec résidus : 0,6 mm/j = 4,2 mm en 1 semaine
- AConv après chaque déchaumage : 4 mm/j
(Hatfield et al. 2001) = 28 mm en 1 semaine

Nécessité en moy.
de 25 mm/t MS



Qq autres avantages de l'ACS

Atténuation du CC en diminuant [GES]

Via stockage C

Capacités très variables :

- 200-500 kg C/ha/an (*Dimassi et al., 2014, Powlson et al. 2016*)
 - 1300 kg C/ha/an (*de Moraes Sà et al. 2015*)
- } 0-30 cm
- "très limitées voire nulles" (*Angers & Eriksen-Hamel 2008; Luo et al. 2010; Haddaway et al. 2017*)
 - "importantes" (1150 kg C/ha/an) (*Veloso et al. 2018*)
- } 30-100 cm

→ clé voûte stockage C : 0 W sol + gros apports biomasse C/N élevé

(*Virto et al. 2012; Li & Evanylo 2013; de Moraes Sà et al. 2015; Abdalla et al. 2013, 2016*)



Qq autres avantages de l'ACS

Atténuation du CC en diminuant [GES]

Via moindres émissions CO₂, N₂O, CH₄

❖ ↘ 60% CO₂ 'fossile' ⇔ ↘ 60% consommation carburant (SoCo 2009)

❖ ↘ CO₂ 'contemporain' ⇔ ↘ minéralisation MOS ⇔ ↘ travail sol
(Reicosky 1997; Abdalla et al. 2016)

❖ ↘ CH₄ & N₂O ⇔ ↘ minéralisation MO (K2) (Mangalassery et al. 2015)
⇔ ↗ activité & biomasse microbiennes
(Dendooven et al. 2012; Palm et al. 2014; Mangalassery et al. 2015)

✓ Plupart publications => ↗ N₂O (dont Oorts et al. 2007) ⇔ syst. ACS étudiés : non aboutis
↳ essai longue durée Boigneville (Arvalis Institut Végétal)

✓ Après 30 ans d'ACS (USA) : ↘ N₂O de 40% /labour et 57% /chisel (Omonode et al. 2011)

✓ Après 5-10 ans d'ACS : ↗ N₂O /AConv (jq +54%), **mais potentiel réchauffement global net** [CO₂ (↘) + CH₄ (↘) + N₂O (↗)] : ↘ 26-31% en ACS / AConv
(Mangalassery et al. 2015; Dendooven et al. 2012; Ahmad et al. 2009)



Qq autres avantages de l'ACS

Meilleure préservation de l'environnement

Via moindre utilisation des pesticides en ACS

❖ ➡ **voire arrêt des fongicides** <= nette ➡ **maladies** (*Kutcher et al. 2011; Basch et al. 2015*)

✓ pH-Eh sol & plantes moins favorable aux agents phytopathogènes (*Husson 2013*)

✓ émission par mulch en cours décomposition de composés organiques volatiles (VOC) inhibiteurs des hyphes & inocula de maladies fongiques (*Rhizoctonia solani, Fusarium oxysporum, Pythium intermedium*) sur résidus culture (*van Agtmaal et al. 2018*)

❖ ➡ **voire arrêt des insecticides** <= nette ➡ **ravageurs** (*Kesavan & Malarvannan 2010; Basch et al. 2015*)

✓ ACS compense effets négatifs paysage simplifié <= ACS favorise auxiliaires (*Tamburini et al. 2016*)

✓ ACS favoriserait HIPV par plantes (moins oxydées que sur sols travaillés) (*Chabert et Sarthou 2017*)

✓ ACS favorise limaces, mais parfois ➡ dégâts !



Sphaerophoria scripta



Qq autres avantages de l'ACS

Meilleure préservation de l'environnement

Via moindre utilisation des pesticides en ACS

❖ ⚡ des herbicides !

✓ ⚡ émergence m.h. après semis (*Gupta & Seth, 2007; Nichols et al. 2015; Singh et al., 2015*)

✓ ⚡ prédation graines m.h. par insectes granivores et VdT anéciques & endogés
(*Petit et al. 2018; Eisenhauer et al. 2010*)

==> après 3 ans, sans apport nouv^{lles} graines m.h. (et toutes choses = par ailleurs) :
densité adventices parcelle ACS ⚡ > 80% / parcelle en système labour (*Nichols et al. 2015*)

==> ⚡ utilisation herbicides en ACS aboutie :

- devient rapidement ≈ celle en AConv (*Sturny & Chervet, 2015*)

- voire < celle en AConv (*Nichols et al. 2015; Anderson 2016; Virginia et al. 2018*)

« Diminution utilisation herbicides pas immédiate mais possible à partir 2^{ème} rotation »

- agriculteur enquêté, projet Bag'Agès, master de S. Thoraval, septembre 2018.

Si SD seul => ⚡ m.h. => ⚡ utilisation herbicides (*Nichols et al. 2015, Virginia et al. 2018*)



Qq autres avantages de l'ACS

Meilleure préservation de l'environnement

Via réduction des pertes herbicides car érosion sol moindre

F. Tebrügge, R.A. Düring / Soil & Tillage Research 53 (1999) 15-28

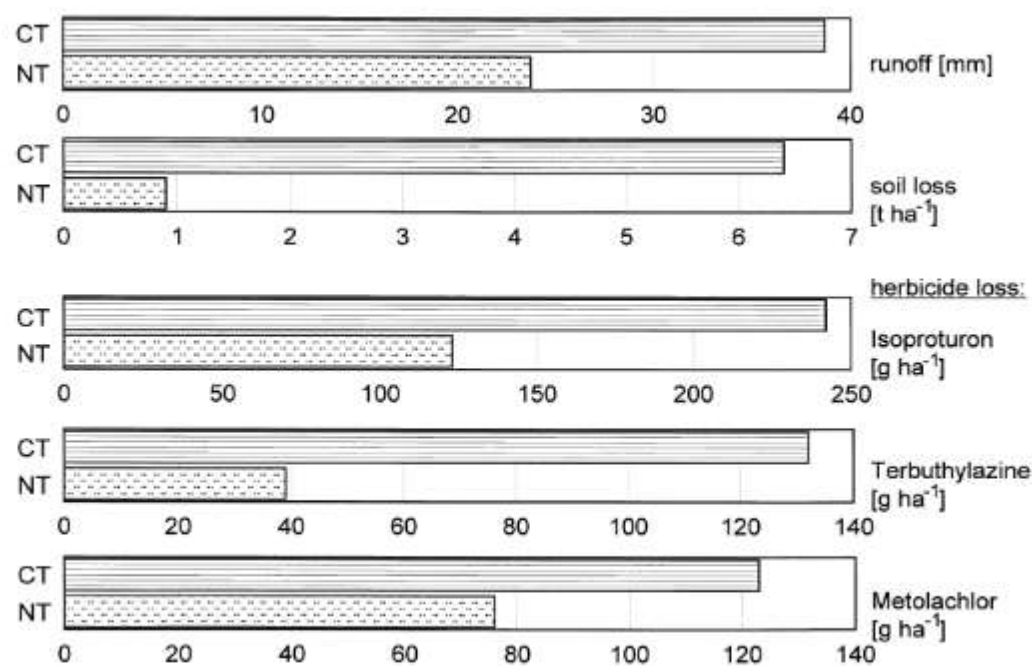


Fig. 11. Runoff, soil loss, and herbicide losses via lateral translocation in a rainfall simulation experiment (63 mm h^{-1} for 1 h); comparison of two different tillage treatments on the Luvisol (according to Fischer et al., 1995).

(Tebrügge & Düring, 1999)



Qq autres avantages de l'ACS

Meilleure préservation de l'environnement

Via meilleure dégradation résidus pesticides

- ❖ ➤ hétérogénéité (drillosphère, turricules VdT) => ➤ diversité bactérienne catabolisant molécules xénobiotiques à travers activation gènes (*Monard et al. 2008*)
- ❖ ➤ réseau micro-, méso- et macroporal (*Carvalho & Basch, 1995*)
 - ==> ➤ infiltrat° mais ↘ percolat° (sauf si capacité champ atteinte, car forte continuité macroporale - *Petersen & Krogh, 2016*)
 - ==> ➤ contacts eau/solutés (xénobiotiques) / bactéries (*Monard et al. 2008*)
 - ==> ➤ dégradation molécules herbicides pendant percolation
 - ==> eau potentiellement moins polluée qd atteint nappe phréatique (*Petersen & Krogh, 2016*)
- SD (~)seul : ➤ flux directs vers nappe (via galeries verticales de VdT anéciques)
 - ==> ➤ risques de pollution des eaux souterraines (*Edwards et al. 1992, Siga et al. 1993, Alletto et al., 2012*)

Via meilleure rétention résidus pesticides

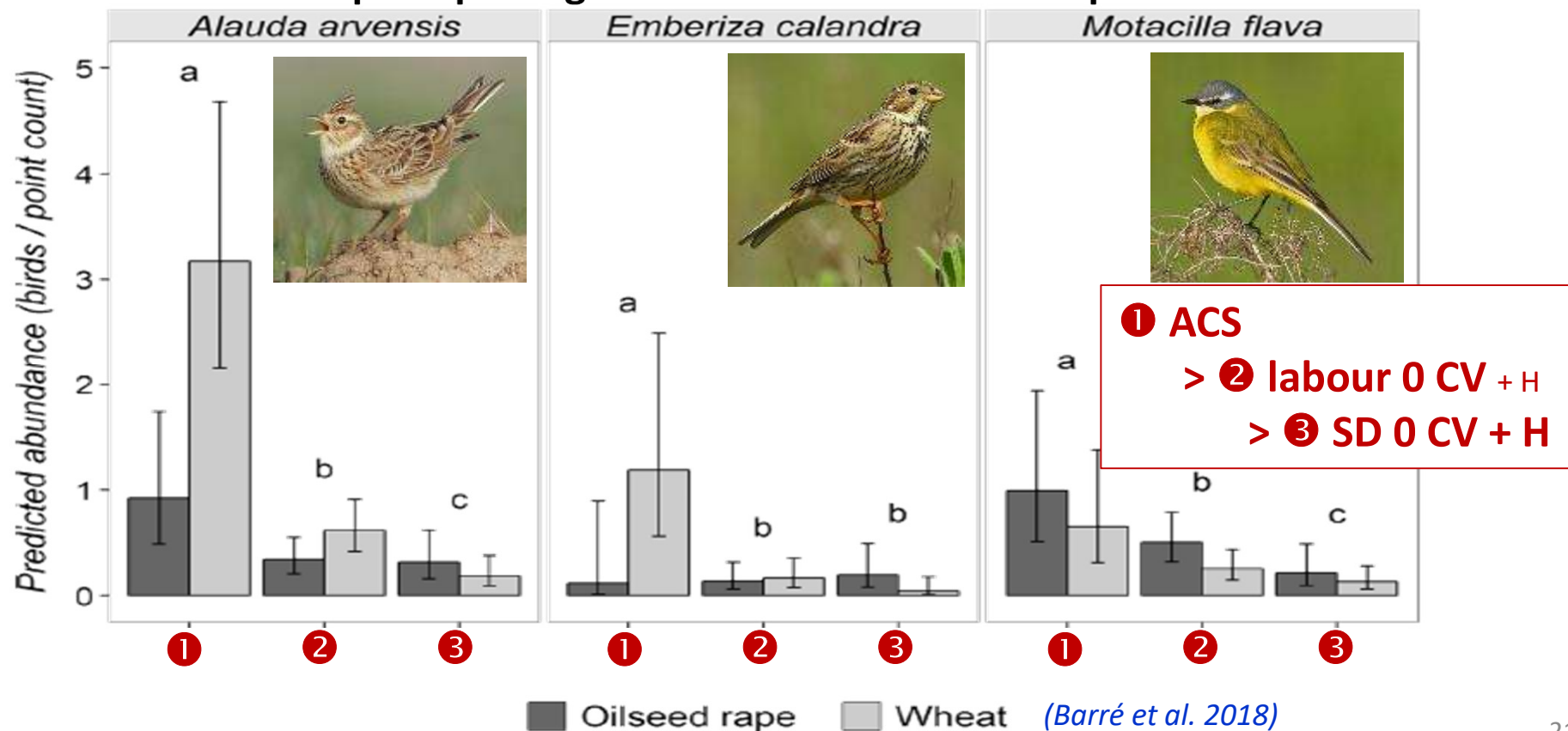
- ❖ adsorption résidus sur MO ==> ↘ [herbicides] dans eaux drainage (*Borin et al. 1997*)

Qq autres avantages de l'ACS

Meilleure préservation de l'environnement

Car ACS favorable à biodiversité ordinaire

Effets des pratiques agricoles sur abondance des passereaux :





Mais qu'en est-il de la productivité ?...

Plus importante méta-analyse au niveau mondial :

- rdts ACS < rdts AConv : -2.5%

==>

Protestation fermiers US :

<http://www.no-tillfarmer.com/articles/4038>

- rdts ACS ↗ avec âge systèmes

- rdts ACS > rdts AConv en contexte stress hydrique : + 7.3%

↳ confirmé par nbx travaux en Europe et monde

jq + 120% en climats très secs ([Kassam et al. 2012](#))

Meilleure stabilité des rdts en ACS

❖ hors accidents climatiques : . même stabilité qu'en AConv ([Knapp & van der Heijden 2018](#))

. + 15% /ABio ([Knapp & van der Heijden 2018](#))

❖ face épisodes stress hydrique : meilleure résilience que AConv

([Fernandez-Ugalde et al. 2009](#); [Ogle et al. 2012](#))

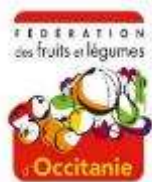


...et de la rentabilité économique ?

~partout en Europe : meilleure rentabilité économique des systèmes ACS

- ➡ 50 à 75% coûts main d'œuvre (*projet européen SoCo, 2009*)
- ➡ 60% frais carburants (*projet européen SoCo, 2009*)
- ➡ 80% frais entretien machines et matériel (*Freixial & Carvalho, 2010*)





L'ACS, n'aurait-elle que des avantages ?? <= 2 études multicritères

① Système ACS et 4 autres dits agroécologiques :

① pâturage tournant dynamique	} comparés à AConv pour 8 services écosystémiques	① : 2 SE / 8
② agriculture biologique		② : 5 SE / 8
③ agriculture de précision		③ : 4 SE / 8
④ riziculture écologiquement intensive		④ : 4 SE / 8

==> ACS > AConv pour 7 SE : biocontrôle ravageurs, préservation biodiversité, séquestration C, fertilité sol, contrôle érosion, purification eau, régulation crues
(Garbach et al. 2016)

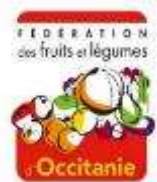
② Systèmes ACS s.s. et l.s. comparés aux systèmes ABio et AConv, pour 17 SE :

- 7 intrants (support et régulation)
- 10 produits (agricoles et environnementaux)

==> . rendement blé : ACS s.s. = AConv voire > AConv, > ACS l.s. et >> ABio

- . qualité sol : ACS s.s. (s.l.) > AConv & ABio pour stab. struct., mais inverse pour infiltrat°
- . régulation ravageurs : ACS > ou < AConv & ABio selon espèces ravageurs
- . atténuation CC par ↘ $\overline{\text{GES}}$: ACS > ABio > AConv
- . amélioration de tous SE par présence élevage et sols argileux, qq soient systèmes.

==> ACS = meilleur potentiel pour lutter contre antagonisme entre productivité et performances environnementales *(Chabert et Sarthou 2020)*



Je vous remercie pour votre attention

