

Influence des pratiques agricoles sur le fonctionnement hydrique des sols et le devenir de pesticides

Semaine de l'eau – Lycée agricole de Flamarens
15 mars 2018

Lionel Alletto

Chambre régionale d'agriculture Occitanie
Chercheur associé INRA UMR Agroécologies, Innovations, Territoires

lionel.alletto@occitanie.chambagri.fr

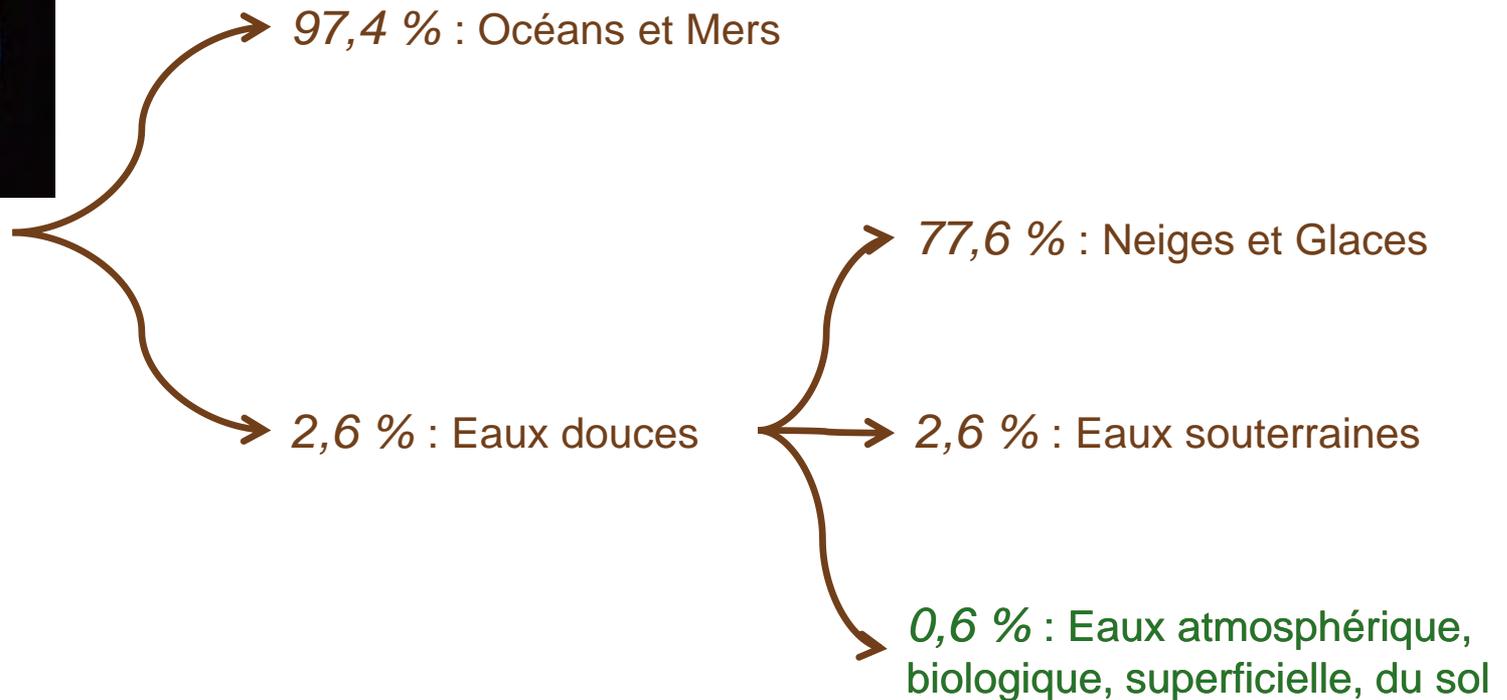
**AGRICULTURES
& TERRITOIRES**
CHAMBRE D'AGRICULTURE
OCCITANIE

ÉCOPHYTO
DEPHY | RÉDUIRE ET AMÉLIORER
L'UTILISATION DES PHYTOS

Gestion de l'eau : enjeux et éléments généraux



Eau sur Terre

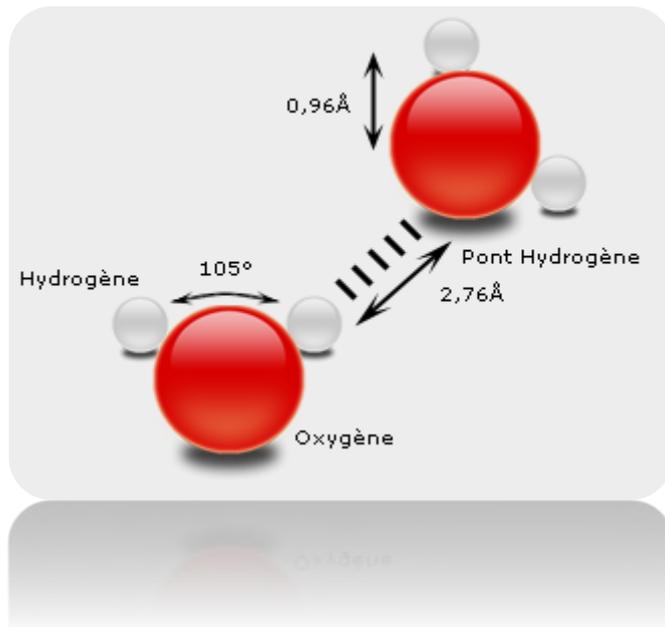


→ Une ressource fragile et indispensable

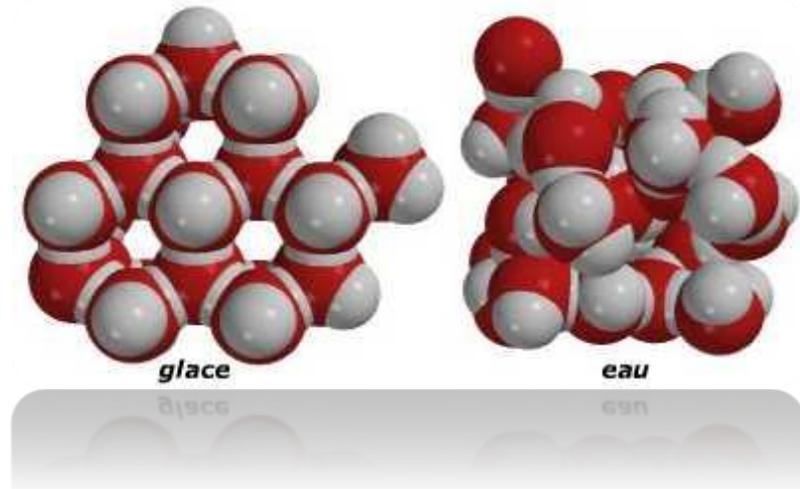
Gestion de l'eau : enjeux et éléments généraux



L'eau (H₂O) est une molécule polaire...



Å (Ångström) = 10⁻¹⁰ m = 0,1 nm



... ce qui la rend très réactive, en particulier dans les différents compartiments de l'environnement.

Gestion de l'eau : enjeux et éléments généraux



Forte pression sur la ressource



Directives (niveau européen)
Lois (niveau national)



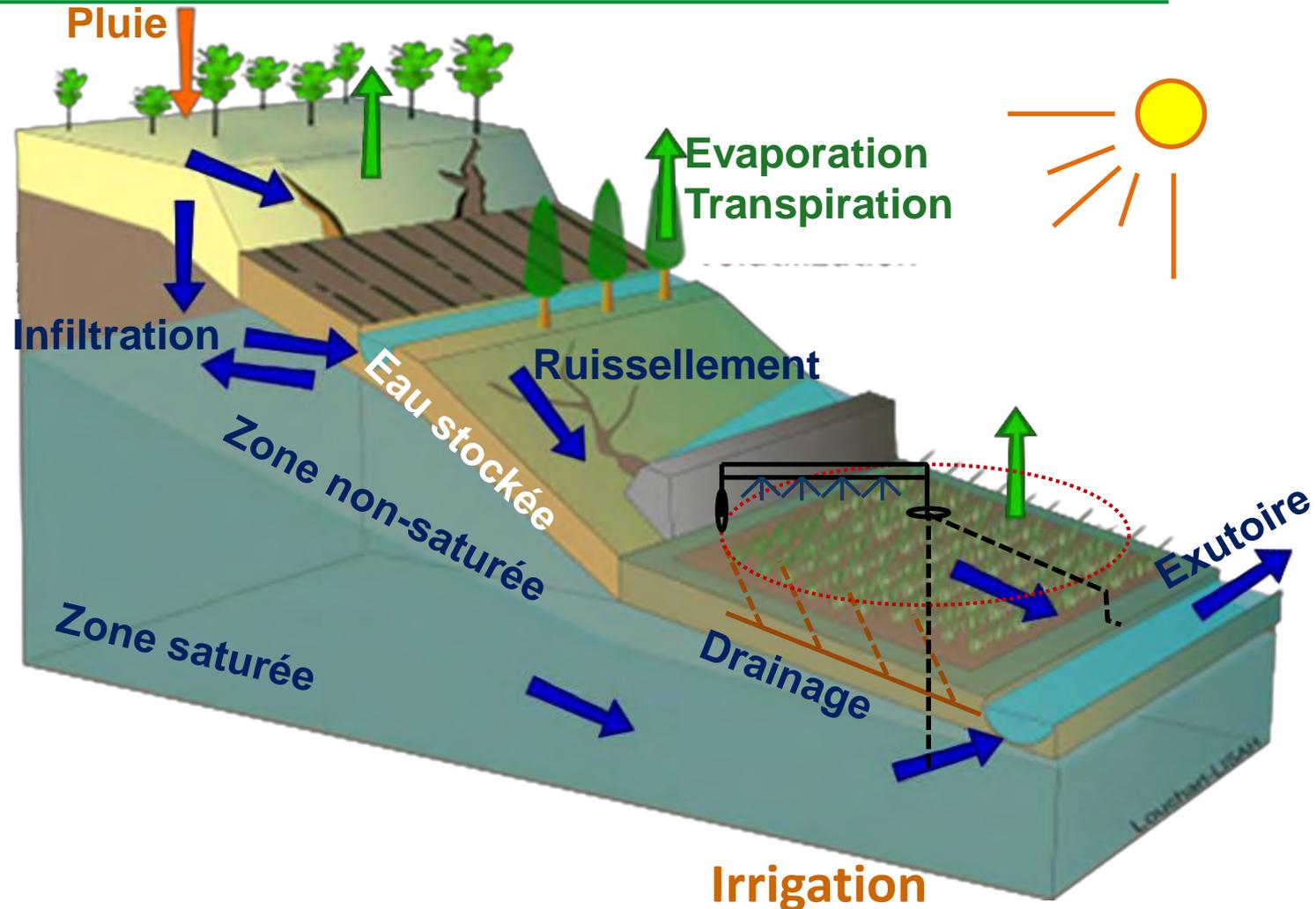
Avec une réglementation stricte



Garantir l'approvisionnement en eau potable de tous

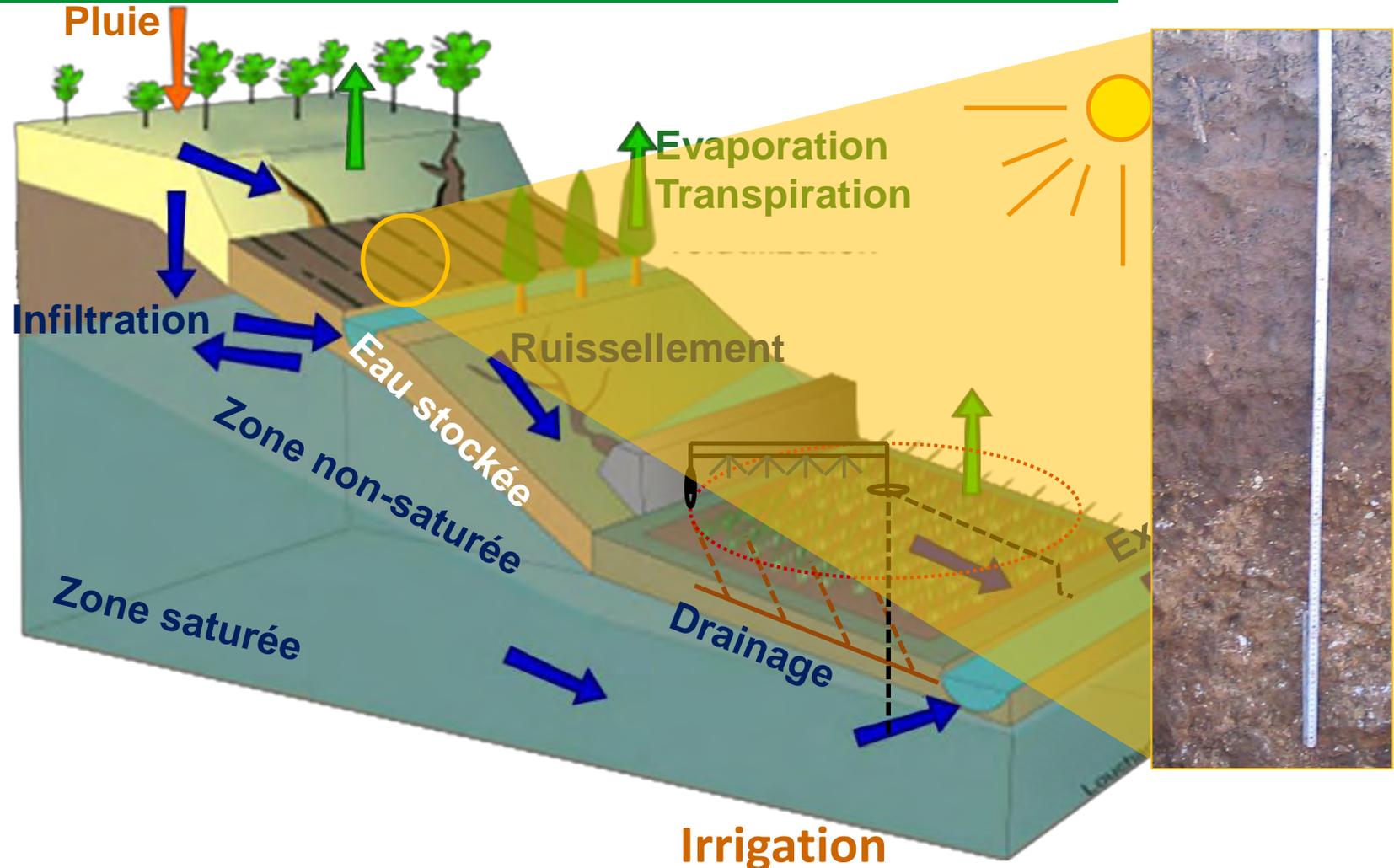
A quoi s'intéresse-t-on ?

Des processus hydrologiques distribués spatialement et aux multiples sources de variabilité...

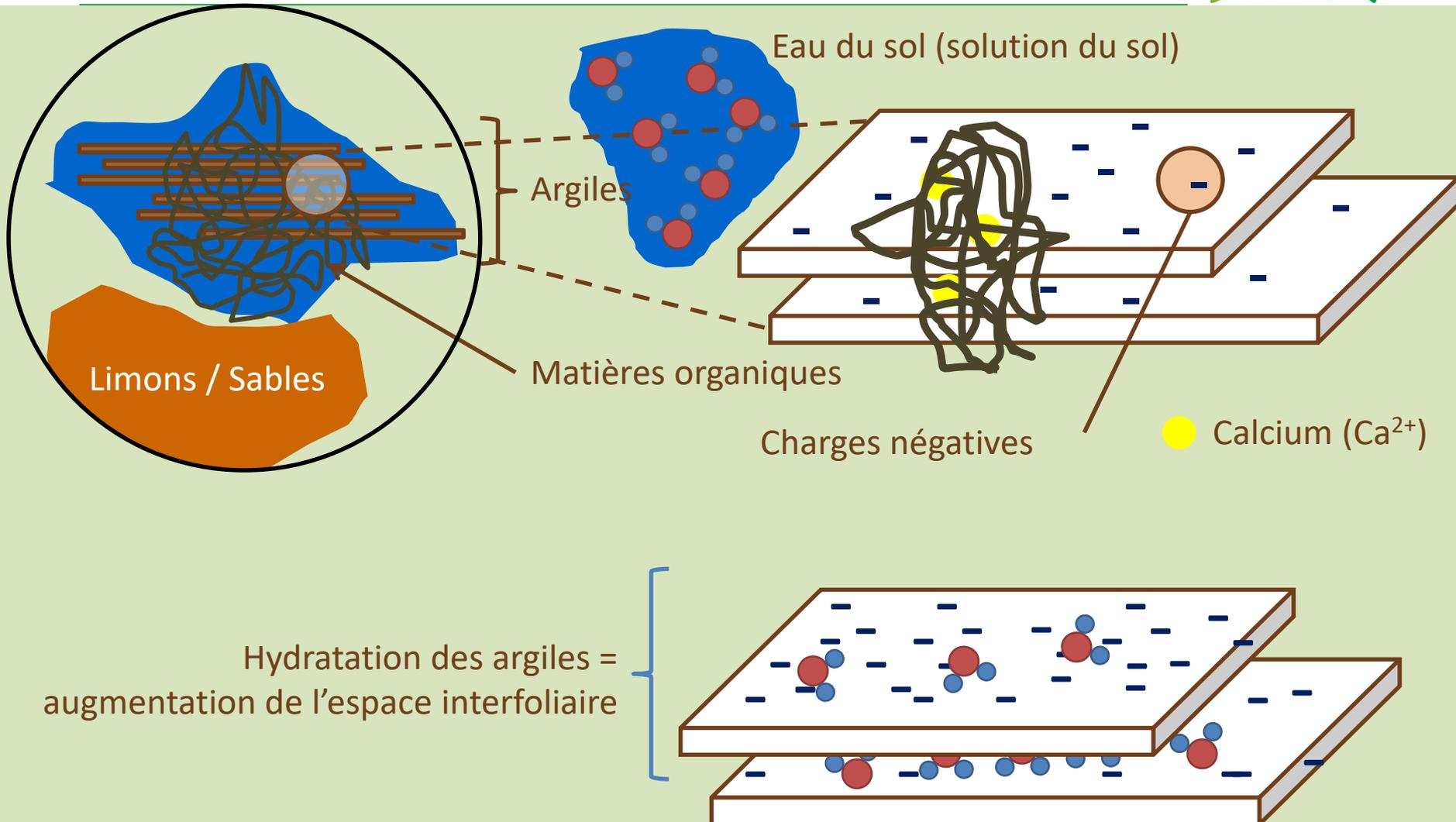


A quoi s'intéresse-t-on ?

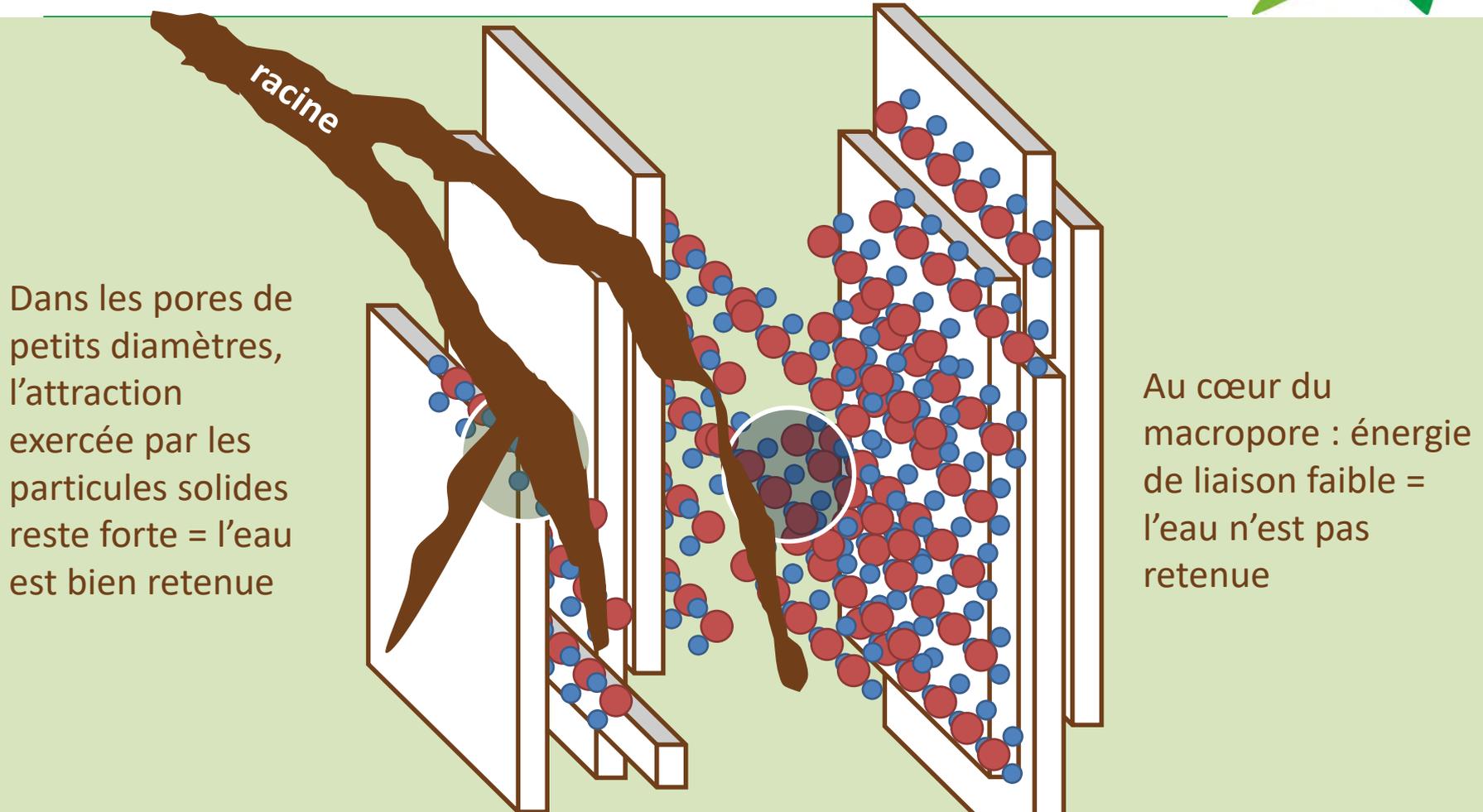
Des processus hydrologiques distribués spatialement et aux multiples sources de variabilité...



Fonctionnement hydrique des sols : éléments généraux



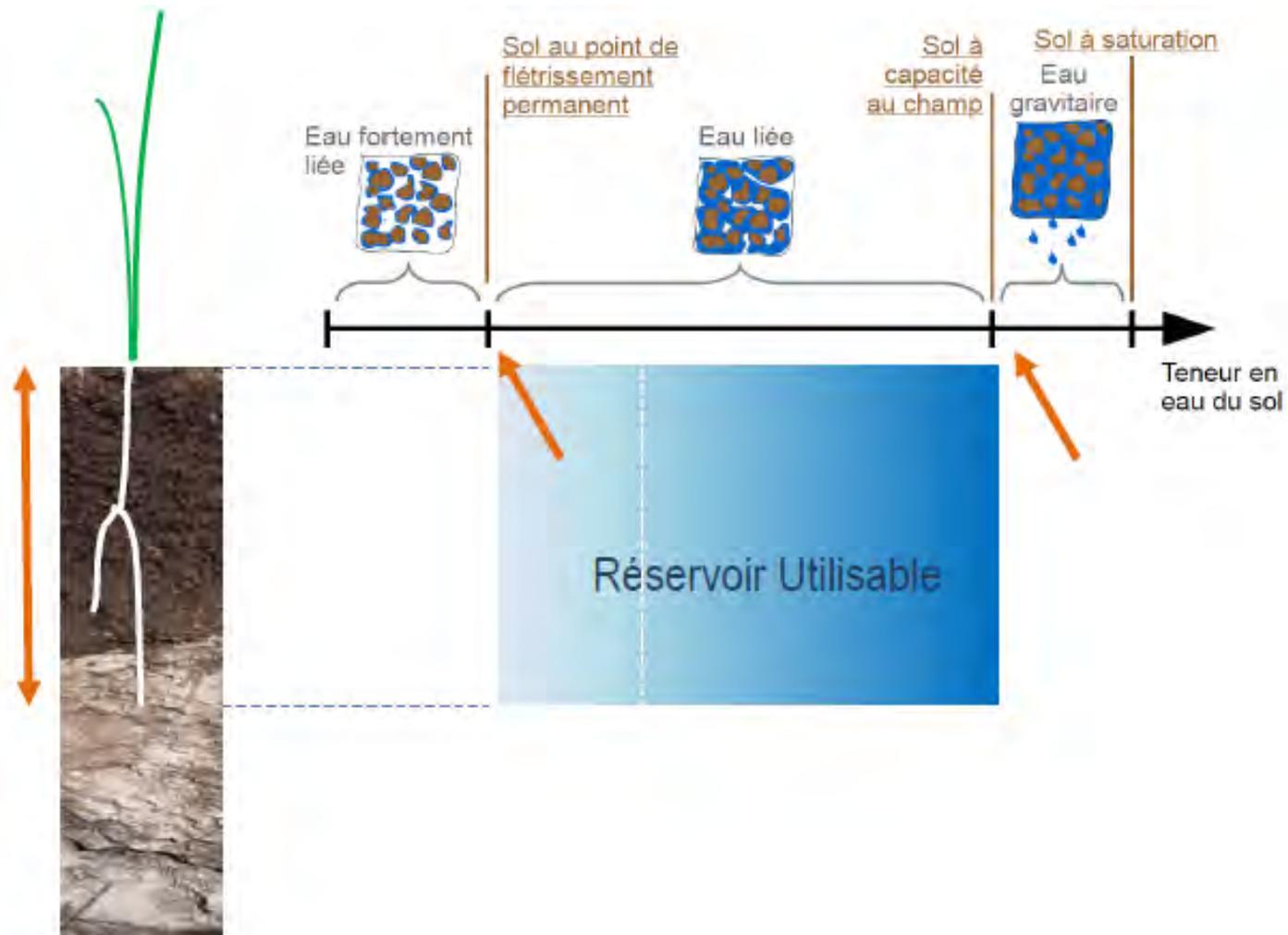
Fonctionnement hydrique des sols : éléments généraux



➤ **Potentiel hydrique = état énergétique de l'eau dans le sol**

➤ **Explication des remontées capillaires**

Fonctionnement hydrique des sols : éléments généraux



Réservoir Utilisable = prof. x d. app. x (qté eau à capacité de rétention – qté eau au PFP)



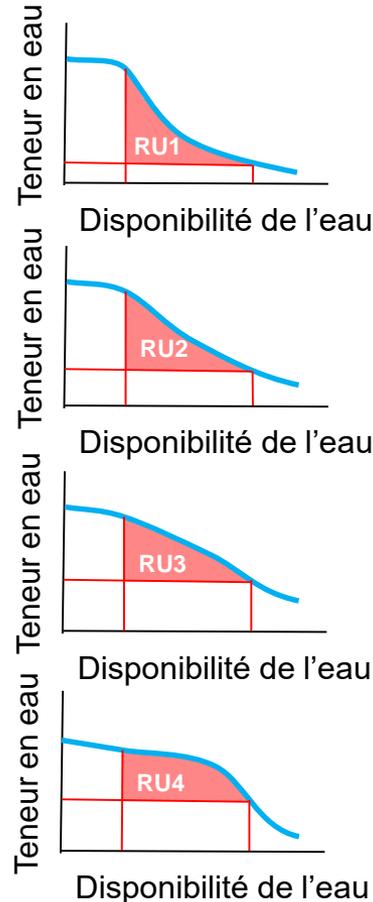
0-30 cm : horizon « travaillé »

30-50 cm : Bt1

50-65 cm : Bt2

65-110 cm : C1

>110 cm : C2



C2 : non exploré par les racines...



Réservoir Utilisable = prof. x d. app. x (qté eau à capacité de rétention – qté eau au PFP)



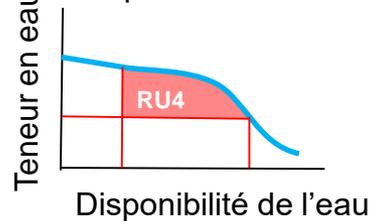
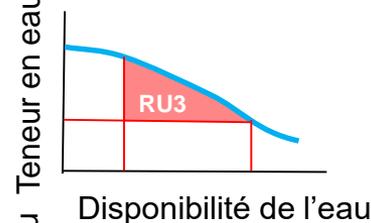
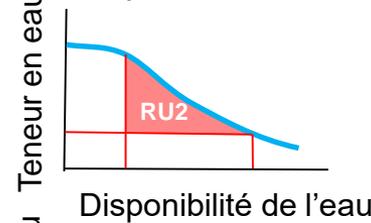
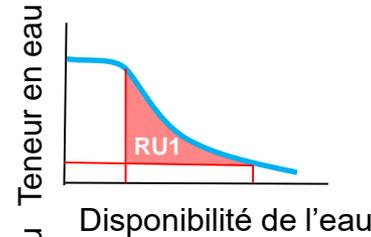
0-30 cm : horizon « travaillé »

30-50 cm : Bt1

50-65 cm : Bt2

65-110 cm : C1

>110 cm : C2



C2 : non exploré par les racines...

Effets :

Travail du sol ;
Plante ; (Sol)

Plante ; (Travail
du sol) ; (Sol)

Plante ; (Sol)

Plante ; (Sol)

Comment agir sur ce Réservoir Utilisable par des pratiques agricoles ?



Levier 1 : les pratiques de travail du sol et de gestion des résidus organiques

Levier 2 : le peuplement végétal cultivé

Autres leviers

Travailler ou ne pas travailler le sol ???

Pratique « conventionnelle » : le labour



< 10 % des surfaces en cultures d'hiver

> 60 % des surfaces en cultures de printemps



Travailler ou ne pas travailler le sol ???

Travail superficiel maintenu sur toute la surface



Objectif principal :
conserver le sol en place



Travailler ou ne pas travailler le sol ???

Localisation du travail du sol : Strip-tillage



Objectif principal :
conserver le sol en place



Travailler ou ne pas travailler le sol ???

Suppression du travail du sol et utilisation de

plantes de service : SCV (semis sous couvert vivant)



Objectif principal :
conserver le sol en place



Travailler ou ne pas travailler le sol ???

Quelques effets sur le stockage d'eau... et autres processus



		Labour
Stockage d'eau	Densité apparente	↘ (temporaire) ; création de macropores
	Teneur en MO	Minéralisation assez rapide ; mélange sur horizon travaillé

Travailler ou ne pas travailler le sol ???

Quelques effets sur le stockage d'eau... et autres processus



		Labour	Semis direct sous couvert végétal
Stockage d'eau	Densité apparente	↘ (temporaire) ; création de macropores	Assez stable et élevée Connectivité des pores accrue
	Teneur en MO	Minéralisation assez rapide ; mélange sur horizon travaillé	↗ en surface (formation d'un gradient) Modification qualitative

Travailler ou ne pas travailler le sol ???

Quelques effets sur le stockage d'eau... et autres processus



		Labour	Semis direct sous couvert végétal
Stockage d'eau	Densité apparente	↘ (temporaire) ; création de macropores	Assez stable et élevée Connectivité des pores accrue
	Teneur en MO	Minéralisation assez rapide ; mélange sur horizon travaillé	↗ en surface (formation d'un gradient) Modification qualitative
Infiltration / Ruissellement		Forte capacité d'infiltration mais stabilité structurale faible Possible ruissellement hypodermique	

Travailler ou ne pas travailler le sol ???

Quelques effets sur le stockage d'eau... et autres processus



		Labour	Semis direct sous couvert végétal
Stockage d'eau	Densité apparente	↘ (temporaire) ; création de macropores	Assez stable et élevée Connectivité des pores accrue
	Teneur en MO	Minéralisation assez rapide ; mélange sur horizon travaillé	↗ en surface (formation d'un gradient) Modification qualitative
Infiltration / Ruissellement		Forte capacité d'infiltration mais stabilité structurale faible Possible ruissellement hypodermique	Accroissement de la rugosité et de la sinuosité = ↘ ruissellement et ↗ infiltration Forte stabilité des macropores (biologiques)

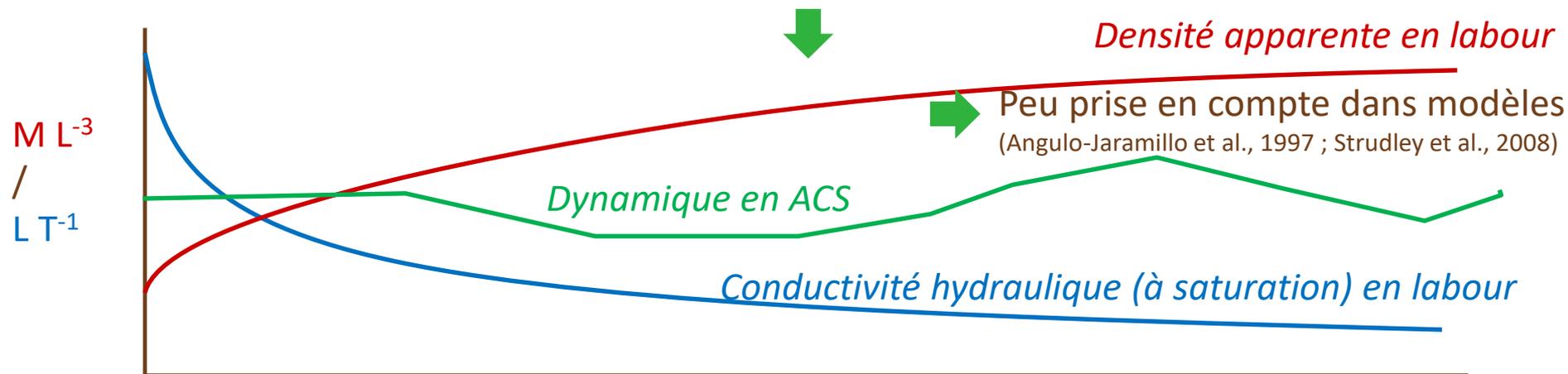
Travailler ou ne pas travailler le sol ?

Conductivité hydraulique : aptitude du milieu poreux à transmettre l'eau qu'il contient pour une teneur en eau donnée (ou un potentiel matriciel donné).



Forte dynamique temporelle

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



Densité apparente en labour

Peu prise en compte dans modèles
(Angulo-Jaramillo et al., 1997 ; Strudley et al., 2008)

Dynamique en ACS

Conductivité hydraulique (à saturation) en labour

↑ *Wsol primaire*

Temps / Cumul de pluies / ...

(Alletto et al., 2015)



Technique conventionnelle



19 juillet 2005
270 mm de pluie

Technique de conservation

Travailler ou ne pas travailler le sol ???

Quelques effets sur le stockage d'eau... et autres processus



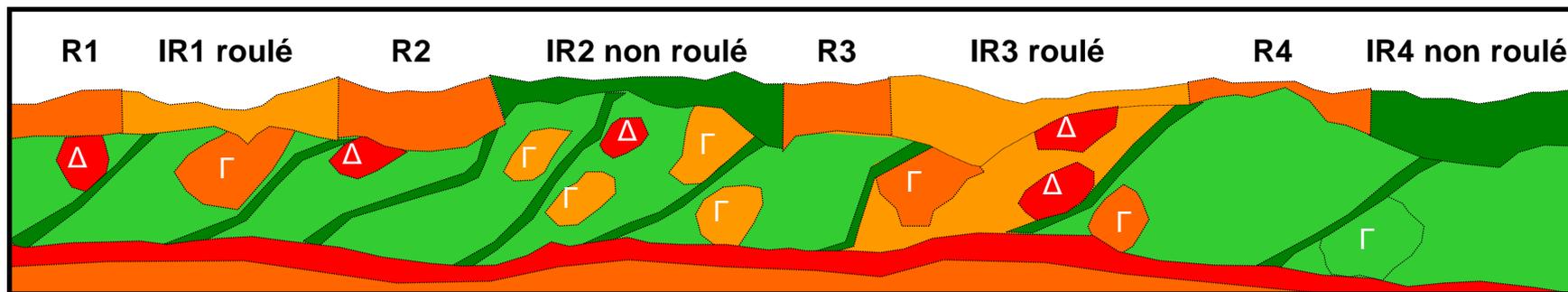
		Labour	Semis direct sous couvert végétal
Stockage d'eau	Densité apparente	↘ (temporaire) ; création de macropores	Assez stable et élevée Connectivité des pores accrue
	Teneur en MO	Minéralisation assez rapide ; mélange sur horizon travaillé	↗ en surface (formation d'un gradient) Modification qualitative
Infiltration / Ruissellement		Forte capacité d'infiltration mais stabilité structurale faible Possible ruissellement hypodermique	Accroissement de la rugosité et de la sinuosité = ↘ ruissellement et ↗ infiltration Forte stabilité des macropores (biologiques)
Evapotranspiration		Evaporation depuis le sol mais rupture des capillaires...	Mulch : ↘ évaporation mais continuité capillaire... Transpiration ↗ par couvert végétal => Bilan ???

Travailler ou ne pas travailler le sol ???

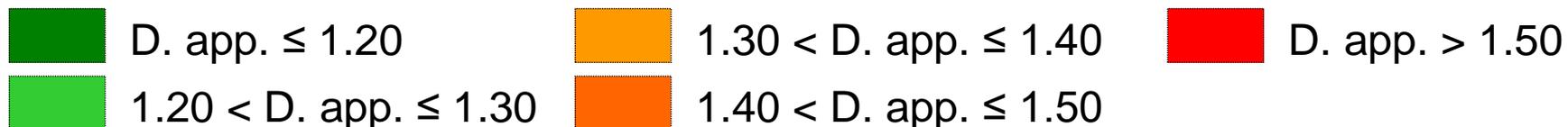
Limitation du réservoir par des problèmes de structure du sol



28 cm

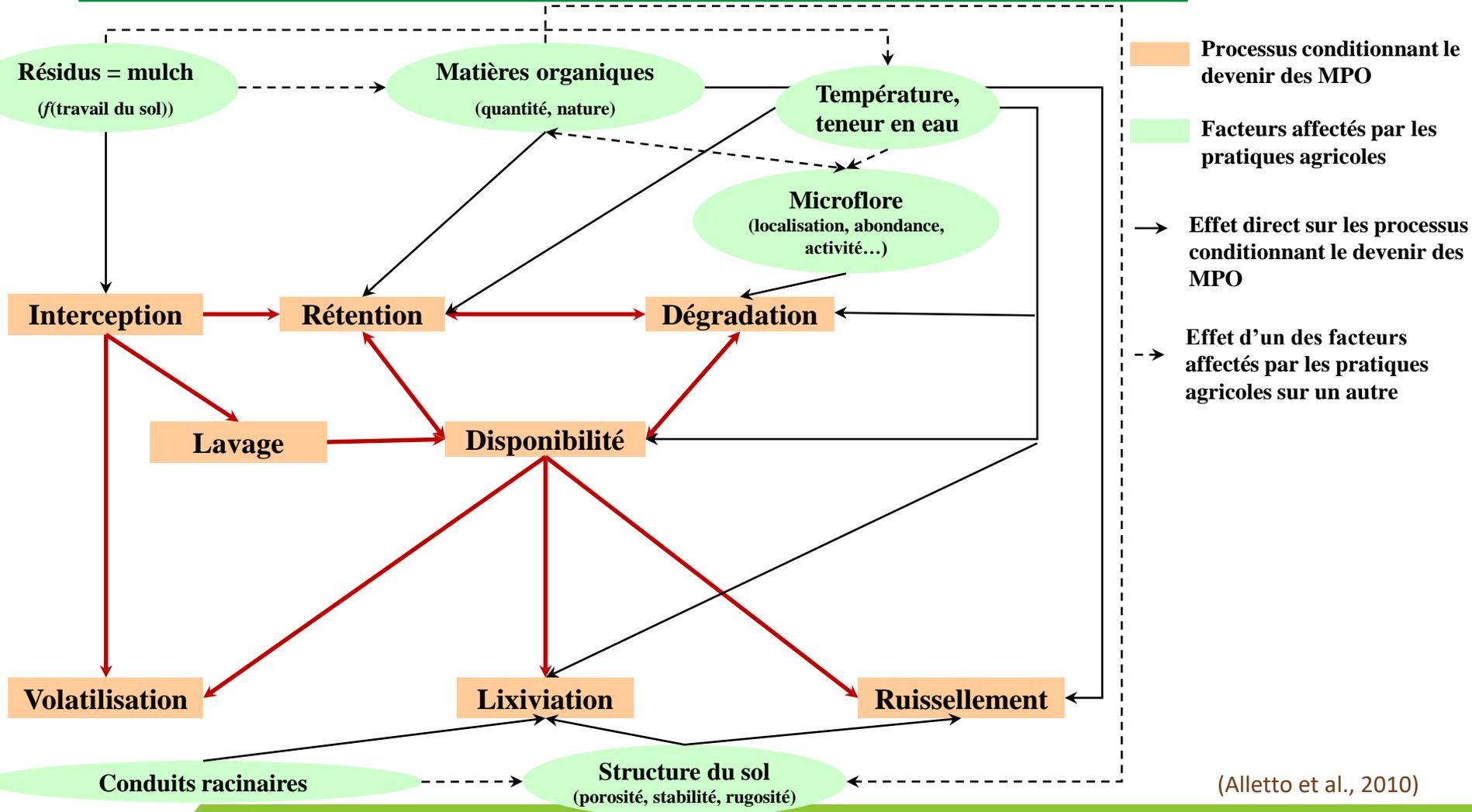


Valeurs de densité volumique apparente (g cm^{-3})



(Alletto et al., 2010)

Deux mots sur les effets de pratiques agricole sur le devenir des pesticides...



(Alletto et al., 2010)

Deux mots sur les effets de pratiques agricole sur le devenir des pesticides...



D₀

D₇

D₂₈

D₅₆

Avoine



Maïs



Trèfle inc.



Phacélie



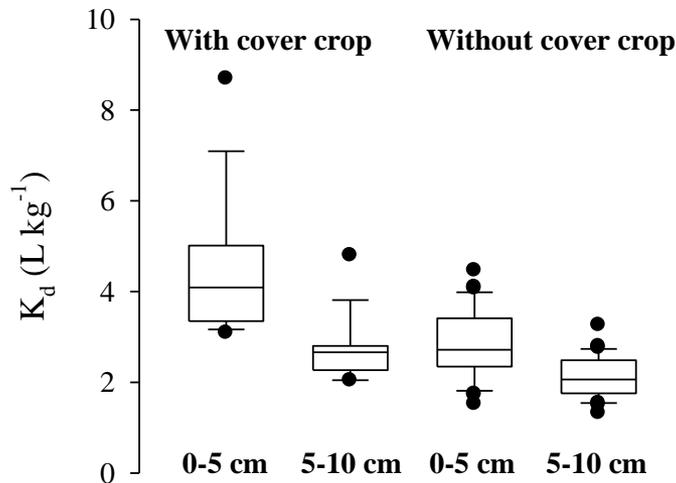
Deux mots sur les effets de pratiques agricole sur le devenir des pesticides...



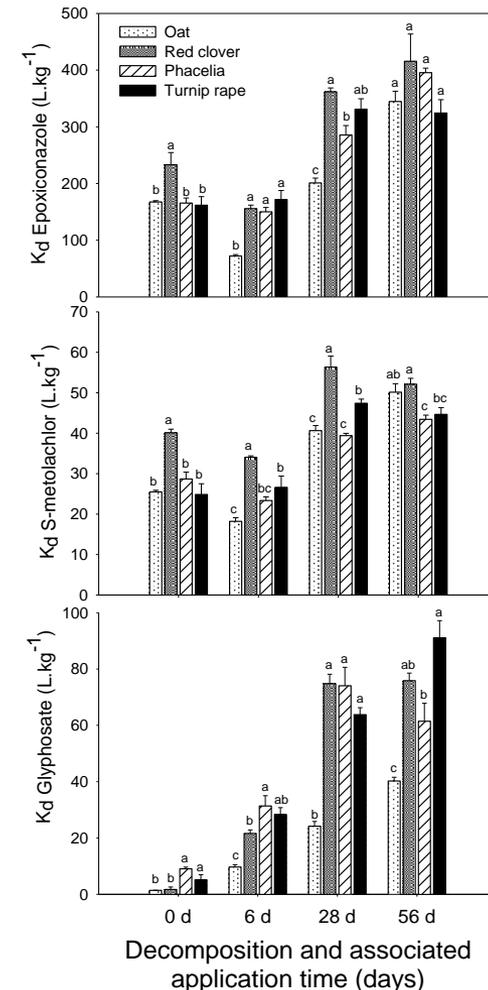
(Cassigneul et al., 2015)

Augmentation de l'adsorption avec le temps de décomposition
Corrélation signification avec C/N et de la lignine

Variabilité entre les mulchs



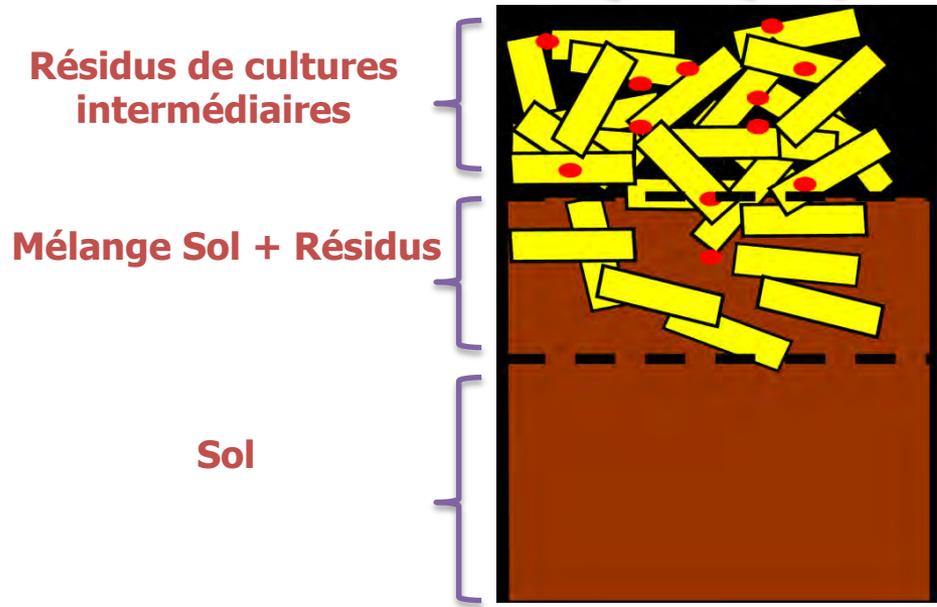
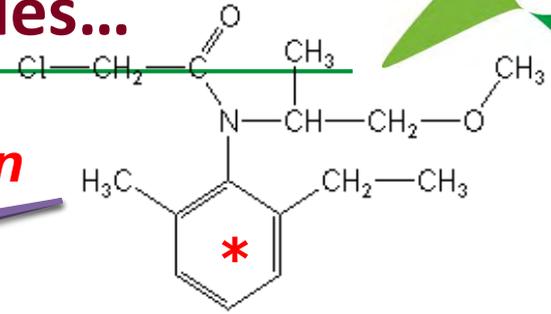
(Alletto et al., 2013)



Deux mots sur les effets de pratiques agricole sur le devenir des pesticides...



Effets de la nature et de l'âge (degré de décomposition) des résidus sur la dégradation d'herbicides

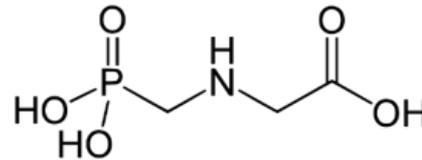


Piège à soude = ¹⁴CO₂

Deux mots sur les effets de pratiques agricole sur le devenir des pesticides...

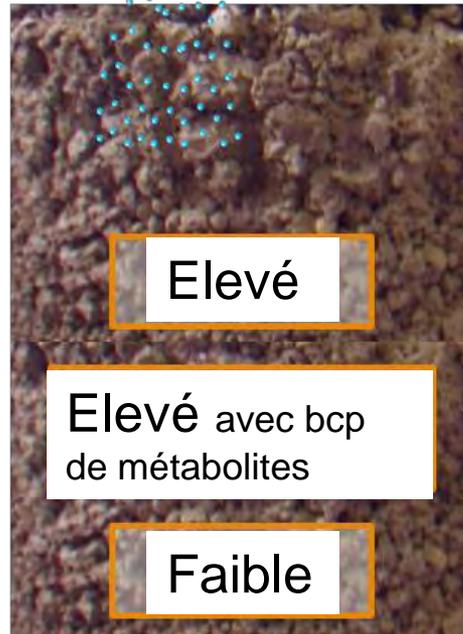


Glyphosate



(Cassigneul et al., 2016)

Minéralisation
Extractible
Résidus non extractibles (...)

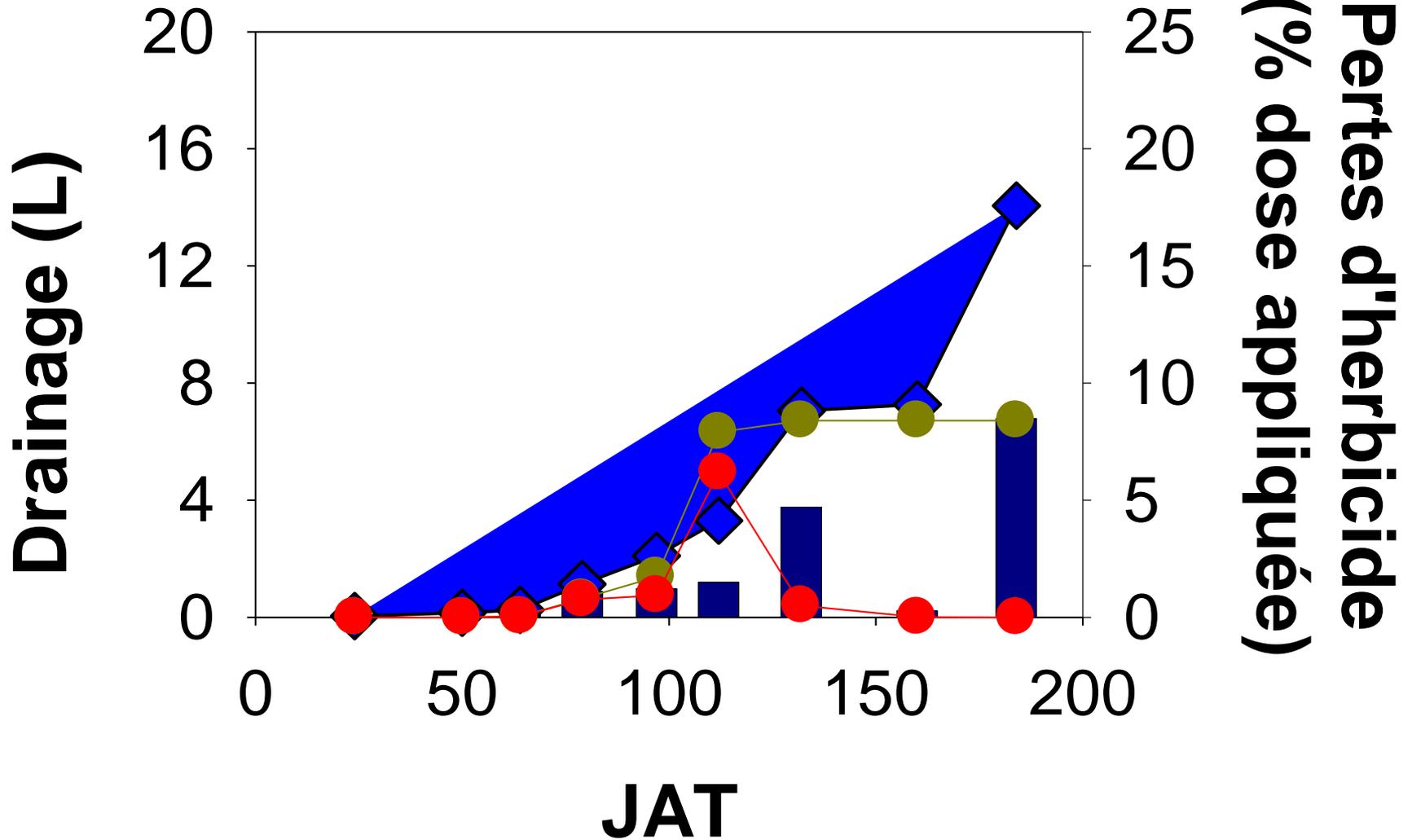


Sol nu



Sol + résidus de CIMS

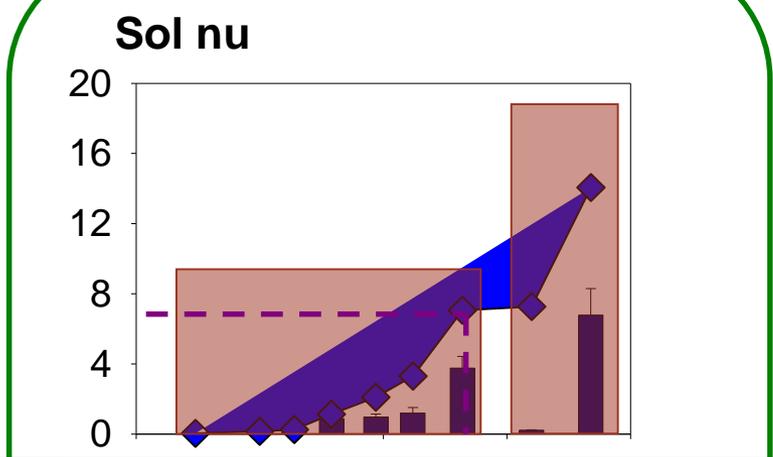
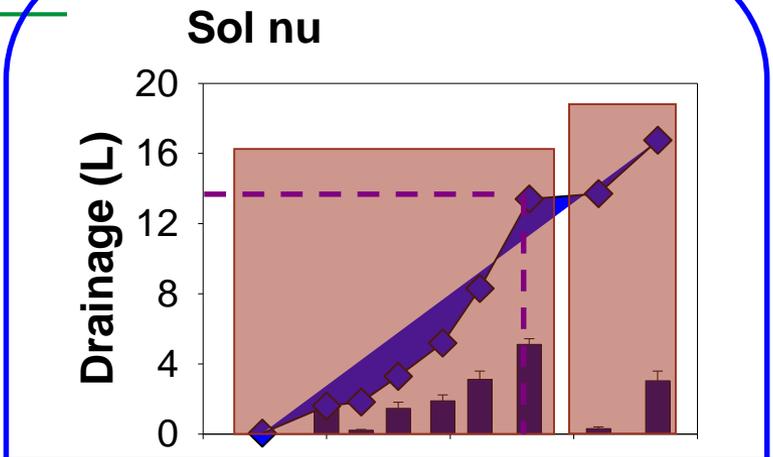
Deux mots sur les effets de pratiques agricole sur le devenir des pesticides...



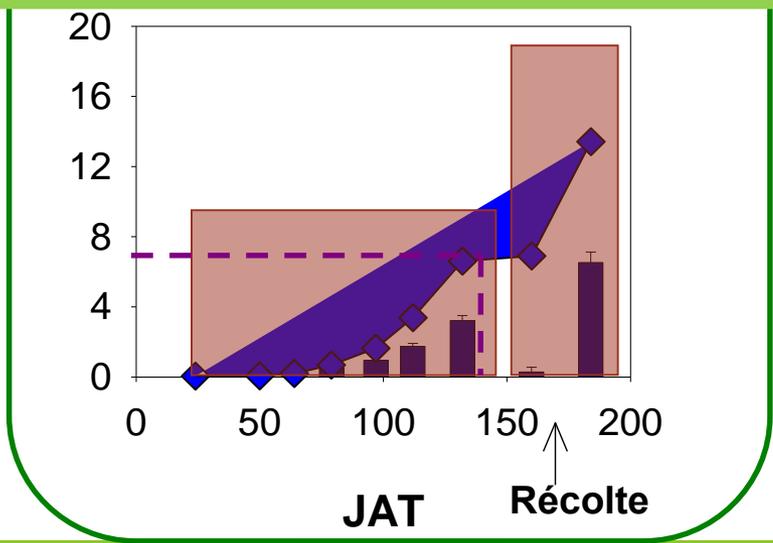
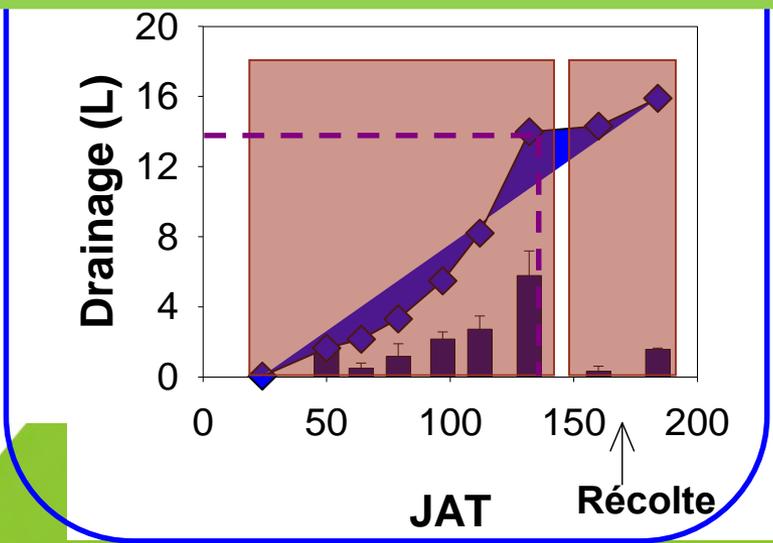


Technique conventionnelle

Technique de conservation

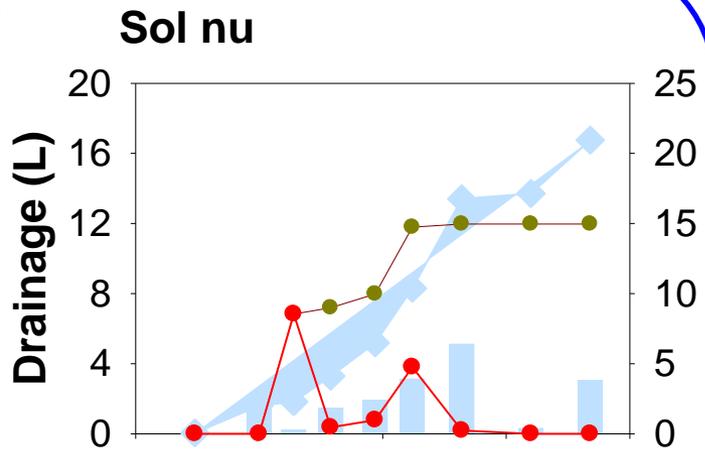


→ Importance du **décalage** entre travail du sol et évènement drainant
→ Travail du sol = **accroissement** (temporaire) des capacités d'infiltration

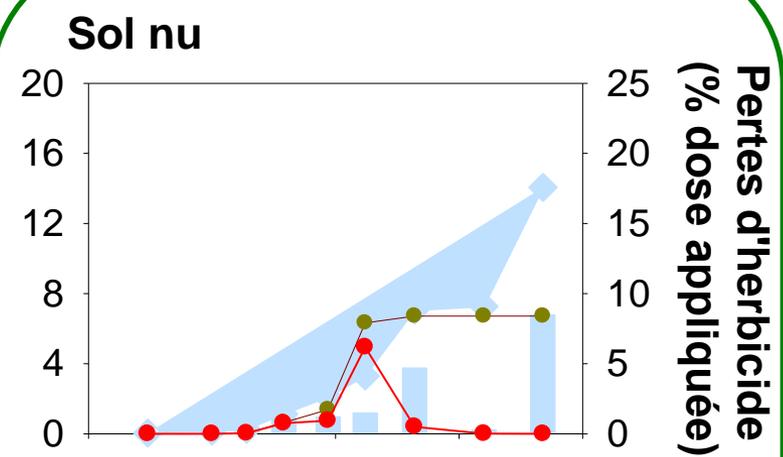




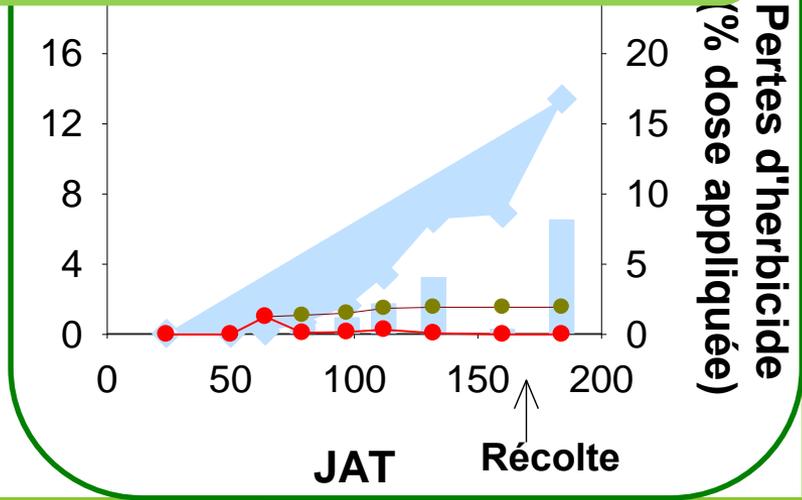
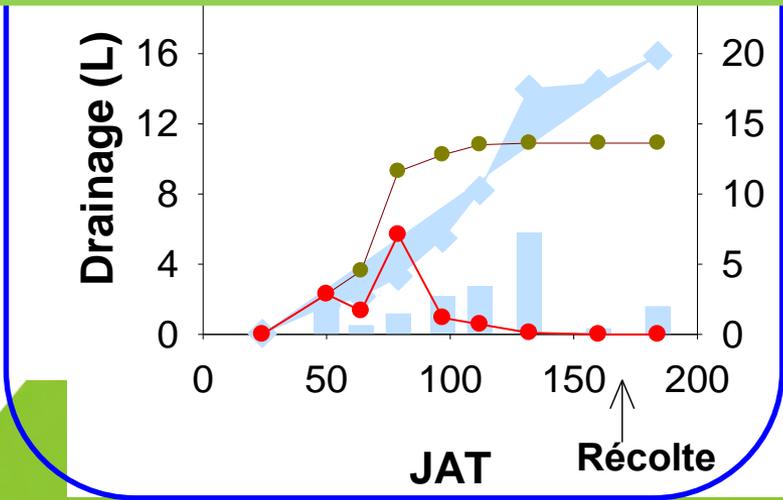
Technique conventionnelle



Technique de conservation



Pertes cumulées :
14 - 15 % en technique conventionnelle
2 - 8 % en technique de conservation



Deux mots sur les effets de pratiques agricole sur le devenir des pesticides...



Table 7

Fitted parameters of the logistic model used to describe cumulated herbicide loss under each cropping system with a the cumulated herbicide loss in the cropping system at the end of the monitoring (expressed in % of applied herbicide), x_0 (in DAT) the time at which the cumulated herbicide losses reach half the cumulated herbicide loss at the end of the monitoring, and b a shape coefficient.

YEAR	TILL	FM	x_0	a		b	r^2
2005	CT	BS	62.4 ± 13.5	15.3 ± 19.2	Effet CIMS & Travail du sol	6.7 ± 4.9	0.95
	CT	CC	56.5 ± 4.2	13.6 ± 10.1		9.5 ± 4.9	0.98
	MT	BS	73.7 ± 17.8	8.4 ± 9.6		19.6 ± 4.7	0.99
	MT	CC	55.1 ± 13.5	1.9 ± 2.1		6.2 ± 3.3	0.99
2006	CT	BS	84.4 ± 5.7	32.4 ± 14.9	Effet CIMS	4.8 ± 0.3	0.98
	CT	CC	83.4 ± 4.1	6.4 ± 2.1		5.3 ± 0.4	0.99
	MT	BS	75.4 ± 5.2	25.8 ± 6.8		5.8 ± 0.9	0.99
	MT	CC	57.9 ± 5.6	14.1 ± 0.9		5.7 ± 3.5	0.98
2007	CT	BS	29.3 ± 2.4	19.7 ± 2.6	Aucun effet	3.5 ± 0.1	0.97
	CT	CC	30.8 ± 5.6	18.3 ± 1.5		2.3 ± 0.2	0.99
	MT	BS	26.3 ± 0.6	11.2 ± 1.4		5.2 ± 0.9	0.98
	MT	CC	27.8 ± 3.5	13.0 ± 1.9		4.1 ± 3.5	0.98
2008	CT	BS	39.1 ± 2.0	11.3 ± 2.0	Effet CIMS & Travail du sol	4.6 ± 0.1	0.99
	CT	CC	46.7 ± 8.7	4.2 ± 0.4		4.7 ± 0.4	0.99
	MT	BS	36.4 ± 1.8	5.9 ± 0.7		4.2 ± 0.5	0.98
	MT	CC	41.7 ± 3.8	1.9 ± 0.6		5.4 ± 0.0	0.98

Deux mots sur les effets de pratiques agricole sur le devenir des pesticides...

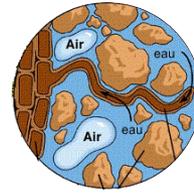


Année / Pratiques Agricoles	Travail du sol	Culture Intermédiaire
2005	++ en Non-labour	++ avec CI
2006	Pas d'effet	++ avec CI
2007	Pas d'effet	Pas d'effet
2008	++ en Non-labour	++ avec CI

Des réponses à venir....

➔ BAG'AGES (2016-2020)

► Caractérisation de propriétés des sols



Rétention d'eau

➔ Stockage d'eau
➔ Hystérèse (Abbasi et al., 2012)

Infiltration



Ruissellement



Activités biologiques

**AGRICULTURES
& TERRITOIRES**
CHAMBRE D'AGRICULTURE
OCCITANIE

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

groupe coopératif
MAÏSADOUR

**UNIVERSITÉ
TOULOUSE III
PAUL SABATIER** 
Laboratoire de Recherche en Sciences Végétales

UMR **System**
Fonctionnement et conduite des systèmes
de culture tropicaux et méditerranéens

 **AGROFORESTERIE**
association française

CREAB
ARVALIS
Institut du végétal

 **INRA**
SCIENCE & IMPACT

 **AGIR**
UMR 1248 INRA / INPT

EcoSys

 **CESBIO**

► Synthèse



Actions possibles sur le Réservoir Utilisable (et plus globalement sur le fonctionnement hydrique des sols) par des pratiques agricoles (car chaque mm compte !) mais...

→ les effets des pratiques « innovantes » encore peu évalués (nécessité d'**évaluations multicritères**...)

→ pas une « solution miracle » : à évaluer en dynamique (concomitance du remplissage / usage ; évaluation des niveaux de remplissage ; effet du CC ...)

→ Maintenir une **approche diversifiée** et **contextualisée** des « solutions » en raisonnant des **combinaisons de leviers (à effet partiel)** pour améliorer la gestion et l'efficacité de l'eau en agriculture

► Synthèse



Sur les transferts de pesticides :

→ Pas de conclusions très claires... et surtout des dynamiques temporelle et spatiale très fortes (nécessité de développer des outils d'évaluation : **ex. modèles distribués...**)

→ Les CIMS (cultures intermédiaires multiservices) semblent des outils prometteurs : interactions avec (non) travail du sol à creuser

→ **L'ABC représente une voie prometteuse techniquement complexe et nécessitant un travail collectif et une volonté de partage des expériences (réussites et échecs)**

Merci de votre attention.



Action pilotée par le ministère chargé de l'agriculture et le ministère chargé l'environnement, avec l'appui financier de l'Agence Française pour la Biodiversité, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto

ÉCOPHYTO
RÉDUIRE ET AMÉLIORER
L'UTILISATION DES PHYTOS



MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE
L'ALIMENTATION



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE

**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**
MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT

Contact : lionel.alletto@occitanie.chambagri.fr