



Diagnostic du fonctionnement du sol préalable à la mise en œuvre d'une agriculture de conservation

Lionel Alletto

Chambre régionale d'agriculture Occitanie

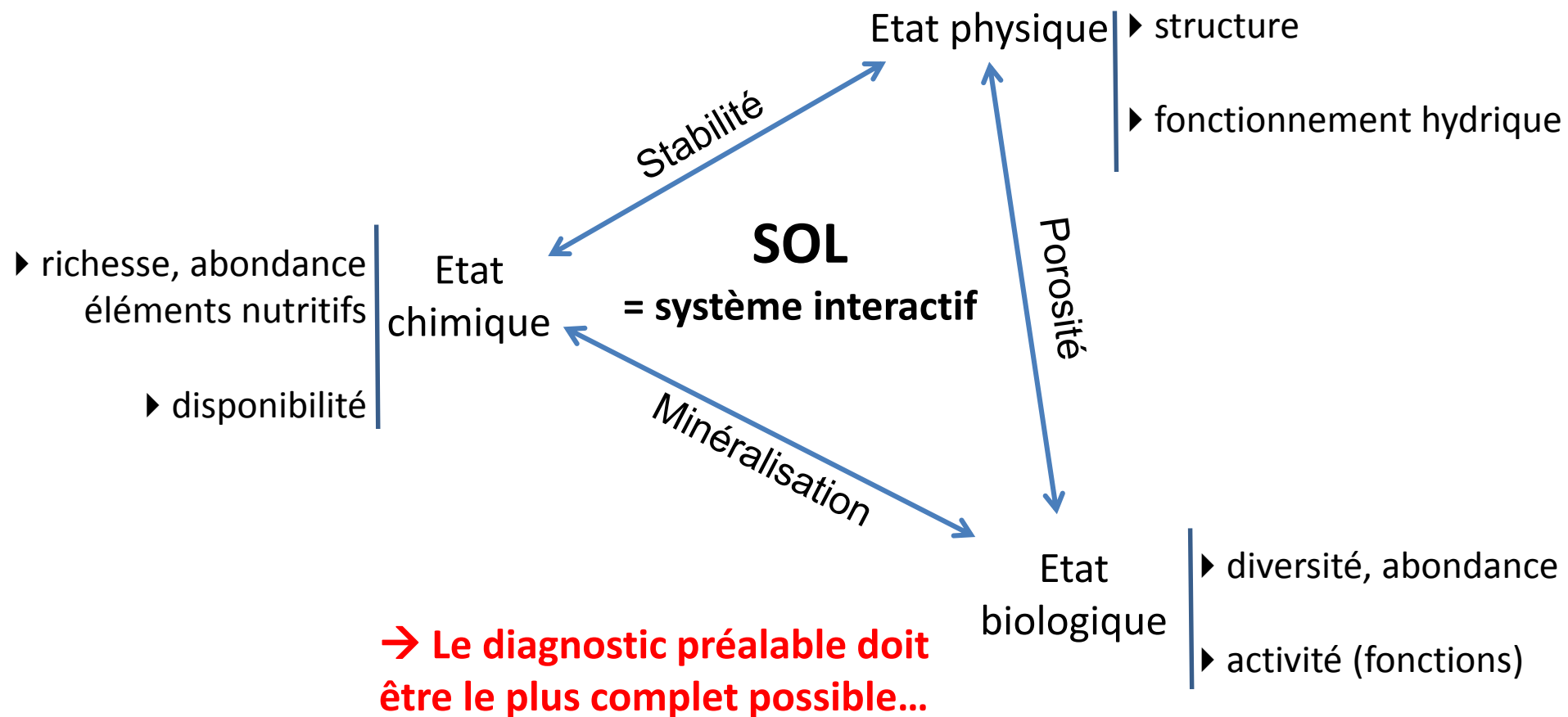
Chercheur INRAE UMR Agroécologie, Innovations, Territoires

lionel.alletto@occitanie.chambagri.fr

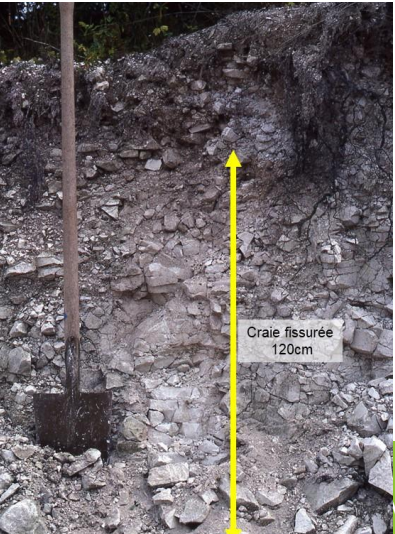
 @LionelAlletto



Le sol : un système en interaction entre composantes physiques, chimiques et biologiques



Les sols : une grande diversité mais des principes communs de fonctionnement



Quelles étapes pour faire évoluer le fonctionnement de son sol ?



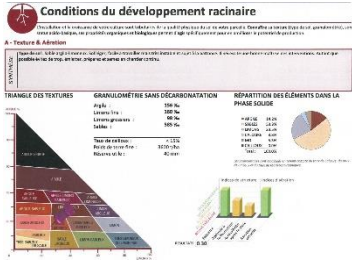
▶ **Définir ses objectifs** : *pourquoi je souhaite modifier mes systèmes de culture ?*

▶ **Caractériser l'état initial de son/ses sol/s** : *quel est le potentiel actuel du milieu ? Est-ce que des problèmes de fonctionnement sont identifiés ?*

▶ **Construire son programme d'actions** : *priorisation des leviers, définition des règles de décision, planification d'un suivi de l'évolution du fonctionnement du sol*

(accompagnement individuel et/ou collectif)

Le diagnostic préalable : quelques outils mobilisables...

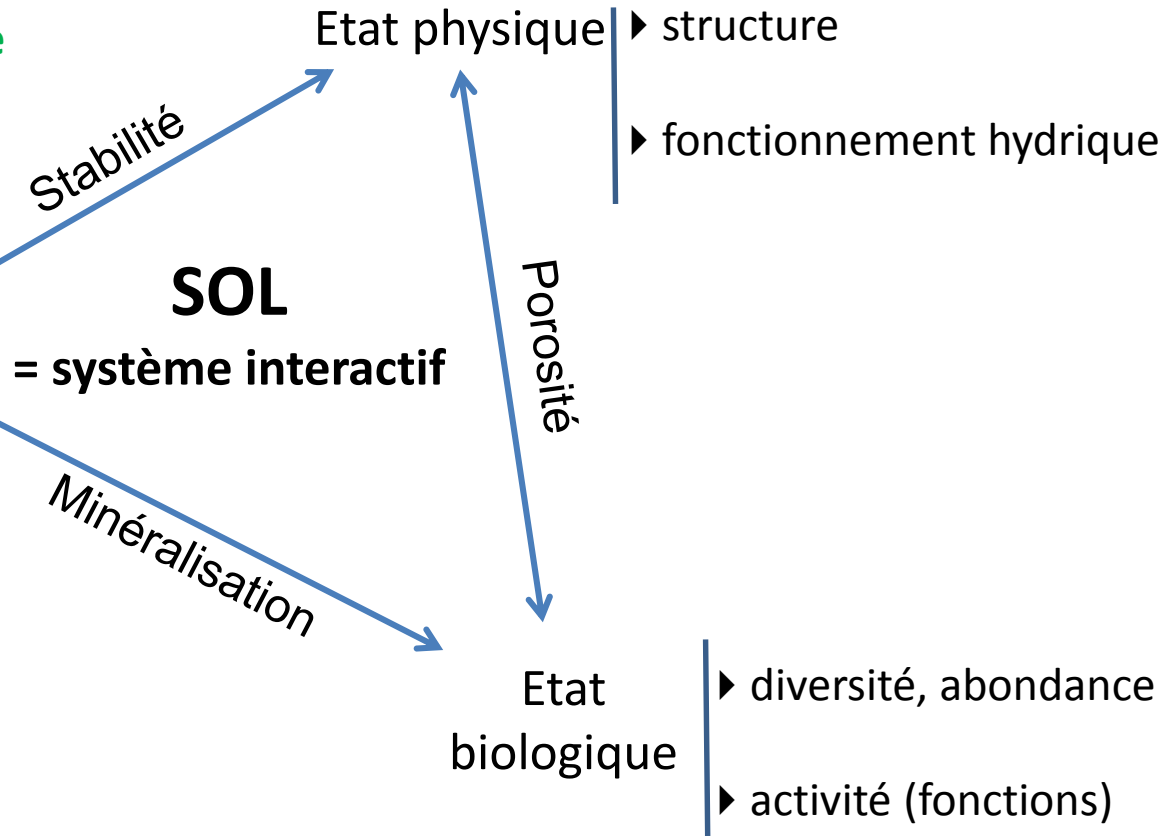


Analyse de terre

▶ richesse, abondance éléments nutritifs

▶ disponibilité

Etat chimique



L'analyse de terre : souvent le 1^{er} réflexe à avoir pour mieux connaître son sol



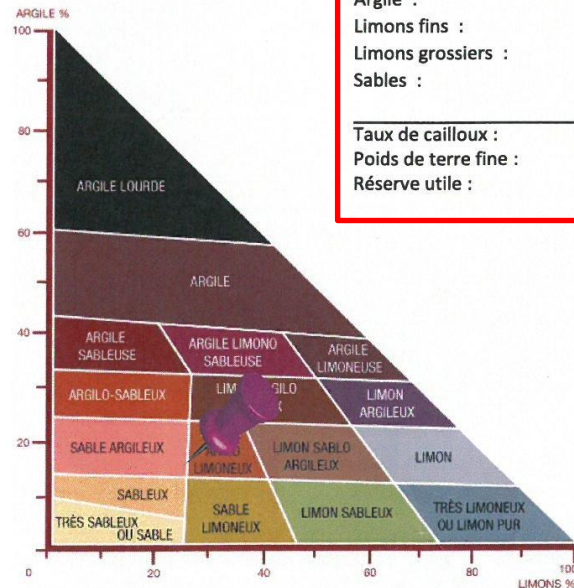
Conditions du développement racinaire

L'installation et la croissance de votre culture sont tributaires de la qualité physique du sol de votre parcelle. **Connaitre** sa texture (type de sol, granulométrie), son statut acido-basique, ses propriétés organiques et biologiques permet d'**agir** spécifiquement pour en améliorer le potentiel de production.

A - Texture & Aération

SYNTHÈSE
Type de sol : Sable argilo-limoneux. Sol léger, facile à travailler mais très instable et sujet à la battance. Il nécessite une bonne maîtrise des possible évitez de trop, émietter, préparez et semez en chantier continu.

TRIANGLE DES TEXTURES



GRANULOMÉTRIE SANS DÉCARBONATATION

Argile :	156 %
Limons fins :	160 %
Limons grossiers :	98 %
Sables :	585 %
<hr/>	
Taux de cailloux :	< 15%
Poids de terre fine :	3600 t/ha
Réserve utile :	40 mm

RÉPARTITION DES É PHASE SOLIDE

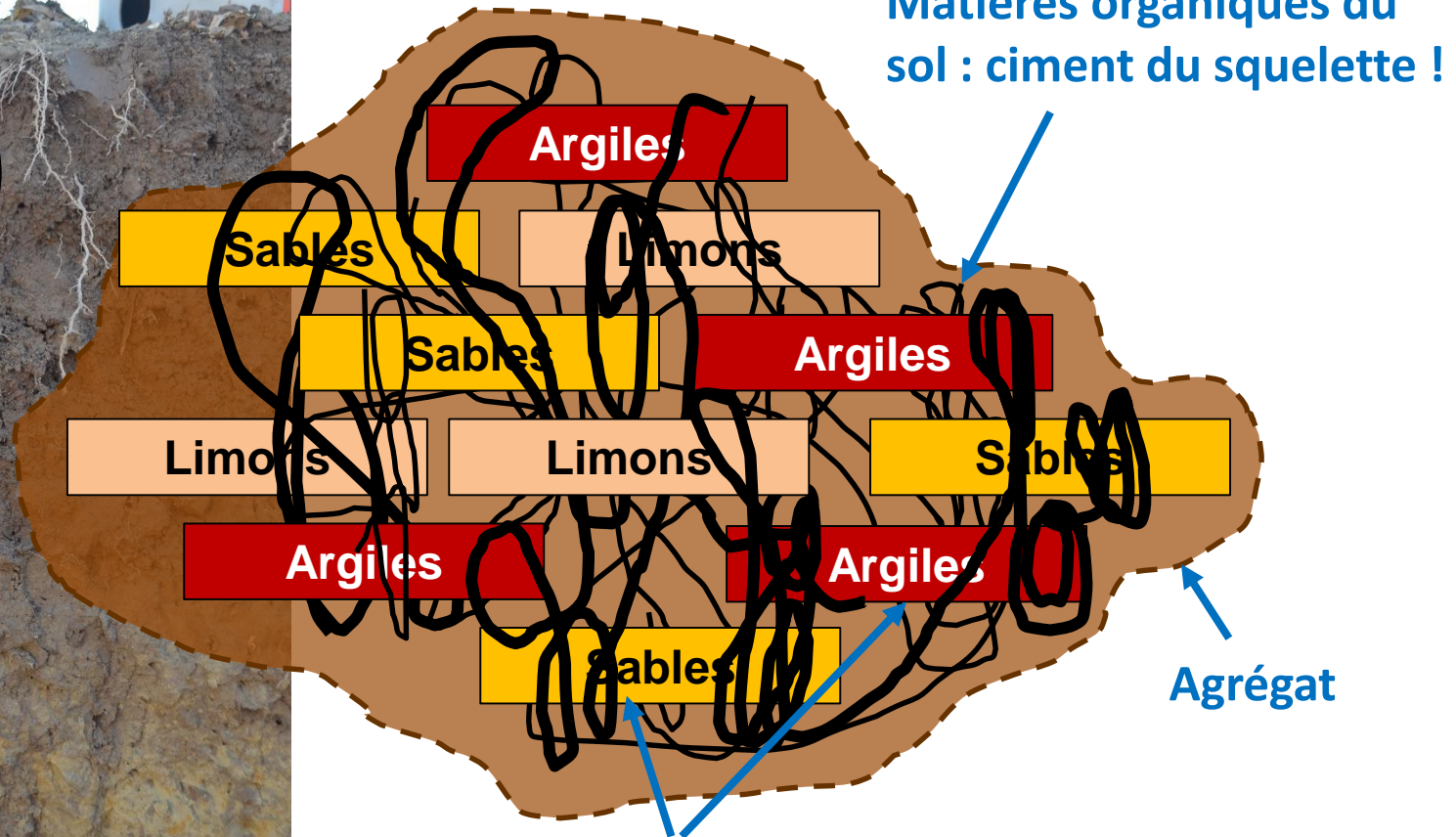
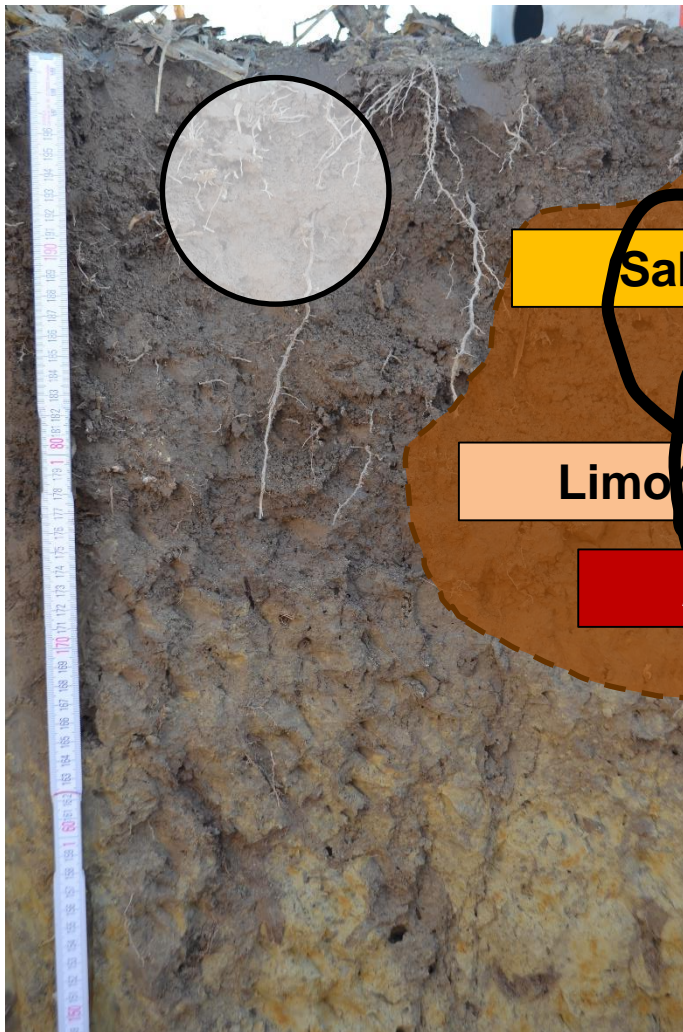
■ ARGILE	14.2%
■ SABLES	53.3%
■ LIMONS	23.5%
■ CALCAIRE	3.8%
■ MO	5.3%
■ CAILLOUX	0.0%
Total :	100.0%



Les pourcentages sont recalculés en tenant compte du taux de Calcaire, du taux de Cailloux et du taux de Matières Organiques.

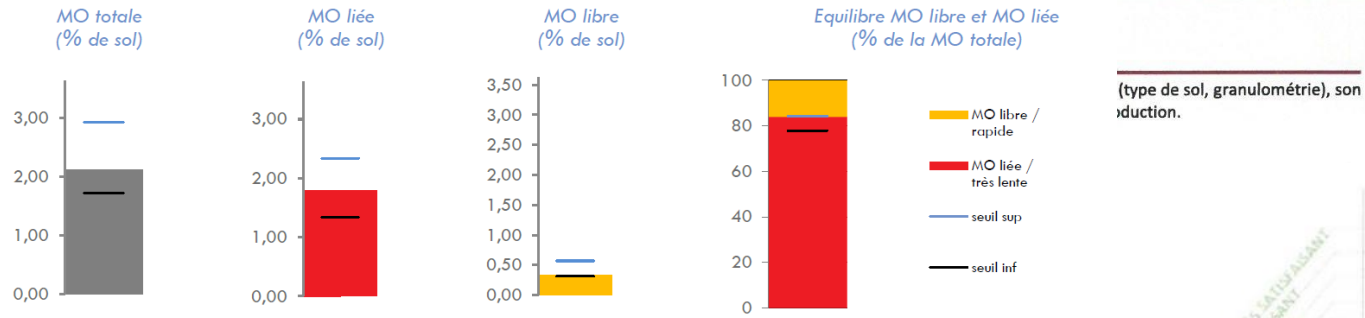
- ▶ texture du sol : composition granulométrique
- ▶ Teneur en carbone organique (MOS : matières organiques du sol)

L'analyse de terre : souvent le 1^{er} réflexe à avoir pour mieux connaître son sol

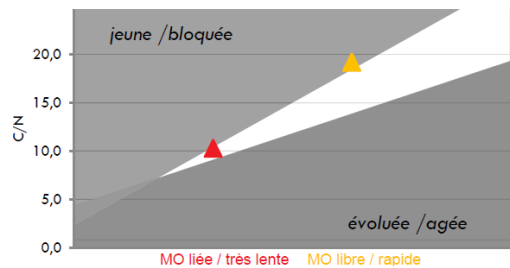


Fraction minérale :
réactivité sables < Limons << Argiles

L'analyse de terre : souvent le 1^{er} réflexe à avoir pour mieux connaître son sol



Etat d'humification des différentes fractions de MO

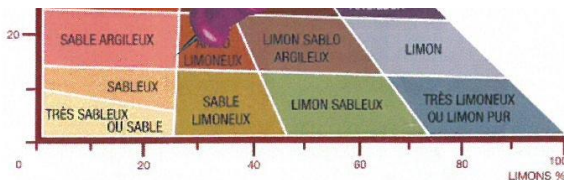


	teneur en % de sol	teneur en % de MO	azote (g/kg)	C/N
MO totale	2,1		1,11	11,1
MO liée	1,8	84	1,01	10,3
MO libre	0,3	16	0,10	19,2



tenant compte du taux de Calcaire, du taux organiques.

► Fractionnement des MOS : équilibre entre MO libres et MO liées



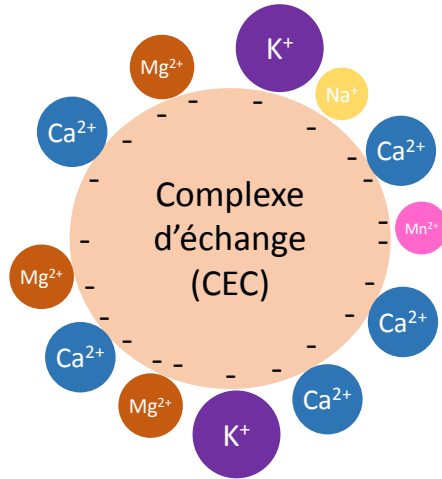
► Teneur en carbone organique (MOS : matières organiques du sol)

► Complexe d'échanges (CEC)

L'analyse de terre : souvent le 1^{er} réflexe à avoir pour mieux connaître son sol

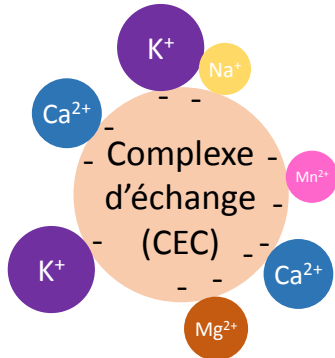


CEC : 200 meq/kg sol (assez élevée)



Taux de saturation de la CEC : 100 %

CEC : 75 meq/kg sol (faible)

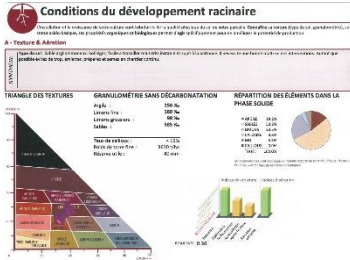


- ▶ Forte variabilité de la CEC selon sols, pratiques agricoles
- ▶ Suivi des teneurs en éléments nutritifs sur le complexe d'échange (taux de saturation) (indicateur simple : pH du sol)

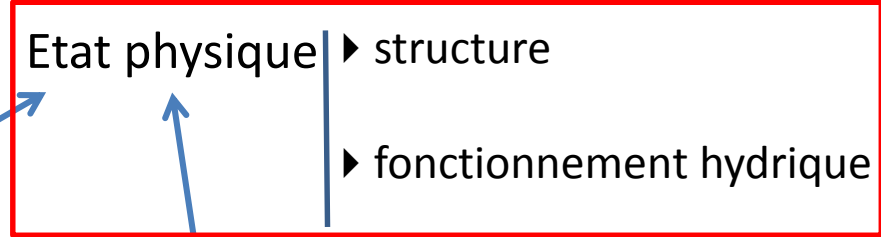
Le diagnostic préalable : quelques outils mobilisables...



Test Bêche - Profil cultural



Analyse de terre



Stabilité

SOL

= système interactif

Porosité

Etat chimique

- ▶ richesse, abondance éléments nutritifs
- ▶ disponibilité

Minéralisation

Etat biologique

- ▶ diversité, abondance
- ▶ activité (fonctions)

L'observation du sol : étape indispensable pour en comprendre le fonctionnement !



► Plusieurs méthodes d'observation :

Tests Bêche :



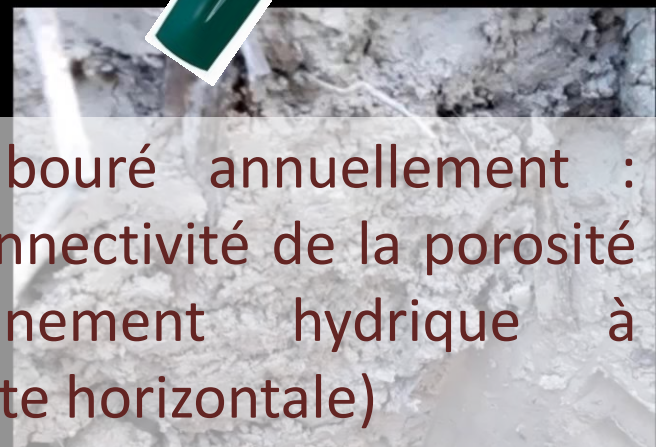
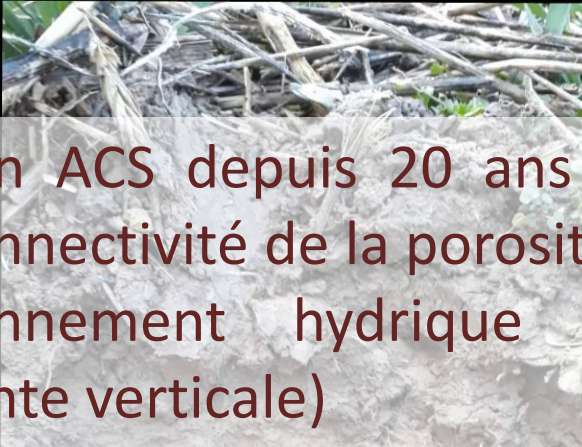
- Très peu coûteux
- Répétition assez simple dans une parcelle
- Prise en main 'assez rapide'
- Très bon outil d'animation
- Observation à la fois physique et biologique
- Possibilité de donner un score (cf VESS)
- Sensibilité à la teneur en eau du sol -> nécessite un sol bien ressuyé
- Limité à l'horizon de surface
- Difficulté à établir les liens entre les états structuraux observés et leur origine
- Difficile à mettre en œuvre sur les sols caillouteux

L'observation du sol : étape indispensable pour en comprendre le fonctionnement !



► Sol en ACS depuis 20 ans : forte connectivité de la porosité (fonctionnement hydrique à dominante verticale)

► Sol labouré annuellement : faible connectivité de la porosité (fonctionnement hydrique à dominante horizontale)



L'observation du sol : étape indispensable pour en comprendre le fonctionnement !



L'observation du sol : étape indispensable pour en comprendre le fonctionnement !



Qualité de la structure	Taille et apparence des agrégats	Porosité visible (œil nu) et racines	Apparence après rupture du bloc	Caractéristique distinctive	Apparence et description d'un agrégat entier ou réduit d'environ 1,5 cm de diamètre
Score 1 Friable Agrégats qui s'effritent facilement avec les doigts	Principalement < 6 mm après effritement	Très poreux Racines très présentes au travers des agrégats			1 cm L'action de rupture du bloc est suffisante pour mettre en évidence les agrégats. Les gros agrégats sont formés de plus petits tenus par les racines
Score 2 Intacte Agrégats facilement à briser à une main	Un mélange d'agrégats poreux et arrondis de 2 mm à 7 cm Pas de mottes	La plupart des agrégats sont poreux Racines très présentes au travers des agrégats			1 cm Les agrégats obtenus sont arrondis, très fragiles, s'émiettent très facilement et sont très poreux.
Score 3 Ferme La plupart des agrégats se brisent à une main	Un mélange d'agrégats poreux de 2mm à 10 cm ; moins de 30% sont <1 cm. Certains agrégats angulaires non poreux (mottes) peuvent être présents.	Présence de macropores et de fissures. Porosité et racines visibles dans les agrégats.			1 cm Les fragments d'agrégats sont assez faciles à obtenir. Ils ont peu de pores visibles et sont arrondis. Les racines poussent généralement à travers les agrégats.
Score 4 Compacte Nécessite un effort important pour briser les agrégats à une main	Généralement grands > 10 cm et sub-angulaire, non poreux ; moins de 30% sont < 7 cm	Peu de macropores et de fissures Toutes les racines sont regroupées dans des macropores et autour des agrégats.			1 cm Les fragments d'agrégats sont faciles à obtenir lorsque le sol est mouillé, sous forme de cube aux arêtes très vives et présentant des fissures à l'intérieur.
Score 5 Très compacte Difficile à briser	Principalement larges > 10 cm, très peu < 7 cm, angulaire et non poreux	Très faible porosité. Des macropores peuvent être présents. Peut contenir des zones anaérobies. Peu de racines, et s'il y en a, limitées aux fissures			1 cm Les fragments d'agrégats sont faciles à obtenir lorsque le sol est humide, bien qu'une force importante puisse être nécessaire. Aucun pores ou fissures ne sont généralement visibles

L'observation du sol : étape indispensable pour en comprendre le fonctionnement !



► Plusieurs méthodes d'observation :

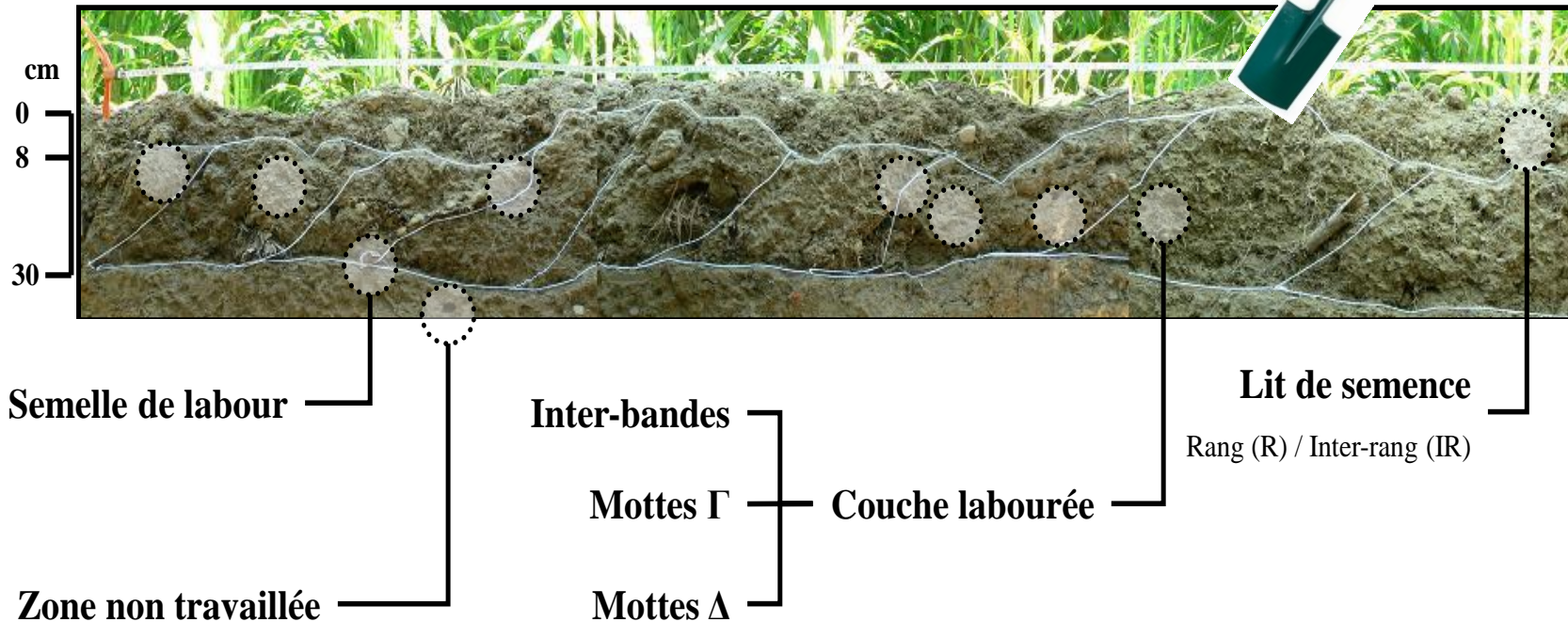
Profil cultural :

(Gautronneau et Manichon, 1987)



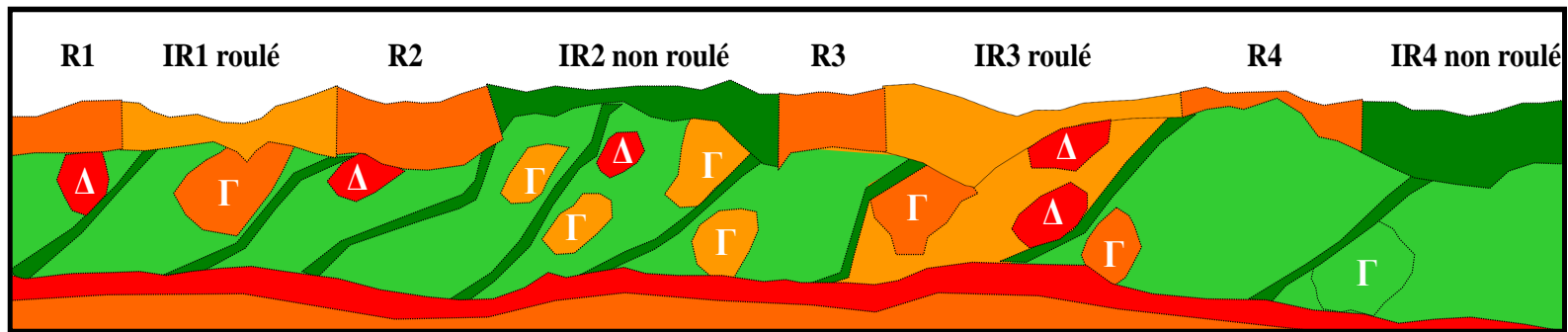
- Diagnostic performant des problèmes (ou absence) de propriétés physiques
- Très bon outil d'animation
- Observation à la fois physique et biologique
- Evaluation de la prospection racinaire (=> RU)
- Lourd à mettre en œuvre
- Nécessite un apprentissage pour une description efficace
- Faible exploration de la variabilité sur une parcelle

L'observation du sol : étape indispensable pour en comprendre le fonctionnement !

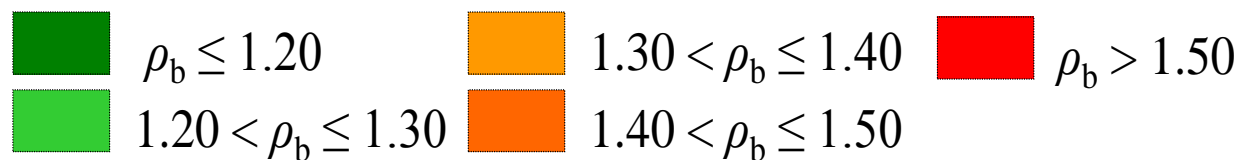


- Sol labouré annuellement en monoculture de maïs, sol nu en période d'interculture

L'observation du sol : étape indispensable pour en comprendre le fonctionnement !



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



L'observation du sol : étape indispensable pour en comprendre le fonctionnement !



Zone non travaillée

Zone de type Γ (Γ_{like})

Zone de type Δ (Δ_{like})

**Galeries de vers –
Fissures verticales**

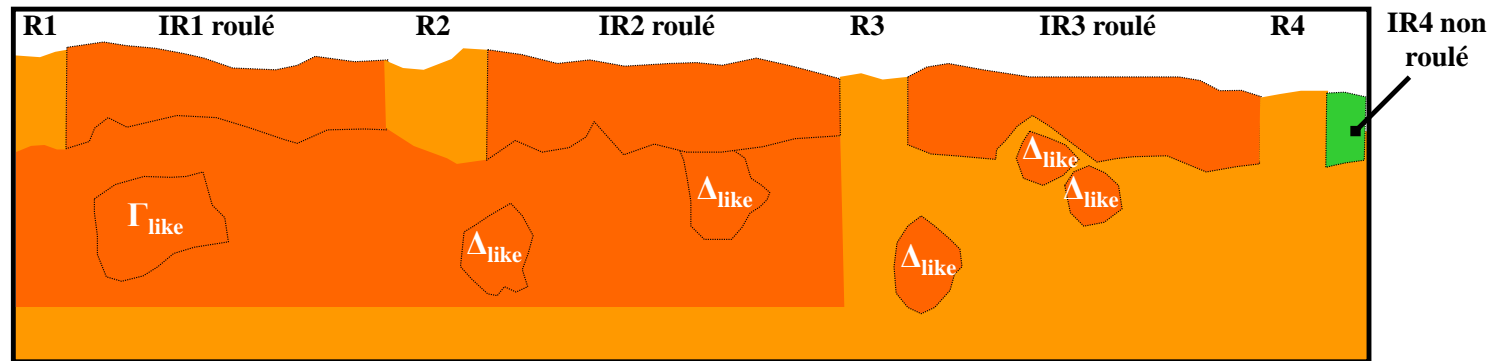
**Ancienne couche
labourée**

Lit de semence

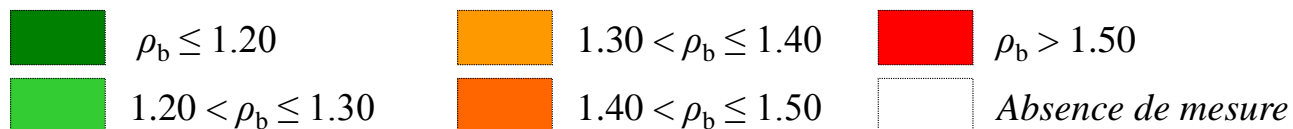
Rang (R) / Inter-rang (IR)

► Sol en travail superficiel (8 cm) depuis 5 années, en monoculture de maïs, sol couvert en période d'interculture

L'observation du sol : étape indispensable pour en comprendre le fonctionnement !



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



L'observation du sol : étape indispensable pour en comprendre le fonctionnement !



- ▶ Densité apparente souvent plus élevée mais conductivité hydraulique souvent améliorée, sans rupture de continuité hydraulique
 - ▶ **La densité apparente n'est pas un indicateur satisfaisant des propriétés physiques pour les systèmes en #ACS**

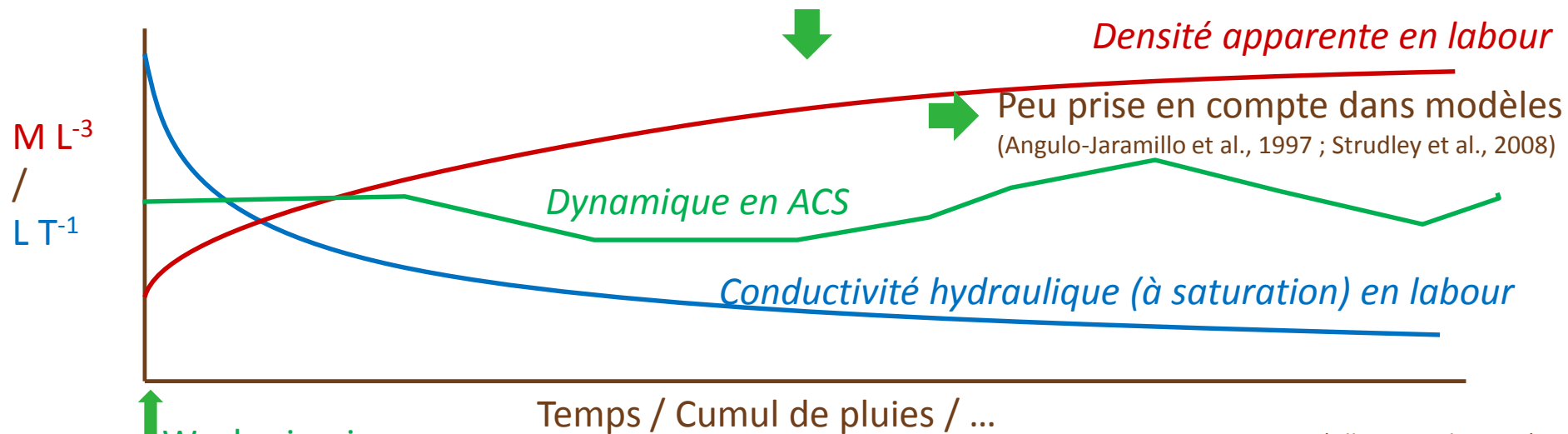


L'observation du sol : étape indispensable pour en comprendre le fonctionnement !

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



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



(Alletto et al., 2015)



Technique conventionnelle



19 juillet 2005
270 mm de pluie

Technique de conservation

L'observation du sol : étape indispensable pour en comprendre le fonctionnement !



► Plusieurs méthodes d'observation :

Autre test simple : le test de résistance à l'eau des agrégats (ou slake test)



► Stabilité liée à la teneur en carbone organique

► sur des sols initialement pauvres :

→ Augmentation des teneurs en C de 60 à 75 % en surface

→ Stock global de C accru sur 0-60 cm (maximum +30 %)

► sur sol

→ Pas

► C

→

→

→

→

→

→

→

Levier n°1 :
les couverts
végétaux !

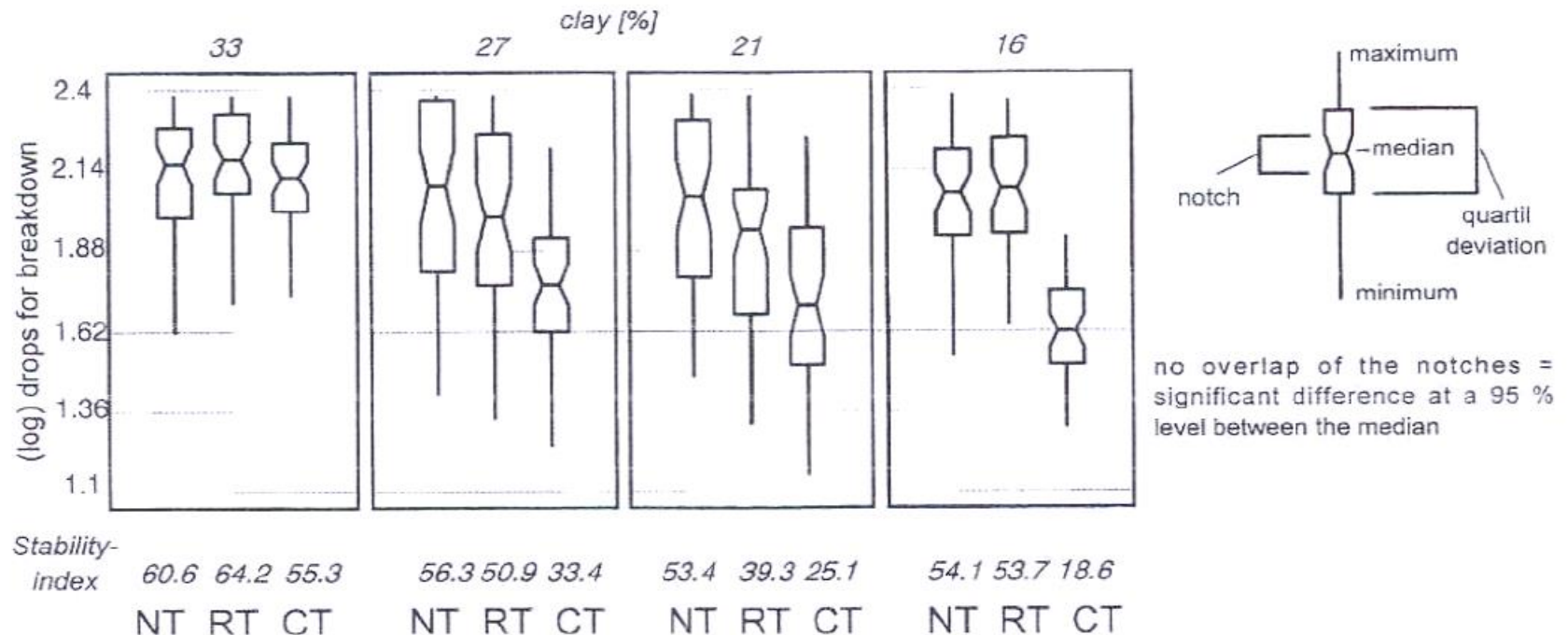


Dpt	Site	t C / ha
32	ACS	≈ 70
	Labour	≈ 50
64	ACS	≈ 116
	Labour	≈ 113
81	ACS	≈ 65
	Labour	≈ 65

L'observation du sol : étape indispensable pour en comprendre le fonctionnement !



► **la stabilité des agrégats dépend des types de sol** : si sols très argileux, le raisonnement du travail du sol doit être accompagné d'une réflexion sur les autres leviers (couverture du sol notamment)

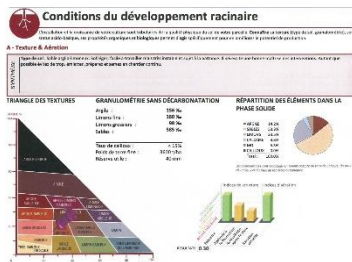


(Gross, 1996)

Le diagnostic préalable : quelques outils mobilisables...



Test Bêche - Profil cultural



Analyse de terre

Etat physique

- ▶ structure
- ▶ fonctionnement hydrique

Stabilité

SOL

= système interactif

Porosité

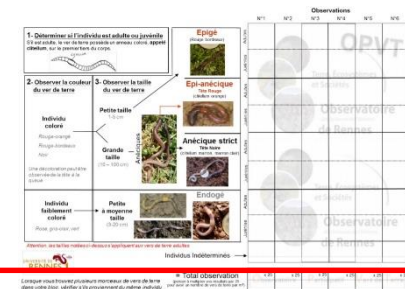
Etat chimique

- ▶ richesse, abondance éléments nutritifs
- ▶ disponibilité

Minéralisation

Etat biologique

- ▶ diversité, abondance
- ▶ activité (fonctions)



Activité biologique des sols : quelques outils simples pour suivre son évolution...



► Prélèvement de vers de terre : protocole OPVT

- Peu coûteux
- Très pédagogique : peut être réalisé directement avec des groupes au champ
- Possibilité de participer à une démarche nationale = permet de comparer les valeurs obtenues, d'échanger sur les pratiques améliorantes

Observations

	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
JANVIER						
FÉVRIER						
MARS						
AVRIL						
MAI						
JUIN						
Total observation	x 25	x 25	x 25	x 25	x 25	x 25

Université de Rennes

Abandonnez les tables ci-dessous et appliquez-les aux vers de terre adultes.

Individus Indéterminés →

* Total observation (multiplier vos résultats par 25 pour avoir le nombre de vers de terre par m²)

Lorsque vous trouvez plusieurs morceaux de vers de terre dans votre bloc, vérifiez s'ils proviennent du même individu avant de les compter.

- Nécessite de se former à l'identification des vers de terre (pas toujours simple)
- Assez lourd à mettre en œuvre sur le terrain : manipulation de blocs de terre assez lourds, émiettement pas toujours simple

Activité biologique des sols : quelques outils simples pour suivre son évolution...



► Outils illustrant l'activité biologique (principalement microflore) des sols



Litter bag, Tea Bag, LEVABag©

- Peu coûteux ; Simple à mettre en place sur le terrain
- Comparaison de parcelles ou suivi évolution en lien avec des modifications de pratiques
- Assez pédagogique
- Interprétation parfois complexe : caractériser les conditions du test (systèmes de culture, conditions du sol à l'enfouissement, ...)
- Parfois laborieuse au champ (décoller les particules de sol des sachets)

Populaire : le test du Slip

- Très pédagogique
- Interprétation complexe (pas de mesures réelles : observation de décomposition)

Quelles étapes pour faire évoluer le fonctionnement de son sol ?



► **Définir ses objectifs** : *pourquoi je souhaite modifier mes systèmes de culture ?*

► **Caractériser l'état initial de son/ses sol/s** : *quel est le potentiel actuel du milieu ? Est-ce que des problèmes de fonctionnement sont identifiés ?*

► **Construire son programme d'actions** : *priorisation des leviers, définition des règles de décision, planification d'un suivi de l'évolution du fonctionnement du sol*

(accompagnement individuel et/ou collectif)

Quelles étapes pour faire évoluer le fonctionnement de son sol ?



► Implique le plus souvent de reconcevoir le système de culture

= les démarches participatives sont des outils pertinents pour inciter les acteurs (agriculteurs) à définir leurs objectifs et à mobiliser différents leviers

Quelles étapes pour faire évoluer le fonctionnement du sol ?



Travailler en
jouant !
= Serious Game

Reception de (prototypes de) SdC

(Papy, 2001 ; Nolot et Debaeke, 2003 ; Debaeke et al., 2009)

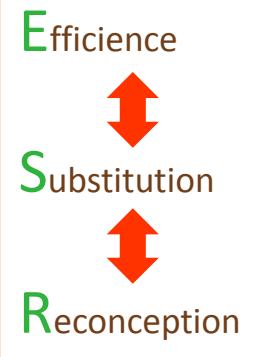
i Identification forces / faiblesses du SdC 'initial'

ii Définition & priorisation des objectifs affectés au SdC alternatif



iii Identification & articulation des leviers agronomiques

- ▶ Allongement des rotations
- ▶ Lutte alternative (faux semis, désherbage mixte)
- ▶ Localisation des intrants
- ▶ Localisation / Suppression du travail du sol
- ▶ Utilisation de cultures intermédiaires
- ▶ Optimisation des variétés
- ▶ Utilisation OAD



Attoumani-Ronceux et al., 2011

Quelles étapes pour faire évoluer le fonctionnement de son sol ?



► Atelier de Co-conception de (prototypes de) SdC

Ah oui effectivement les problèmes d'érosion que tu évoques sont importants !

Il faut couvrir au maximum tes sols !
Sol nu : sol foutu 😊

Ça me va!! On va construire un système avec des couverts aux moments où mes sols étaient nus jusqu'à présent !



Quelles étapes pour faire évoluer le fonctionnement de son sol ?



► Démarche de travail : **Co-conception de (prototypes de) SdC**

(Papy, 2001 ; Nolot et Debaeke, 2003 ; Debaeke et al., 2009)

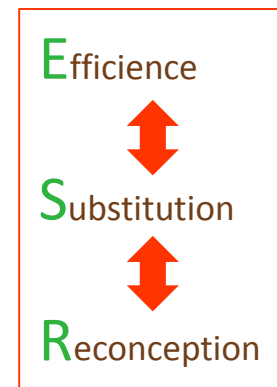
i Identification forces / faiblesses du SdC 'initial'

ii Définition & priorisation des objectifs affectés au SdC alternatif



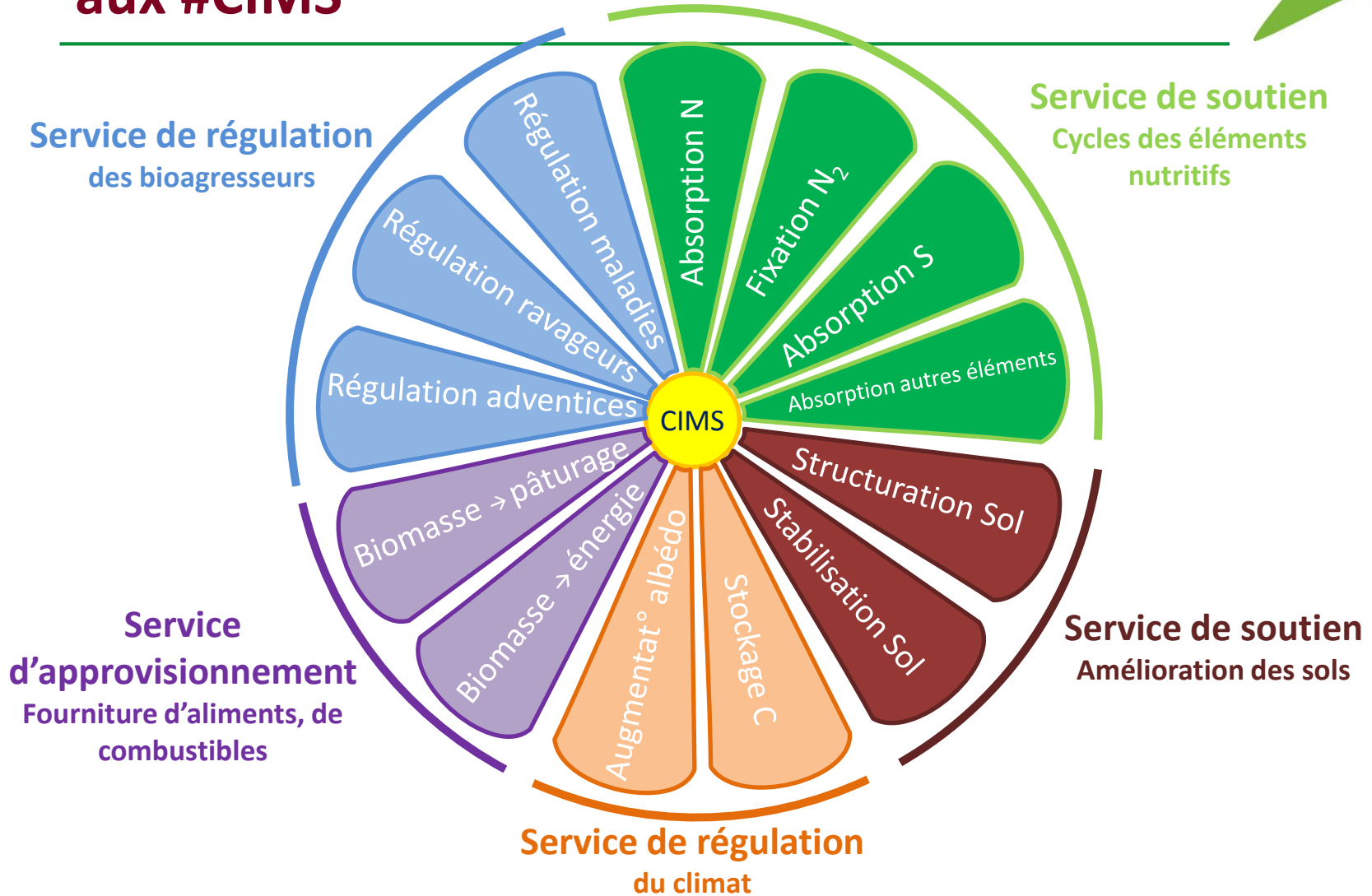
iii Identification & articulation des leviers agronomiques

iv Evaluation des performances du SdC : *observations/mesures/indicateurs*



Attoumani-Ronceux et al., 2011

Pour conclure : quelques fonctions et services liés aux #CIMS



Merci de votre attention

Contact : lionel.alletto@occitanie.chambagri.fr



@LionelAlletto