

3<sup>ème</sup> Journée Thématique Sol

# Préservation de la qualité physique des sols et présentation du SOERE-INRA

7 novembre 2017 – Estrées-Mons



Avec le soutien financier de :



Journée organisée par :



En collaboration avec :





# Fertilité physique des sols en grandes cultures et vignes en Alsace : du diagnostic à l'aide à la décision

Rémi KOLLER

Association pour la Relance Agronomique en Alsace

*Comprendre avec le profil cultural et mobiliser les leviers favorables !*

# La fertilité physique du sol interrogée dans nos travaux

- **Travaux mobilisant l'ARAA en relation avec la fertilité physique du sol**
  - Essais ARAA **travail du sol** et **systèmes de culture innovants** (grandes cultures en Alsace)
  - Réseau INRA systèmes de conduite de **vigne** innovants PEPSVI (vignoble alsacien)
  - Essais INRA et ONF de plantation en **parcelles forestières** difficiles ALTER et PILOTE (France)
- **Un questionnaire commun**
  - **Quel est l'état physique du sol résultant des techniques appliquées pour son entretien et des autres interventions réalisées sur les parcelles ?**
  - **Est il conforme aux objectifs d'état visés a priori ?**
    - Pour la culture (enracinement)
    - Pour la circulation de l'eau (infiltration VS ruissellement et érosion)
  - **Comment les atteindre ?**
- **Des techniques d'observation et d'évaluation**
  - **le profil cultural**
  - les relevés d'état de surface



# Mise au point d'une grille interprétative des observations



Exprimer un pronostic d'état vis-à-vis de l'enracinement à partir d'un jugement synthétique sur la porosité, dans chaque zone morphologique du profil

Etat interne des mottes → Structure	$\Gamma$	$\Phi$	$\Delta$	Zones gleyfiées
Fragmentaire	Favorable	Favorable		
SF = Soudée Facilement discernable	Très favorable	Assez favorable	selon taille des mottes	Très défavorable
SD = Soudée Difficilement discernable	Assez favorable	Peu favorable	Défavorable	Très défavorable
Massive		Défavorable	Très défavorable Extrêmement défavorable	Extrêmement défavorable

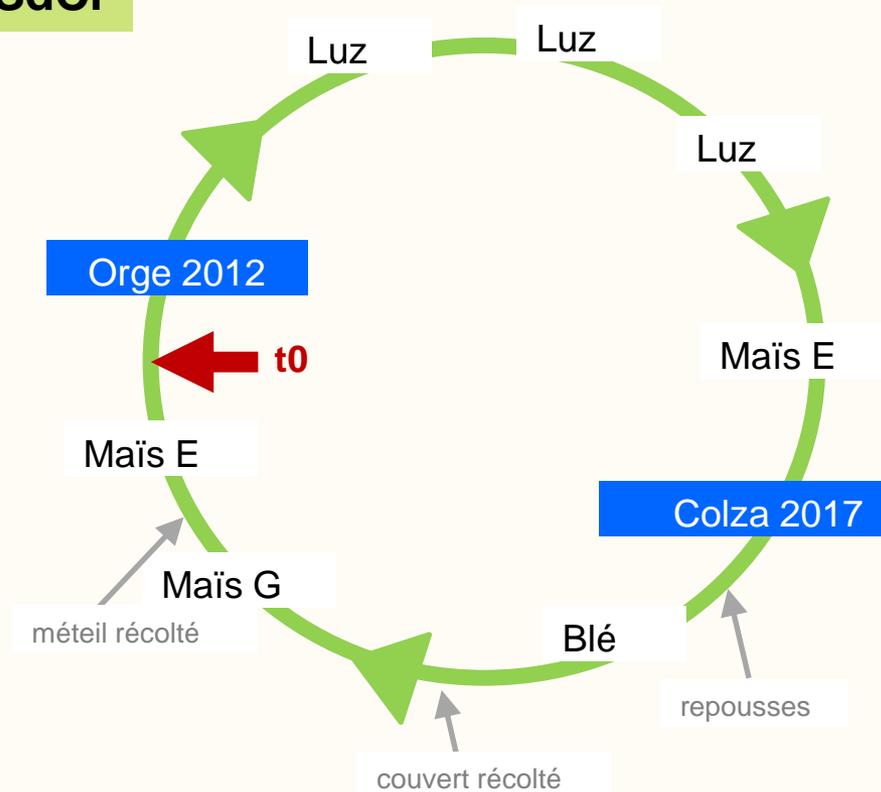
# Exemple en essai système de culture (essai ARAA)

Essai Kleingoeft (67), parcelle Langenacker, sol argilo-limoneux calcaire sur loess, conduite avec le système de culture innovant, en non-labour ...  
ARAA et partenaires



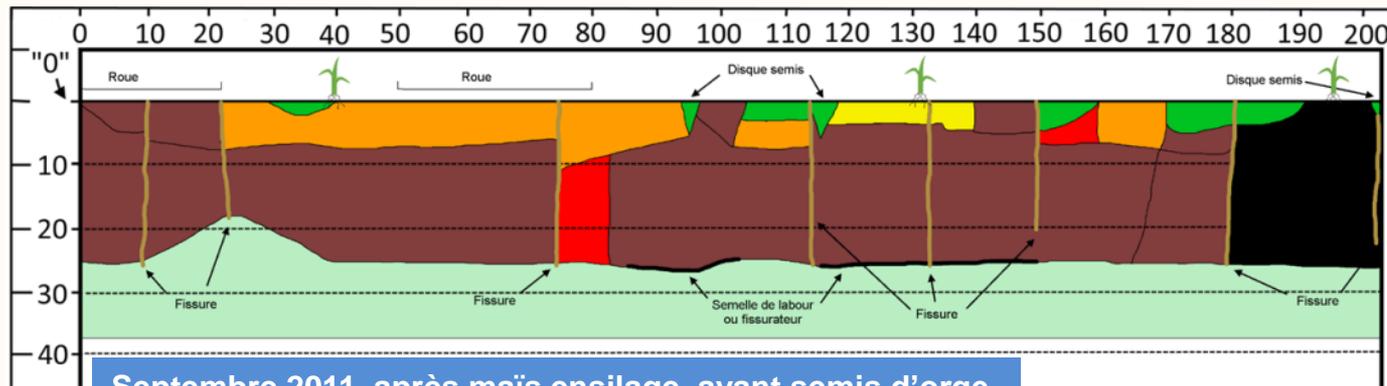
## Evaluation de l'atteinte des objectifs du SdCi

- Diminuer le coût de production de la ration, en conservant 10000 L/VL.
- Optimiser la rentabilité des cultures de vente sur la surface restante.
- Peu de pollution des eaux superficielles par les phytosanitaires.
- **Rendre la porosité du sol verticale (pour favoriser la circulation de l'eau et l'exploration racinaire)**
- Stocker du C dans le sol
- IFT < 50% IFT régional (DEPHYexpé)

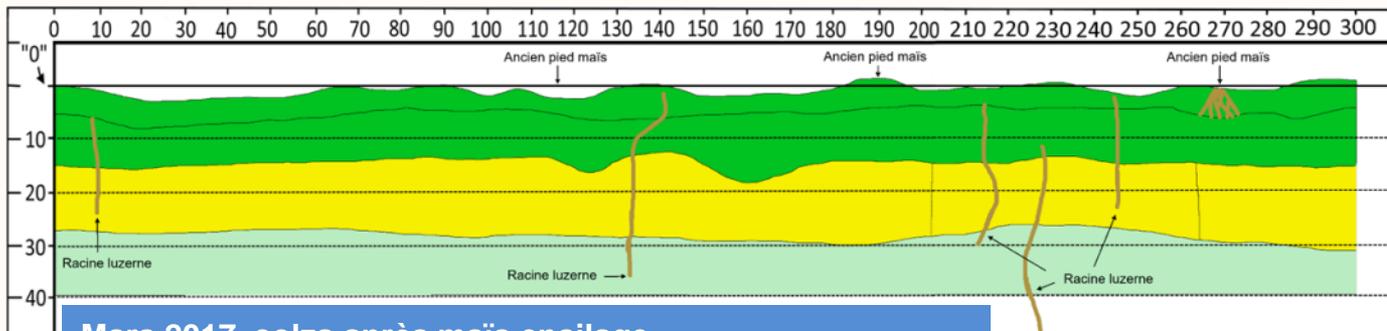


# Exemple en système de culture (essai ARAA)

Essai SdCi Kleingoeft (67), parcelle Langenacker, sol argilo-limoneux calcaire sur loess, conduite avec le système de culture innovant conduit en non labour ARAA et partenaires



Septembre 2011, après maïs ensilage, avant semis d'orge



Mars 2017, colza après maïs ensilage

# Exemple en système de conduite de vigne



Site PEPSVI Châteauneuf (67), avril 2015,  
Sol brun acide profond sur colluvium de grès vosgien.  
Vigne de 20 ans, conduite en AB.  
INRA et partenaires (CAA, OPABA, ARAA, RITTMO)

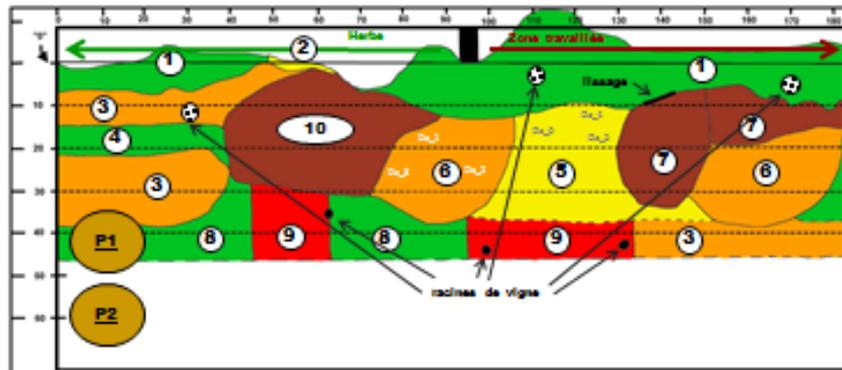


Programme SysVit-SolVin, observation des profils culturaux printemps 2015



Site Châteauneuf  
Modalités PEPSVI Cha\_Bio  
Parcelle unitaire Rang 10 entre ceps 28 et 29

Date d'observation 20/04/2015  
Observateurs RK et ED  
Conditions météo sec



Autres observations  
De « zone 5 » : 1,46  
De « zone 6 » : 1,63

**Description des zones et horizons identifiés**

- 1 : F / pm / r / m = tf
- 2 : SD / pm / r / Ø tf
- 3 : SD / pm / Φ / Ø tf
- 4 : SF / pm / r / m > tf
- 5 : SF / pm / Φ+ / Ø tf
- 6 : SD / mm / Φ / Ø tf
- 7 : M (SD) / mm / Φ / Ø tf
- 8 : SF / pm / r / Ø tf

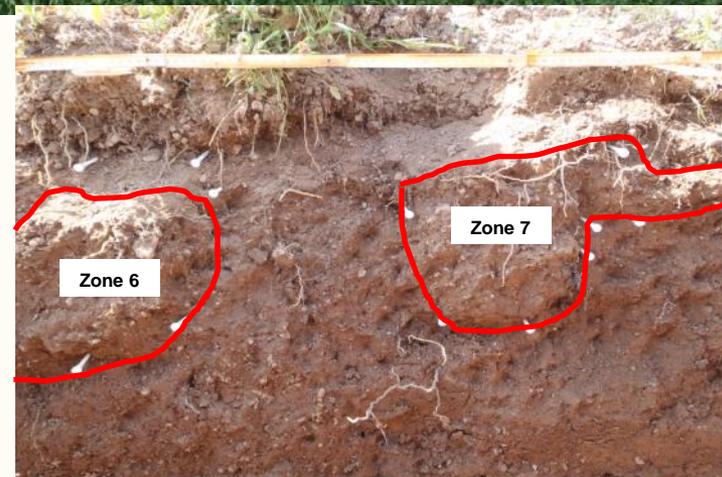
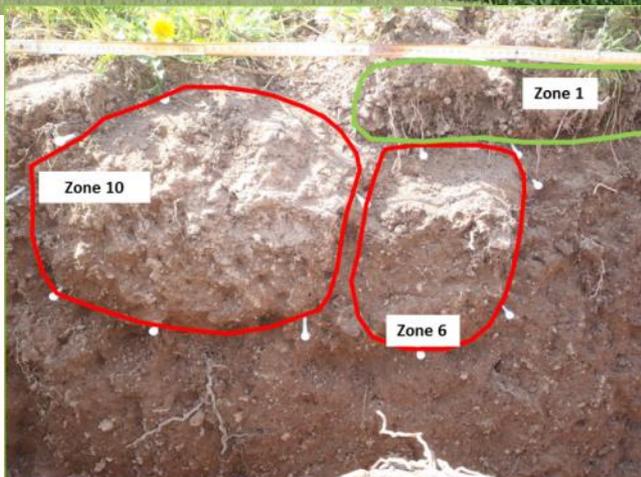
9 : SD / mm / Φ- / Ø tf  
10 : M (SD) / - / Φ / Ø tf

**Horizon pédologique P1 de 0 à 50 cm :** Sable limoneux brun rose, non calcaire, 5 à 15% de graviers (0,2 à 2cm) irréguliers anguleux.

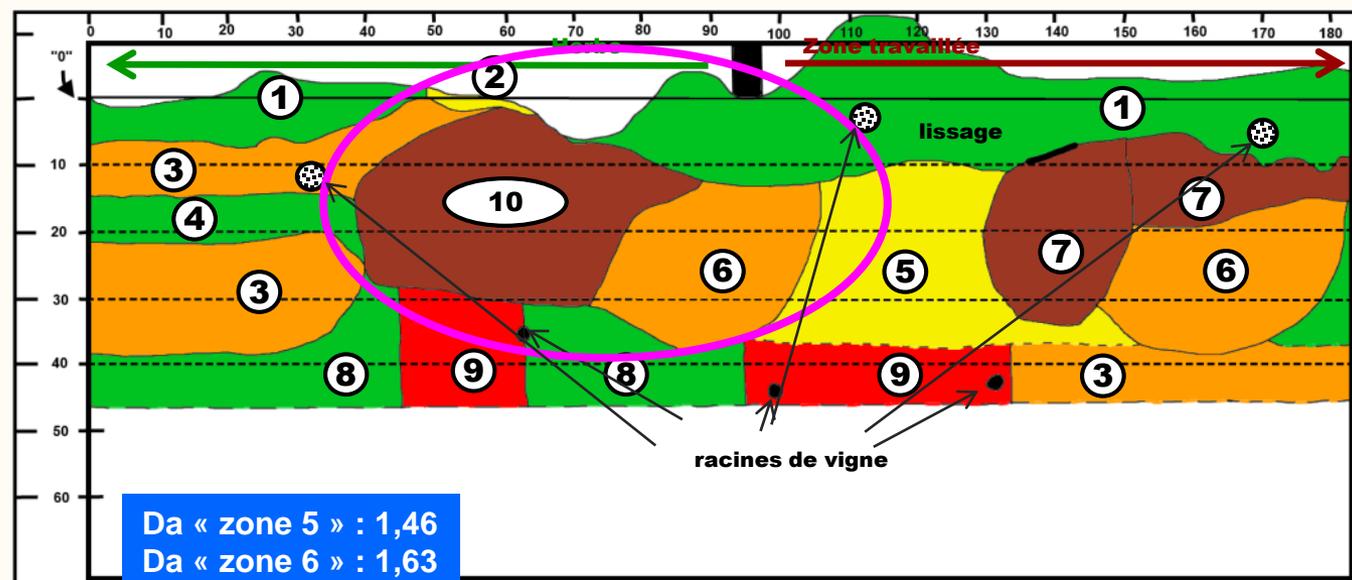
**Horizon pédologique P2 en dessous de 50 cm :** Sable argileux à argile sableuse brun rouge, non calcaire, 5 à 15% de graviers (0,2 à 2cm) irréguliers anguleux. Très humide à partir de 70cm.



# Vigne



Site PEPSVI Châtenois (67), avril 2015  
Sol brun acide profond sur colluvium de grès vosgien. Vigne de 20 ans, conduite en AB. INRA et partenaires



- **Le cavaillon, zone préservée (zones 1 et 5)**
- **L'héritage d'altérations anciennes est bien visible (zones 6 et 9) : il faut soigner les conditions d'intervention à la plantation**
- **Les constats concernant les dégradations dues aux roulages restent à traduire en conséquence pour la vigne (zones 7 et 10)**
- **L'intérêt d'inverser les rangs enherbés/roulés et travaillés mis en question**

# Exemple en replantation forestière

## Evaluer les états créés par de nouveaux outils de travail du sol

Création et renouvellement des forêts

OUTILS DE GESTION DE LA VÉGÉTATION CONCURRENTS ET DE PRÉPARATION DU SOL

### Le SOUS-SOLEUR MULTIFONCTION<sup>®</sup>

Travail du sol



#### Réussir une régénération :

- C'est garantir un espace autour du jeune arbre par :
- la maîtrise de la concurrence exercée par la végétation pour la lumière, l'eau et les éléments minéraux.
  - un travail du sol favorable à un bon développement racinaire.

Le Sous-Soleur Multifonction<sup>®</sup> s'utilise principalement en préparation de plantation, et occasionnellement en régénération naturelle.

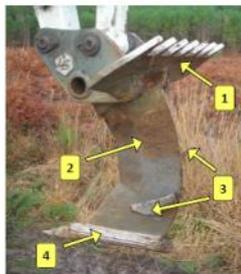
La fonction principale de cet outil est la décompaction du sol jusqu'à une profondeur de 60 cm. En préalable à ce travail, il élimine la majorité des espèces végétales ou des obstacles. Cet outil permet de réaliser la technique 3B.

#### Caractéristiques techniques de l'outil

Le Sous-Soleur Multifonction<sup>®</sup> est composé de 4 éléments :

- 1 Peigne désherbeur large de 60 cm.
- 2 Corps vertical haut de 60 cm et biseauté à l'avant.
- 3 Deux ailettes triangulaires biseautées, situées de part et d'autre du corps vertical, à hauteurs différentes.
- 4 Obus central de sous solage, fixé sur la base du corps vertical et pointu à son extrémité.

Cet outil peut être considéré comme une pioche géante. C'est la différence avec un sous-soleur classique, utilisé en traction linéaire et constante.



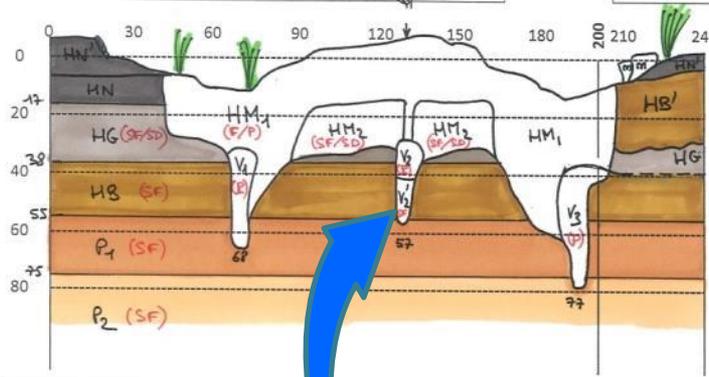
Fiche « Sous-Soleur Multifonction<sup>®</sup> » - Janvier 2014



## Programme ALTER Alsace, observation des profils culturaux septembre 2012

Parcelle FI Haguenau 150  
Parcelle unitaire P012  
Traitement "3B"  
Espèce châtaignier 2012

Date d'observation 27/09/2012  
Observateurs RK + ...  
Conditions météo sousaverse / beau / mouillé  
Orientation / travail du sol .....



#### Autres observations

- V pieds de graminées
- HM<sub>1</sub> mélange P<sub>1</sub> et P<sub>2</sub> (et P<sub>0</sub>) / F&F
- HM<sub>2</sub> mélange idem / mix SF & SD
- HN' et HG' : HN et HG rapportés par l'outil et pris en surface

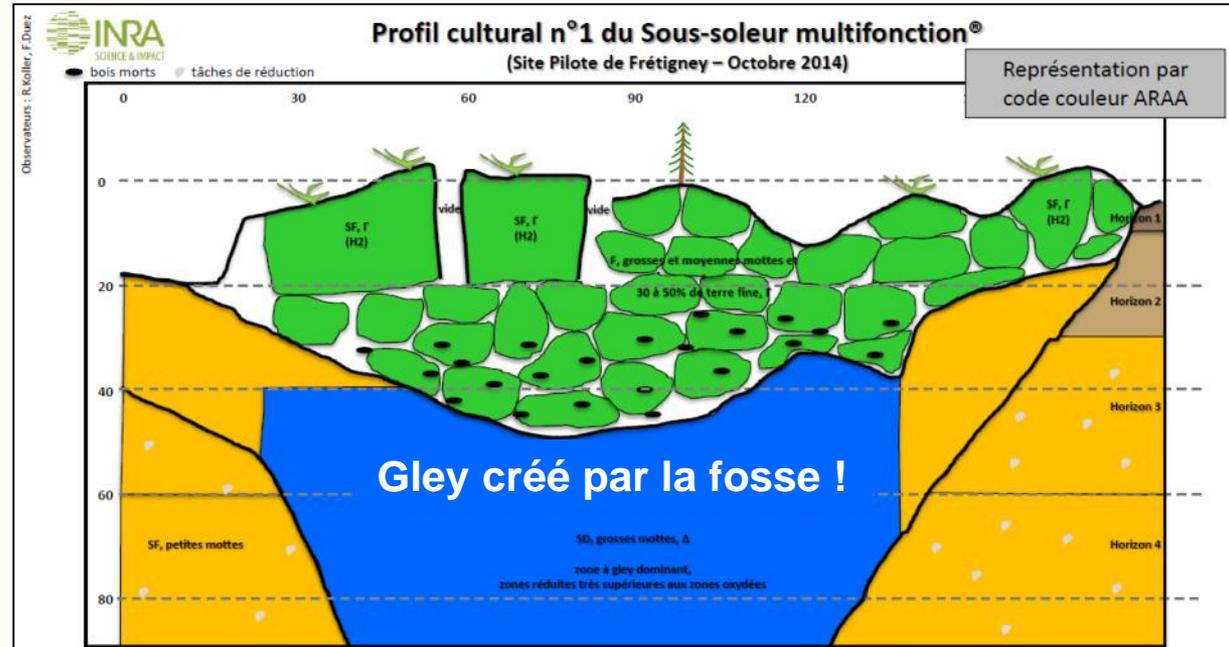
profil pédologique régulière sans discordance entre l'outil "3B"

Zones creuses aux passages de la dent

Site ALTER de Haguenau (67), septembre 2012  
Sol sableux acide profond sain sur sables pliocènes  
INRA MGVF et ONF



# Replantation forestière



Site PILOTE de Frétiéney (70), septembre 2014  
Sol limoneux profond acide et hydromorphe sur 'limon des plateaux'. Travail en potet  
INRA MGVF et ONF

# Replantation forestière

- **Confirmation des actions de dégagement des outils vis-à-vis de la végétation bloquante (fougères, molinie)**
- **Vérification critique des allégations des fabricants de matériel ...**
  - **Profondeur réelle de travail / annoncée !**
  - **Non mélange des horizons ...**
- **Identification de risques particuliers**
  - **Zones creuses au passage des dents**
  - **Ennoiement de la zone travaillée en potet dans les situations de sols hydromorphes**

# Passer du constat *a posteriori* à la conception de systèmes de culture



Intégrer les connaissances sur les processus et les facteurs déterminants la fertilité physique du sol pour agir à l'échelle du système de culture

- Le cadre : le schéma causal, guide pour discuter des choix du système de culture

- Inventaire des processus affectant la porosité



- Inventaire des leviers affectant l'intensité des processus et délais de réponse

- Traduction en options d'action aux différentes échelles de temps



# Schéma causal 'porosité du sol'

Intervenir pour la porosité

Prévenir la dégradation

Renouveler et entretenir la porosité

Protéger les états de porosité

Remédier aux dégradations exceptionnelles

Augmenter la stabilité structurale du matériau 'terre' par entretien ou ↑ taux de MO

Diminuer la probabilité de se trouver en situation de chantiers dégradants

Favoriser et entretenir la porosité par des agents biologiques

Renouveler et entretenir la porosité par le travail du sol

Diminuer les risques de dégradation CT

Rétablir une porosité très fortement dégradée et gênante constatée suite à un diagnostic (observation des EDS ou du profil cultural)

Restructuration biologique

Restructuration mécanique

Evitement

Atténuation

Structuration physico-chimique

Evitement

Restructuration mécanique

Effet à très long terme ... Les échelles de temps ... effet à court terme ou immédiat

# Schéma causal 'porosité du sol'

Intervenir pour la porosité

Prévenir la dégradation

Renouveler et entretenir la porosité

Protéger les états de porosité

Remédier aux dégradations exceptionnelles

Augmenter la stabilité structurale du matériau 'terre' par entretien ou ↑ taux de MO

Diminuer la probabilité de se trouver en situation de chantiers dégradants

Favoriser et entretenir la porosité par des agents biologiques

Renouveler et entretenir la porosité par le travail du sol

Diminuer les risques de dégradation CT

Rétablir une porosité très fortement dégradée et gênante constatée suite à un diagnostic (observation des EDS ou du profil cultural)

Gérer les restitutions organiques dans le SdC :

- Apports PRO
- Restitutions organiques des couverts

Choisir des successions de culture pour des chantiers non dégradants / conditions climatiques probables

Stratégie pour les modes de travail du sol (L/NL/SD) et les couvertures végétales pour favoriser les leviers biologiques (racines et VdeT)

Tactique de mise en œuvre du travail du sol : choix des outils, dates et conditions de passage

Pour les EDS : prévoir une couverture du sol assurée par un couvert vivant ou par des débris végétaux

Pour les horizons : fixer des règles de gestion des chantiers possiblement dégradants (circulation des engins, pistes de roulage, pneumatiques ...)

Pour les 2 : règles de gestion de l'irrigation en dose et intensité

Décider d'opérations particulière de travail du sol :

- Binage pour les EDS
- Sous-solage pour les horizons profonds

Traduction en choix techniques

Effet à très long terme ... Les échelles de temps ... effet à court terme ou immédiat

# Kleingoeft : schéma décisionnel « stratégie de maîtrise de la porosité dans le sol »

—> **Opération systématique**

---> **Non systématique**

**Contrôle cultural  
EVITEMENT**

Intervention en conditions ressuyées, épandages en été

**Contrôle cultural  
ATTENUATION**

Pneus larges et basse pression, remorques de taille moyenne pour éviter les ornières.  
Pas de labour pour davantage de portance (semis direct si possible pour couverts, luzerne, céréales ; strip-till pour maïs et colza si possible).

Sol couvert en permanence pour le protéger des impacts de pluie

Pas de labour et choix de substances actives peu écotoxiques pour davantage de vers anéciques et de vie du sol

**Restructuration  
BIOLOGIQUE**

Protection vis-à-vis du soleil, apport de nourriture

Racines pivotantes profondes

Racines pivotantes

Protection vis-à-vis du soleil, apport de nourriture

Protection vis-à-vis du soleil, apport de nourriture, racines pivotantes et fasciculées

Apport de nourriture, Racines pivotantes et fasciculées



**Restructuration  
CLIMATIQUE**

Strip-till hiver

Strip-till hiver  
Ou déchaumage

**Restructuration  
MECANIQUE**

Déchaumage + Herse Rotative + 2x rouleau

Strip-till printemps  
Strip-till à l'implantation  
Ou déchaumage

Déchaumage

Strip-till printemps

Strip-till juin + 2x rouleau

Déchaumage

Si tassement lors de récolte du précédent : décompactage (tassement important) ou déchaumage (pour niveler) à disques si beaucoup de résidus ou à dents si sol humide

**Contrôle cultural  
STRUCTURATION  
PHYSICO-CHEMIQUE**

Apport de compost

Apport de compost

Apport de compost

Apport de matière organique via la biomasse des couverts

**Objectifs des agriculteurs :**

Pas de dommage de rendement dû à une structure défavorable

Bonne et rapide installation des cultures

**Contrainte :**

Le moins possible d'interventions mécaniques (sol autonome)

**Résultats attendus :**

- Structure grumeleuse en surface

- Pas trop de zones très compactes au test à la bêche

- Portance (pas d'ornières profondes)

- Nombreux turricules de vers de terre

# Les choix arrêtés pour l'essai SdCi de Kleingoeft

## Objectifs des agriculteurs

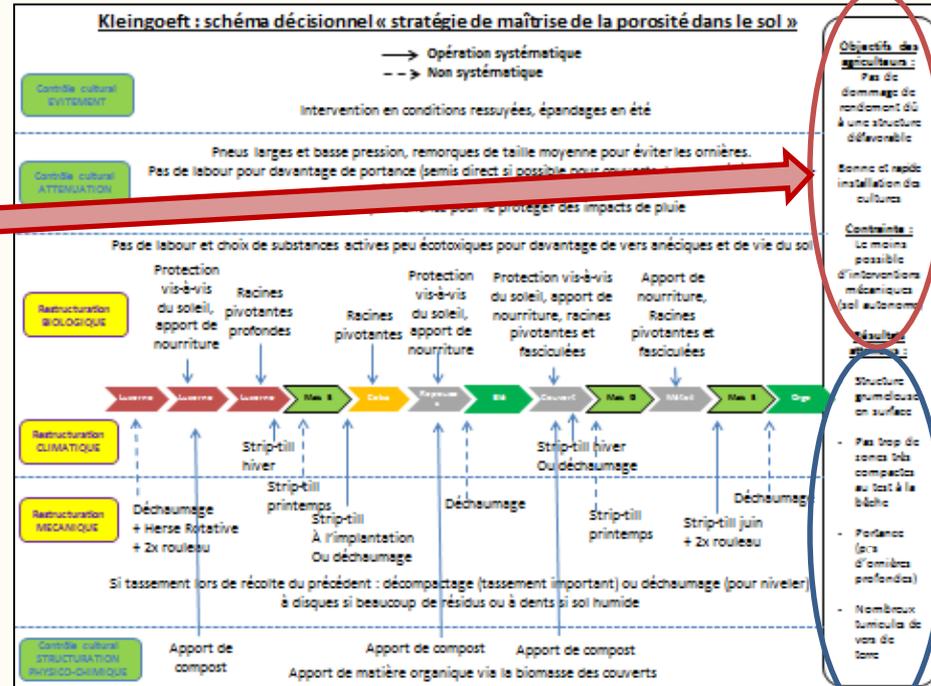
- Pas de dommage de rendement dû à une structure défavorable
- Bonne et rapide installation des cultures

## Contrainte

- Le moins possible d'interventions mécaniques (sol « autonome »)

## En résumé, les moyens combinés retenus...

- Non labour, plutôt travail localisé (strip-till), semis direct si possible
- Couverture permanente vivante ou morte
- Limites de pression pour le matériel
- Faible écotoxicité des SA pour la vie du sol
- Apport de MO fraîche : compost de l'élevage et couverts végétaux

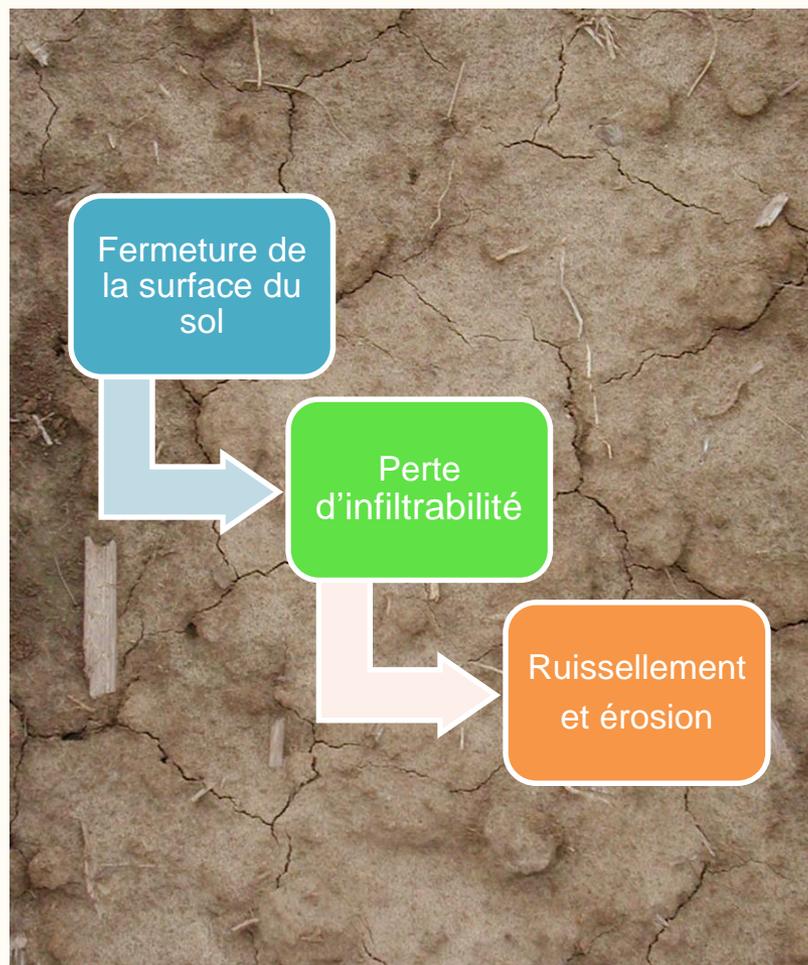


## Indicateurs suivis par l'agriculteur

- Structure grumeleuse en surface
- Pas trop de zones très compactes au test à la bêche
- Portance (pas d'ornières profondes)
- Nombreux turricules de vers de terre

# Et les états de surface ?

Travaux de Paul van Dijk



# Et les états de surface ?

- Etude (de la dynamique) des états de surface (EDS)
  - Important pour la compréhension du ruissellement hortonien et les flux associés (sédiments, polluants, ...)
  - EDS : f(sol, climat, système de culture - activité biologique)
  - Pour répondre à quelles questions :
    - Diagnostic de ruissellement et d'érosion : où, quand et pourquoi ?
    - Quels leviers d'action agronomiques ? → adaptation du système de culture
- Observations et mesures de terrain (protocole « Auzet »)
  - Pour qualifier et comprendre
  - Pour paramétrer le modèle événementiel d'érosion LISEM
  - Pour calibrer et valider des indicateurs développés à l'ARAA
    - Indicateur  $I_{spe}$  (issu du projet ABC'Terre) : sensibilité potentielle à l'érosion selon le SdC, prenant en compte l'érodibilité du sol et son exposition aux forces érosives
    - Indicateur  $I_{DR}$  (issu d'une collaboration avec l'INRA Colmar) : indicateur de la dynamique du ruissellement prenant en compte le type de sol, le travail du sol et son calendrier, les cultures, la gestion des résidus, la pluviométrie, ...

# Observations des états de surface

- ❑ Rugosité de la surface
  - ❑ Couverture des mottes > 2cm
  - ❑ Rugosité visuelle et mesurée
  - ❑ Rugosité pour l'eau : seuil à franchir
- ❑ Battance
  - ❑ Couverture en croûtes structurales et sédimentaires
  - ❑ Faciès
- ❑ Résistance à l'arrachement
  - ❑ Mesures torvane
- ❑ Macroporosité
  - ❑ Fentes : forme et densité
  - ❑ Trous : classes de densité et de taille
- ❑ Couverture végétale
  - ❑ de la culture
  - ❑ des résidus
  - ❑ des adventices
  - ❑ hauteur de végétation
- ❑ Traces d'écoulement
- ❑ Densité apparente (pour chaque motif agraire)



- Constat d'évolution rapide des structures en réponse à la mise en œuvre de leviers
- Bénéfice direct pour la culture pas toujours identifiable
  - Mais il faut aussi penser résilience du système !  
→ évaluation pluriannuelle
- Bénéfice direct pour les chemins de l'eau
  - Les observations d'état de surface en complément