



DEMARCHE DE DIAGNOSTIC DE LA STRUCTURE DU SOL POUR MIEUX PILOTER LES INTERVENTIONS CULTURALES

Vincent Tomis, Bertrand Deloste, Damian Martin, Annie Duparque



Agro-Transfert Ressources et Territoires

Contexte

- Des chantiers de plus en plus performants, mais aussi de plus en plus lourds : contraintes au sol élevées
- Recours fréquent à la prestation de service : marges de manœuvre réduites pour les conditions d'intervention

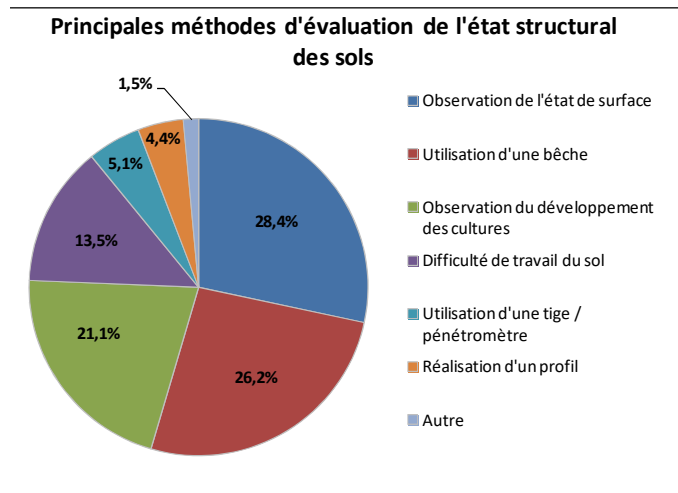


→ Risques a priori élevés de tassements, en particulier en profondeur, difficiles à identifier

Contexte

Sous-estimation des tassements en profondeur

→ Sensibilité à l'état de surface du sol



→ Observation principalement de l'état de surface pour juger l'état structural



- Pneus larges
 - Essieu arrière décalé (marche en crabe)
- Pas d'ornières

→ Difficulté pour identifier les tassements en profondeur

Etat des lieux en Hauts de France

Etude du projet Sol-D'Phy d'AGT sur 35 parcelles agricoles en HdF :



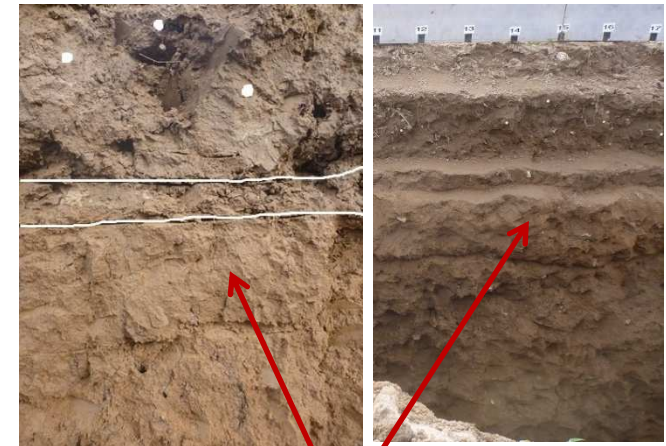
Tassement à l'implantation des cultures :



Etat des lieux en Hauts de France

Tassement profond, sous les horizons travaillés et dans l'horizon pédologique

Mise en évidence de problèmes de tassements profonds dans un tiers des parcelles en systèmes betteraves – PdT - légumes



Tassement sous
l'horizon travaillé

Hz pédologique tassé



Attention à la persistance des tassements profonds

Photos : Agro-Transfert



Comment diagnostiquer les tassements ?

Méthodes d'observation simplifiées de l'état structural, pour la prise de conscience

La tige pénètre



Le mini profil 3D

Extraction d'un bloc avec les palettes d'un télescopique



Méthode bêche



Tomis Vincent, Agro-Transfert-RT

Guides disponibles sur : <http://www.agro-transfert-rt.org/methodes-diagnostic-sol/>

Méthodes de diagnostic simplifié de l'état structural

La tige pénétro

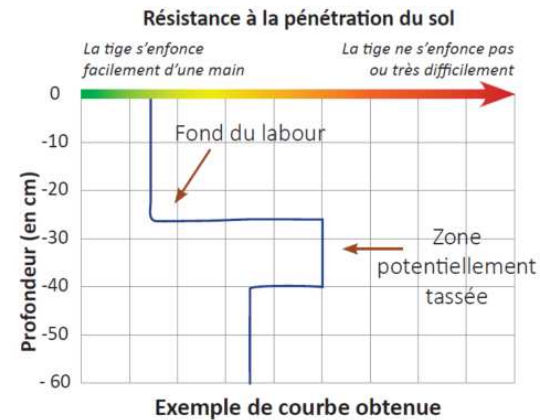


Principe :

Ressentir les différences de résistance du sol à l'enfoncement d'une tige sur 40 à 80 cm de profondeur

Condition d'utilisation :

Sol réhumecté sur la profondeur analysée

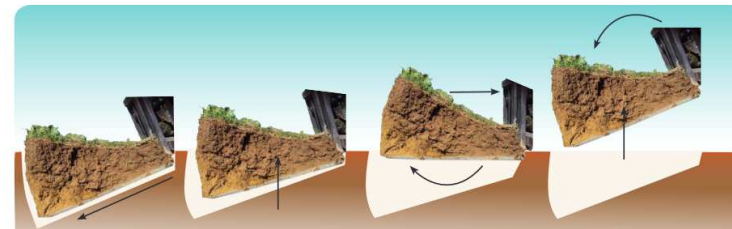


Méthodes de diagnostic simplifié de l'état structural

MINI PROFIL 3D



Principe :
Evaluation de l'état structural sur un bloc de sol prélevé avec les palettes d'un chargeur télescopique



Observation de l'apparence du bloc et de l'état de porosité des mottes

Apparence du bloc →



Etat de porosité des mottes →



Méthodes de diagnostic simplifié de l'état structural

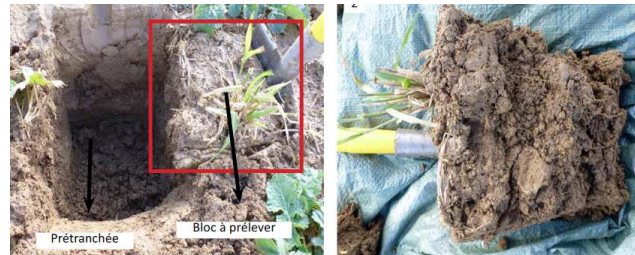
TEST BÊCHE (+ BIOTURBATION)



Matériel



Prélèvement



Fiche de notation structure (Méthode VESS)

Qualité de la structure	Apparence générale	Taille	Racines	Porosité visible	Apparence après extraction	Traits distinctifs	Apparence des agrégats ou fragments de ≈ 1.5 cm de diamètre
S05 Très compact Très difficile de briser les mottes fermées avec les mains	Principalement mottes fermées angulaires	Mottes angulaires > 10 cm, très peu de saïte <math>< 7</math> cm	Pas ou peu de racines à l'intérieur des fragments. Les racines présentes sont concentrées autour des mottes fermées	Très peu de pores visibles et de fissures. Absence possible		Couleur gris bleu possible	Le sol peut être fragmenté quand le sol est humide, mais peut engager un effort important. Habituellement pas de pores ou fissures visibles à 7 cm
S04 Compact Assez difficile de briser les mottes fermées avec une seule main	Principalement mottes fermées ou angulaires	Moins de 30 % des mottes sont de saïte <math>< 7</math> cm, structure lamellaire possible	Peu de racines dans les espaces grossiers visibles et peu de fissures	Peu de pores grossiers visibles et peu de fissures		Racines dans les pores grossiers visibles	Ces fragments de terre collent à moins d'être humides et sont difficiles à obtenir sur un sol humide
S03 Ferme La plupart des agrégats se désagrègent facilement entre les doigts	Présence possible de mottes fermées	Mélange d'agrégats de 2 mm à 10 cm. Moins de 30 % <math>< 2</math> mm	Présence possible de pores grossiers visibles et de fentes de vers	Présence possible de pores grossiers visibles et de fentes de vers		Forte porosité des agrégats	Agrégats avec peu de pores visibles et plutôt arrondis
S02 Intact Agrégats se désagrègent facilement entre les doigts	Pas de motte fermée	Mélange d'agrégats arrondis de 2 mm à 7 cm	Les racines débloutent facilement le bloc, les racines sont bien présentes à l'intérieur et autour des agrégats	La plupart des agrégats sont poreux		Forte porosité des agrégats	Agrégats arrondis, fragiles, poreux et se cassent facilement
S01 Friable Agrégats se désagrègent très facilement entre les doigts	La plupart des agrégats <math>< 2</math> à 6.5 cm			Très poreux		Agrégats fins et poreux	Agrégats très poreux, composés de plus petits matériaux ensemble par les racines. Ils sont pour le plus part directement obtenus lors de l'extraction du bloc.

Fiche de notation de la bioturbation

	B0 Pas de bioturbation	B1 Peu de bioturbation	B2 En cours de régénération	B3 Régénération très développée
Traits distinctifs de reconnaissance	Absence totale de traces de bioturbation.	Quelques traces de bioturbation, surtout des macropores.	Nombreuses traces, surtout localisées sur le pourtour de la motte. Présence de portion(s) tassée(s) non bioturbées de taille significative (3-5 cm).	Nombreuses traces, sur toute la surface de la motte. Éventuellement quelques petites portions tassées peu ou pas bioturbées isolées.
Illustrations				

Complémentarité des méthodes de diagnostic

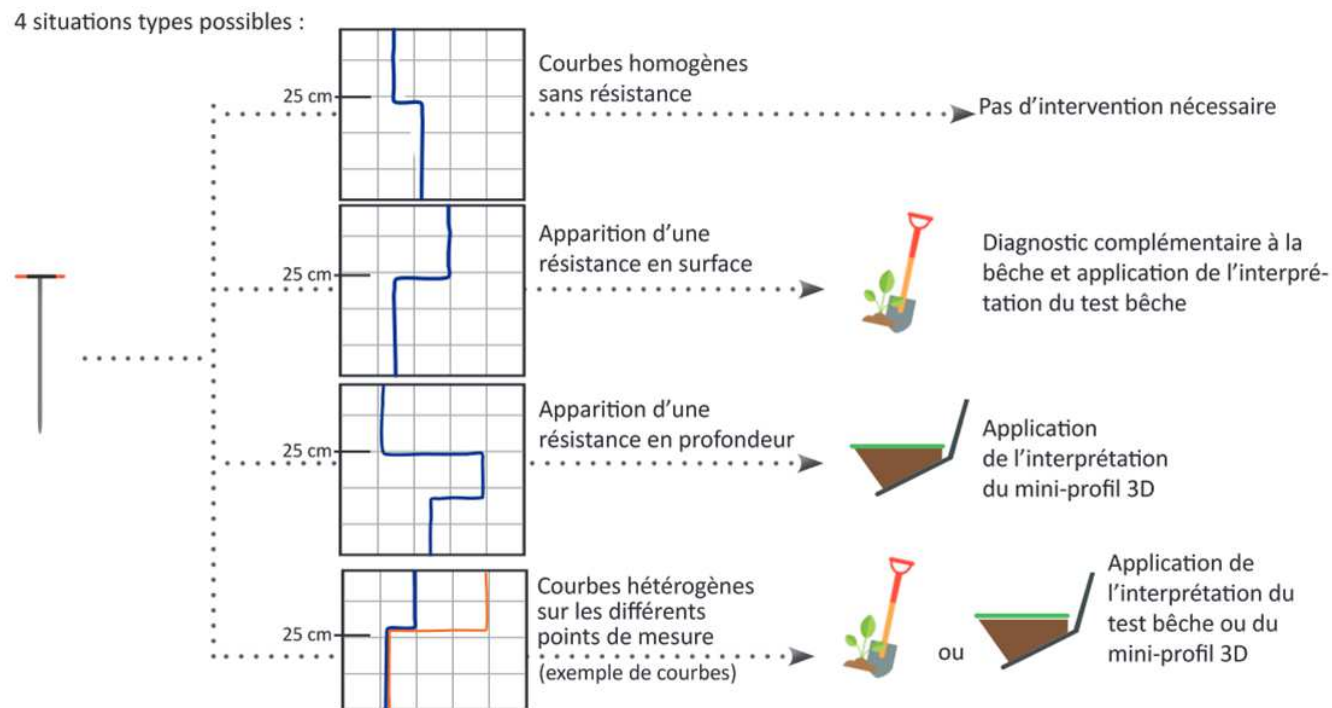
	Tige pénétrométrique	Méthode bêche	Mini-profil 3D
Profondeur diagnostiquée	80 cm	25 cm	60 cm
Période d'observation	Période restreinte, de décembre à début avril	Dès que l'humidité du sol permet d'enfoncer la bêche	Toute l'année, périodes privilégiées : automne et sortie d'hiver
Matériel nécessaire	Tige métallique	Bêche	Télescopique ou chargeur frontal
Informations obtenues	Détection des problèmes de tassement en surface et en profondeur	Diagnostic de la structure sur les 25 premiers cm du sol	Diagnostic approfondi de la structure du sol en surface et en profondeur
Facilité de mise en œuvre et d'interprétation	Très facile <i>après une courte formation</i>	Prise en main rapide <i>après une courte formation</i>	Demande un peu d'entraînement au début <i>après une courte formation</i>
Rapidité de mise en œuvre	15 min / parcelle	30-45 min pour 6 prélèvements / parcelle	20 min pour 2 mini-profil / parcelle
Surface de la parcelle explorée	Toute la parcelle via des transects	Zone limitée dans la parcelle	Zone restreinte du fait du faible nombre de prélèvements possibles

L'utilisation combinée des méthodes permet de bénéficier des avantages de chacune pour traiter les différentes questions :

- Evaluer la nécessité d'une restructuration mécanique avant l'implantation d'une culture, et à quelle profondeur ;
- Evaluer le résultat de ses pratiques et la profondeur atteinte par un tassement sous un passage de roue ;
- Observation d'une hétérogénéité dans le développement d'une culture : effet structure ?

Complémentarité des méthodes de diagnostic

Exemple d'utilisation complémentaire des méthodes de diagnostic simplifié pour évaluer la nécessité d'une intervention mécanique de restructuration :





Correction des problèmes de structure constatés

→ Quelles interprétations à l'issue des observations ?

Grille d'aide à la décision pour une intervention mécanique

Proposée à partir des connaissances sur :

- les conséquences des tassements sur l'enracinement des cultures
- l'effet des fissures et galeries de vers de terre sur l'enracinement des cultures
- les conséquences d'un mauvais enracinement sur la productivité des cultures

Grille d'interprétation

Du mini-profil 3D

De la méthode bêche + bioturbation

Apparence globale majoritaire du bloc et porosité des mottes	Horizon	Observations par horizon	Cause probable	Conseil
État massif et continu Zones tassées majoritaires (plus des 2/3 du bloc), non fissurées et peu perforées par les vers de terre	Horizon habituellement travaillé	Structure continue massive dans l'horizon labouré	Tassement récent non repris par un travail du sol	Intervention mécanique recommandée sur l'horizon tassé, quelles que soient les cultures
	Horizon plus profond et non travaillé récemment (sous le labour actuel)	Structure continue massive sous le labour	Tassement profond issu d'un chantier lourd en conditions humides	Décompactage sous la semelle, en particulier avant cultures sensibles, en conditions bien ressuyées Identifier les causes du tassement pour les prévenir
État continu ou en bloc Alternance de mottes tassées (1/3 à 2/3 du bloc) et de zones plus fragmentaires, ou État majoritairement tassé mais fissuré et/ou avec de nombreuses galeries de vers de terre	Horizon habituellement travaillé	Structure en bloc, dans l'horizon labouré, 50 % de zones tassées	Ancien tassement repris par un labour ou un décompactage	Intervention mécanique recommandée avant cultures sensibles et avec une forte exigence de conformation racinaire
	Horizon plus profond et non travaillé récemment (sous le labour actuel)	Structure continue massive sous le labour, mais fissurée et perforée	Ancien tassement qui se restructure par le climat et/ou l'activité biologique	État structural à surveiller Pas d'intervention mécanique utile en profondeur
État fragmentaire ou en bloc Peu de zones tassées (moins de 1/3 du bloc) NB : si sol trop meuble et creux ➤ effet négatif sur le système racinaire	Horizon habituellement travaillé	Structure fragmentaire dans l'horizon labouré	Pas ou peu de tassement	Pas d'intervention mécanique, sauf éventuel rappuyage, si le sol est trop meuble juste avant une implantation
	Horizon plus profond et non travaillé récemment (sous le labour actuel)	Structure en bloc, peu tassée, sous l'horizon labouré	Pas de tassement profond	Pas d'intervention mécanique utile en profondeur

Bioturbation à l'échelle de la bêche				
B-, B0 ou B1		B+, B2 ou B3		
Observation	Interprétation	Observation	Interprétation	
Note Sq	5	tassement pas ou peu fragmenté par le travail du sol et absence de (ou faible) régénération biologique	tassement récent peu fragmenté et biologie insuffisante à CT* ; ou tassement ancien avec absence de régénération biologique et climatique	-----
	4	assemblage de mottes tassées et d'agrégats poreux ; absence (ou faible) activité biologique	parcelle ayant subi un tassement repris par le travail du sol et le climat ; absence de régénération biologique	tassement pas ou peu repris par le travail du sol ; présence d'activité biologique
	3	assemblage de mottes tassées et d'agrégats poreux ; absence (ou faible) activité biologique	parcelle n'ayant pas subi de tassement récent ; structure obtenue principalement par l'effet du travail du sol et du climat	assemblage de mottes tassées et d'agrégats poreux ; présence d'une activité biologique
	2	assemblage d'agrégats poreux ; absence (ou faible) activité biologique	parcelle n'ayant pas subi de tassement récent ; structure obtenue principalement par l'effet du travail du sol et du climat	assemblage d'agrégats poreux ; présence d'activité biologique
	1	assemblage d'agrégats très poreux et de terre fine ; absence (ou faible) activité biologique	structure obtenue majoritairement par le travail du sol ou le climat	assemblage d'agrégats très poreux et de terre fine ; présence d'activité biologique

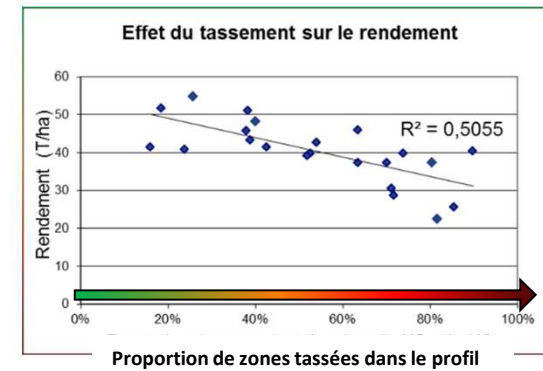
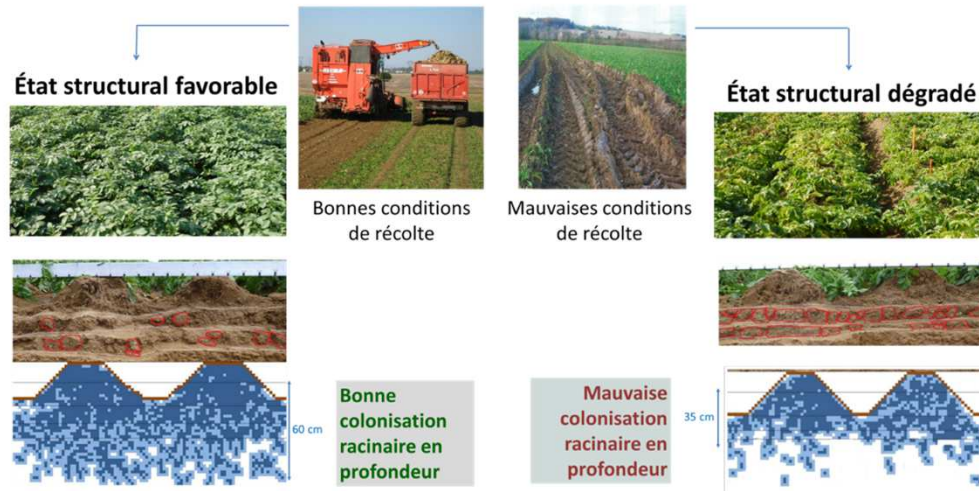
Source : Projet Sol-D'Phy, Agro-Transfert

Correction des problèmes de structure constatés

→ Quelles interprétations à l'issue des observations ?

Conséquences des tassements sur l'enracinement et la productivité des cultures

Les **tassements profonds** limitent l'enracinement :



- La profondeur d'enracinement diminue sous les zones tassées
- Un impact sur le rendement, qui dépend de l'année climatique

Correction des problèmes de structure constatés

→ Quelles interprétations à l'issue des observations ?

Effet de la fonctionnalité de la porosité sur l'enracinement en profondeur :

Tassements profonds

Mauvaise exploration racinaire en profondeur

Tassement profond mais de nombreuses galeries de vdt

Voies préférentielles pour le passage des racines (galeries) : colonisation en profondeur

→ Passage des racines dans les galeries ou fissures pour coloniser les horizons profonds

Identifier les causes des problèmes pour les prévenir

Tassement issu de l'implantation



Tassement superficiel engendré par la précédente récolte

Non repris



Repris par un travail du sol

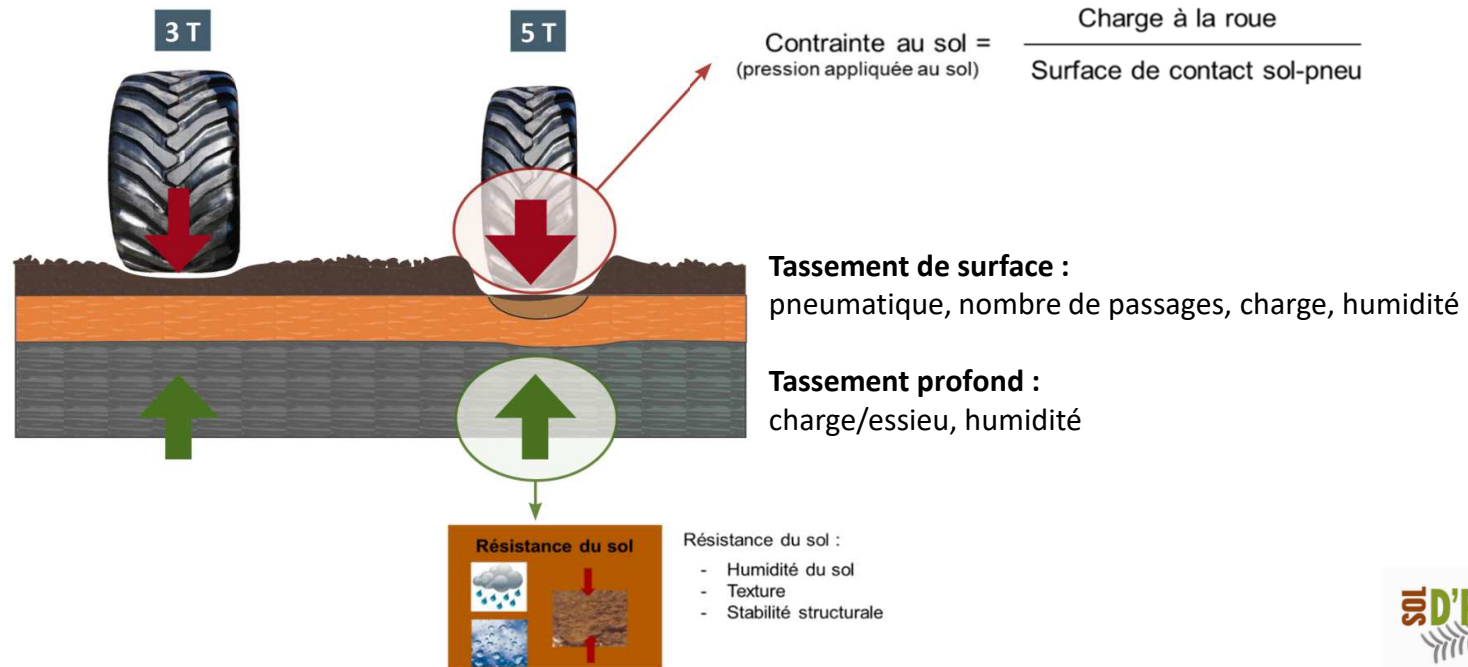


Tassement profond engendré par la précédente récolte



Dans les sols travaillés en profondeur récemment, la connaissance des facteurs qui déterminent le risque de tassement et l'observation de l'état structural en lien avec le dernier travail du sol, rend possible la déduction des causes des problèmes observés

Identifier les causes des problèmes pour les prévenir



Source : Essais Sol-D'Phy, Agro-Transfert



La connaissance de la cause du tassement et des facteurs qui déterminent le risque permet à l'agriculteur de retrouver le chantier à l'origine du tassement repéré et de prévenir les prochains tassements en adaptant le chantier



Démarche de diagnostic de la structure du sol

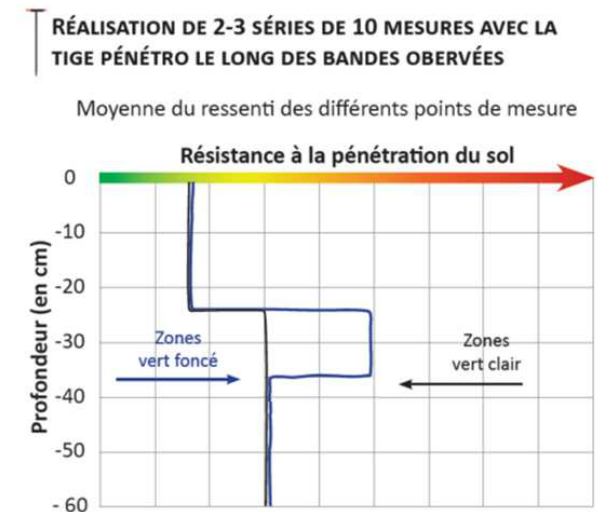
- **Diagnostic** de la structure du sol :
 - Formulation des questions de gestion de l'état structural du sol à traiter sur la parcelle à partir du témoignage de l'agriculteur,
 - Localisation des zones d'observation
 - Réalisation de la combinaison des tests, en commençant par la tige pénétrométrique pour dégrossir les questions et suspecter des problèmes
- Choix de la décision d'effectuer une **correction** mécanique selon la sensibilité des cultures et les possibilités de régénération naturelle ;
- **Evaluation de l'efficacité** de la correction ;
- Identification des causes des détériorations constatées pour les **prévenir**.

Cas d'étude

Hétérogénéité sur du blé en sortie d'hiver

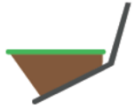


Précédent pommes de terre arrachée en conditions humides
Blé implanté avec un labour entre 20 et 25 cm



Résistance à la pénétration en profondeur plus importante dans les bandes vert clair
→ Diagnostic complémentaire au mini-profil 3D

Cas d'étude



Diagnostic

Sur zones où le blé est vigoureux
(vert foncé)



Structure de sol favorable en surface et en profondeur

Sur zones où le blé est peu vigoureux
(vert clair)



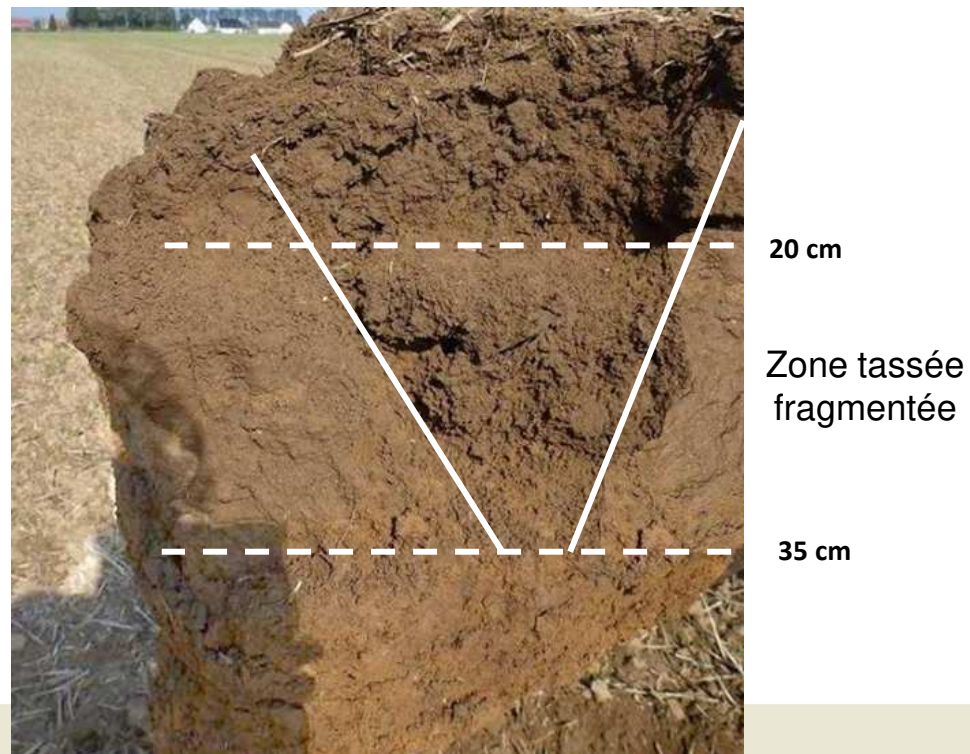
Confirmation de la zone tassée sous la profondeur de labour
(Passages de roues de la récolteuse automotrice lors de l'arrachage des PdT)

Plan d'action

Compte tenu de la sévérité du tassement observé en profondeur, avec très peu de galeries de vers de terre et de fissures (car tassement récent n'ayant pas évolué), un travail profond de fissuration jusqu'à 35 cm serait justifié après la récolte du blé

Cas d'étude

Vérification de l'efficacité du décompactage, après la récolte du blé :





Conclusion

Importance de l'**observation** pour la **prise de conscience**, la **sensibilisation** aux problèmes de structure du sol et l'**autonomie** des agriculteurs dans leur prise de décision

Démarche de diagnostic et d'aide à la décision mise en œuvre dans le cadre du projet Sol-D'Phy2 d'Agro-Transfert pour accompagner les agriculteurs dans la gestion de la structure de leur sol :

- Identifier les causes de problèmes de tassement,
- Y remédier avec un travail du sol à la profondeur adéquate,
- Mettre en œuvre des moyens agronomiques préventifs pour éviter que ces problèmes n'apparaissent de nouveau.



Résultats produits dans le cadre du projet Sol-D'Phy2 d'Agro-Transfert



<http://www.agro-transfert-rt.org>

v.tomis@agro-transfert-rt.org



Partenaires du projet :



Partenaires financiers

