

3^{ème} 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 :





Projet Sol-D'Phy

Gestion durable de la fertilité physique des sols

Vincent TOMIS – Claire TURILLON – Annie DUPARQUE
avec le concours de Stéphane HERVIEU et de Valentin CRETIN
Agro-Transfert Ressources et Territoires

v.tomis@agro-transfert-rt.org
a.duparque@agro-transfert-rt.org

Contexte

- Des chantiers de plus en plus performants, mais aussi de plus en plus lourds : contraintes au sol élevées, souvent en conditions humides
- 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

Travaux antérieurs et cadre scientifique et technique du projet

- **Des travaux de long terme à l'INRA Mons sur l'évolution de la structure du sol selon le système de culture** (Essai « Système » sur 20 ans - H.Boizard)
- **Un projet de recherche : DST (Détérioration des Sols par le Tassement, 2005-2008)** conduit par l'INRA (G. Richard) financement GESSOL2 et ANR

Contexte

Travaux antérieurs et cadre scientifique et technique du projet

- Des travaux de long terme à l'INRA Mons sur l'évolution de la structure du sol selon le système de culture (Essai « Système » sur 20 ans - H.Boizard)
- Un projet de recherche : **DST** (Détérioration des Sols par le Tassement, 2005-2008) conduit par l'INRA (G. Richard) financement GESSOL2 et ANR
- **Initiation de Sol-D'Phy** : montage de projets de R&D centrés sur la détérioration des sols par le tassement, impliquant Picardie, Nord Pas de Calais, Seine Maritime, Bretagne, Centre, présentés au CASDAR (2009, puis 2011)
- Une contribution en interne de l'équipe Sol d'AGT au **projet Eauption'Plus** (2010 à 2013)

Contexte

Travaux antérieurs et cadre scientifique et technique du projet

- Des travaux de long terme à l'INRA Mons sur l'évolution de la structure du sol selon le système de culture (Essai « Système » sur 20 ans - H.Boizard)
- Un projet de recherche : DST (Détérioration des Sols par le Tassement, 2005-2008) conduit par l'INRA (G. Richard) financement GESSOL2 et ANR
- **Initiation de Sol-D'Phy** : montage de projets de R&D centrés sur la détérioration des sols par le tassement, impliquant Picardie, Nord Pas de Calais, Seine Maritime, Bretagne, Centre, présentés au CASDAR (2009, puis 2011)
- Une contribution en interne de l'équipe Sol d'AGT au **projet Eauption'Plus** (2010 à 2013)
- **Sol-D'Phy**, projet régional d'AGT-RT, lancé en 2012 ;
labellisé par le **RMT Sols et Territoires** en 2013

Contexte

Attentes de la profession agricole aujourd'hui :

- **Maintenir la rentabilité des productions agricoles** (différentiel entre productivité et intrants dont carburant pour la traction)
- **Préserver voire améliorer le « capital sol »** (matières organiques, vie du sol, fonctionnement hydrique, ...)

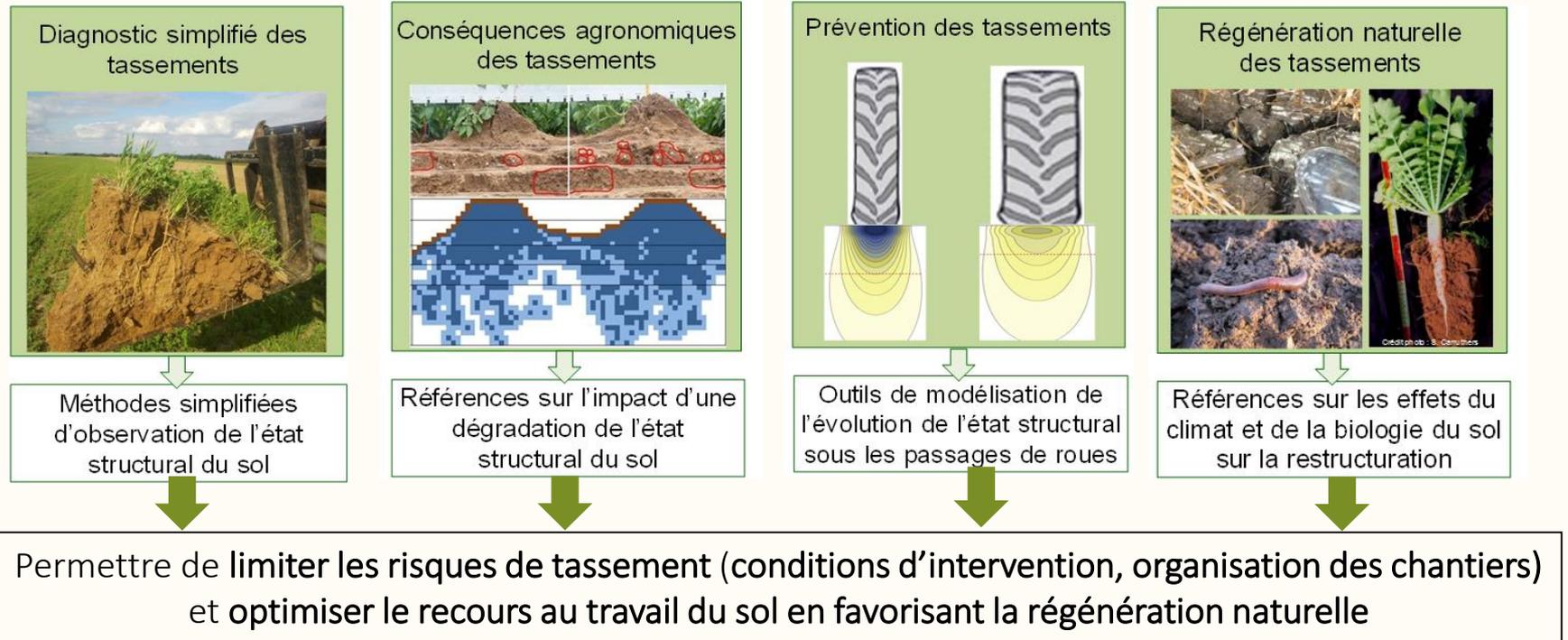
Enjeux pour SOL-D'Phy

=> **permettre aux agriculteurs de prendre conscience :**

- **des risques de tassement et de leurs conséquences**, en fournissant les moyens d'un diagnostic simplifié des dégradations
- **des marges de manœuvre** dont ils disposent, de manière préventive (organisation des chantiers, choix des équipements) et curative (travail du sol, régénération naturelle)

→ Aider les agriculteurs à préserver l'état structural de leur sol et développer leur fertilité biologique

Développement d'outils et méthodes complémentaires pour l'aide à la décision :



Enquêtes agriculteurs couplées à des observations de terrain : Réalizations de 30 profils de sol (2014 et 2015)



Résultats des observations de terrain Sol-D'Phy : Systèmes spécialisés et betteraviers (12 profils)

Tassements observés post labour et avant récolte : tassements à l'implantation

Tassement à l'implantation des pommes de terre :



Résultats des observations de terrain Sol-D'Phy :

Systèmes spécialisés et betteraviers (12 profils)

Tassements profonds repérés dans 1 profil /3



Semelle de labour



Horizon pédologique tassé → Peu réversible



→ Mise en évidence de problèmes non évoqués par les agriculteurs

Diagnostic simplifié des tassements



Méthodes simplifiées
d'observation de l'état
structural du sol

Méthodes de diagnostic de la structure

→ Pour la prise de conscience

Méthodes de diagnostic simplifié de l'état structural

Mise au point et transfert de méthodes de diagnostic simplifié

Aider les agriculteurs à mieux gérer l'état structural du sol à partir d'un diagnostic de l'état structural sur le terrain

=> Fournir les moyens d'un **diagnostic simplifié**

La pénétrométrie



Le « test à la bêche »

Extraction d'un bloc à la bêche :



Le mini profil 3D

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



Elaboration d'un guide méthodique illustré pour l'observation du mini-profil 3D :

AGRO-TRANSFERT
RESSOURCES ET TERRITOIRES

sol D'Phy

Guide méthodique du mini-profil 3D

Diagnostiquer rapidement l'état structural de vos sols

Méthode élaborée dans le cadre du projet de transfert Sol-D'Phy porté par Agro-Transfert Ressources et Territoires en région Hauts-de-France, avec le concours de :

Partenaires financiers : INRA, UniLaSalle, COP, ARVALIS, Terres Inovia, LDAR, unéal, GiteP, Cota, Agro-vincion, etc.

Comment prélever ?

1 Rapprocher les 2 palettes du chargeur avec un écartement de 20 à 30 cm. En sol fortement argileux (> 40 % d'argile), cela permet de limiter les contraintes sur celles-ci. En sol sableux, cela évite l'effondrement entre les palettes du bloc prélevé.

2 Enfoncer complètement les palettes dans le sol avec un angle de 30° à 45°.

3 Lever légèrement sans à-coups puis redresser les palettes pour éviter l'effondrement du bloc.

4 Lever à la hauteur souhaitée pour l'observation et rebasculer à l'horizontale le bloc.

MÉTHODE

Quand prélever ?

Éviter un sol trop sec pour faciliter l'observation de la structure :

- Période privilégiée : en interculture, à l'automne, pour prise de décision sur le travail du sol
- Périodes possibles : après un chantier contraignant pour observer l'effet des passages de roues ou au printemps pour observer l'enracinement des cultures

Interculture : période privilégiée

Observation possible en culture, avec passages de roues visibles

Où prélever et comment échantillonner ?

1^{er} prélèvement perpendiculaire au sens de travail du sol et sur une zone représentative de la parcelle (éviter les fourrières et les zones de débardage) ou centré sur un passage de roue visible pour évaluer l'effet du passage.

2nd prélèvement en décalé par rapport au premier, pour couvrir la variabilité latérale de la structure du sol. Si le second prélèvement donne un résultat significativement différent du premier, effectuer un troisième prélèvement.

Grâce aux 2 prélèvements : -2 m d'observation totale en surface -80 cm à 1 m d'observation en profondeur

Dimensions du bloc : 1 m x 70 cm x 40 cm

Guide méthodique du mini-profil 3D - Sol-D'Phy - Agro-Transfert RT 2

Apparence du bloc

Observer l'apparence du bloc sur une face pour chaque horizon en mettant en relief les zones compactes avec un couteau

Structure continue et massive - État C (compact, continu)

Caractéristiques :

- Bloc compact et massif
- Face de rupture nette, peu rugueuse, absence de mottes ou agrégats visibles
- Très peu de racines, souvent localisées dans les fissures et galeries

➤ Tassement récent non travaillé

Structure en mottes, peu de terre fine - État B (en bloc)

Caractéristiques :

- Mélange de mottes (>10 cm), agrégats et de vides
- Colonisation des racines principalement autour des mottes. Présence possible de quelques racines dans les mottes

➤ Ancien tassement repris par un labour ou décompactage

Structure grumeleuse, fragmentaire - État O (ouvert)

Caractéristiques :

- Porosité élevée
- Beaucoup d'agrégats, souvent d'origines biologiques (arrondis)
- Présence fréquente de mottes constituées de petits agrégats tenus par des racines
- Colonisation des racines de tout l'échantillon

➤ Pas de tassement

Observations particulières :

État compact / État ouvert, grumeleux

Si des différences apparaissent au sein du bloc prélevé, par exemple lié à un passage de roue, définir des zones homogènes.

Le prélèvement du bloc, lors de son extraction, met en évidence les fissures pré-existantes et en crée très peu, sauf une grande fissure qui part du bas (extrémité des palettes) jusqu'à la surface : celle-ci n'est pas à prendre en compte lors de l'observation.

Fissure créée lors de l'extraction, à ne pas prendre en compte lors de l'observation.

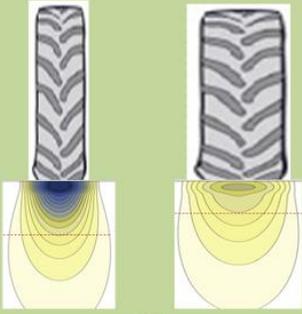
Guide méthodique du mini-profil 3D - Sol-D'Phy - Agro-Transfert RT 4

Guide disponible sur : www.agro-transfert-rt.org

Prévention et conséquences des tassements

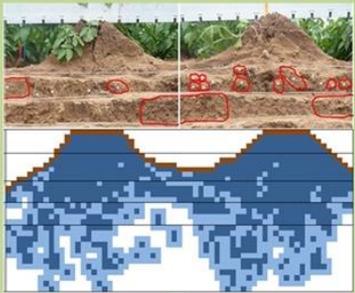
Suivi de chantiers avec impact sur le sol et les cultures suivantes

Prévention des tassements



Outils de modélisation de l'évolution de l'état structural sous les passages de roues

Conséquences agronomiques des tassements



Références sur l'impact d'une dégradation de l'état structural du sol



Expérimentations Sol-D'Phy : suivi de chantiers

Détermination des pressions au sol :

Pesée des machines



Adaptation des pression de gonflage des pneus



Détermination des surfaces d'empreinte



Détermination du risque de tassement a priori : pressions au sol

Tassement par les engins

Expérimentations Sol-D'Phy : suivi de chantiers

Mesures des propriétés physiques du sol :

Pénétrométrie



Densité apparente

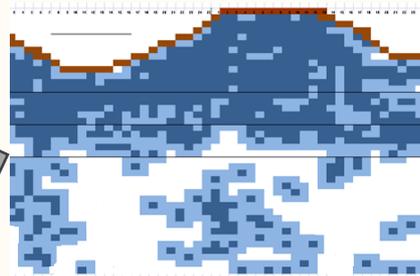


Perméabilité à l'air



Suivi des conséquences sur la culture suivante :

Profils racinaires



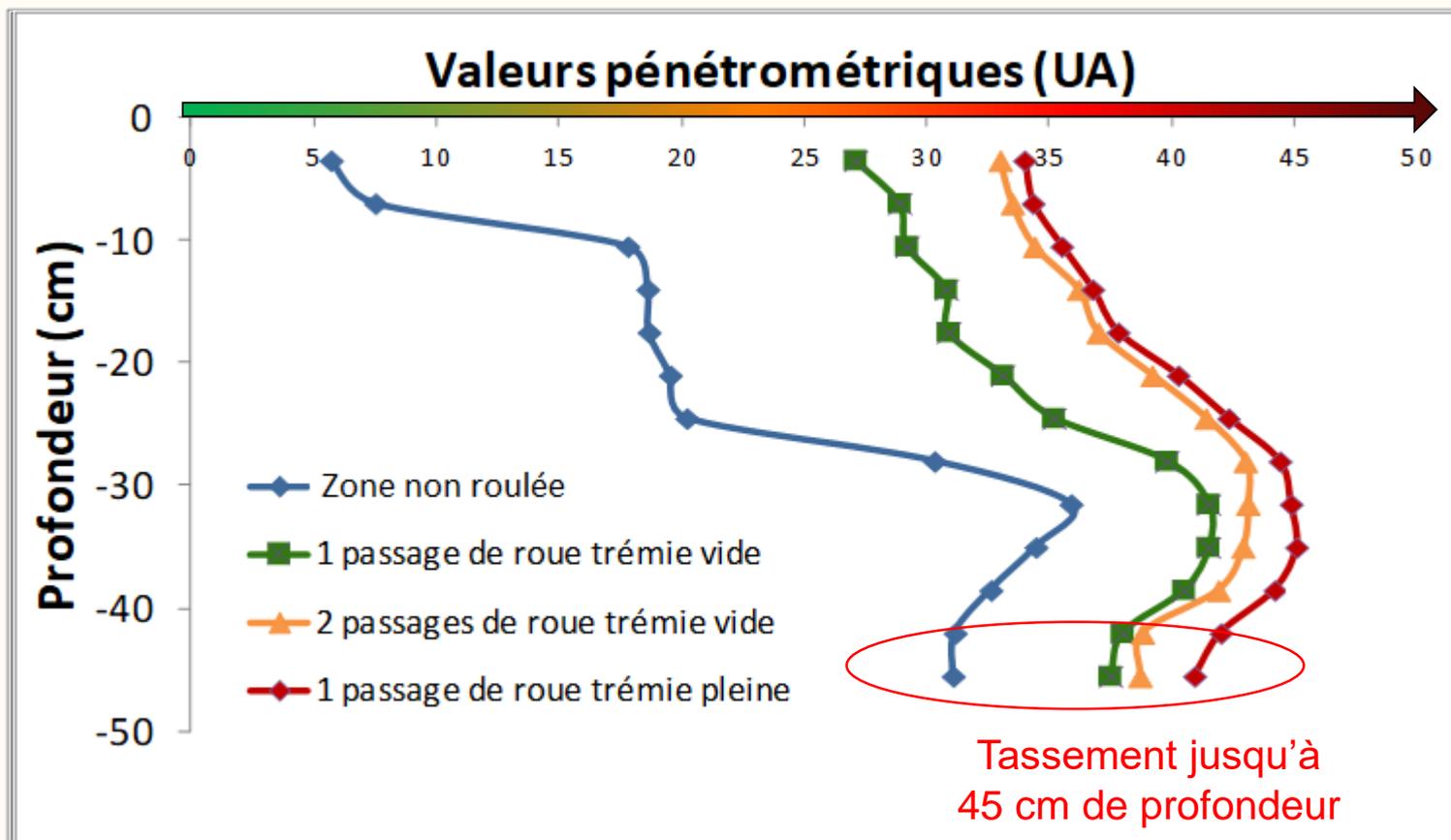
Rendement



Effet Charge / essieu



Intégrale pour arrachage de betterave en conditions humides :



Source : essais Sol-D'Phy 2014 Agro-Transfert, ITB, Ceta Ham

→ **Contrainte maximale déterminante pour le tassement profond**

Effet Pneumatiques

Expérimentation Chantier
plantation de PdT combiné en 1
passage



fraise + planteuse-butteuse
2 pressions de gonflage des
pneumatiques

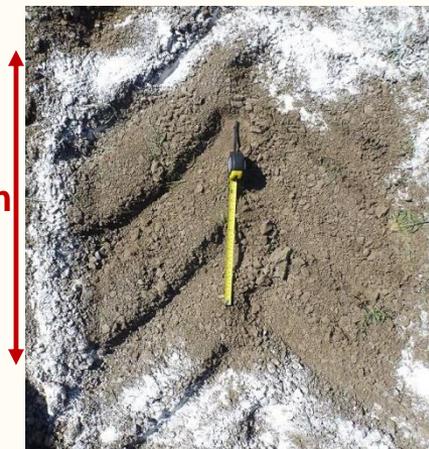
Gonflage HP



90 cm



88 cm



900/60 R38

à 1,5 bar

670 g/cm²

Pressions
au sol

Gonflage BP



90 cm



115 cm



900/60 R38

à 0,8 bar

580 g/cm²

→ Importance de la pression de
gonflage sur la pression au sol

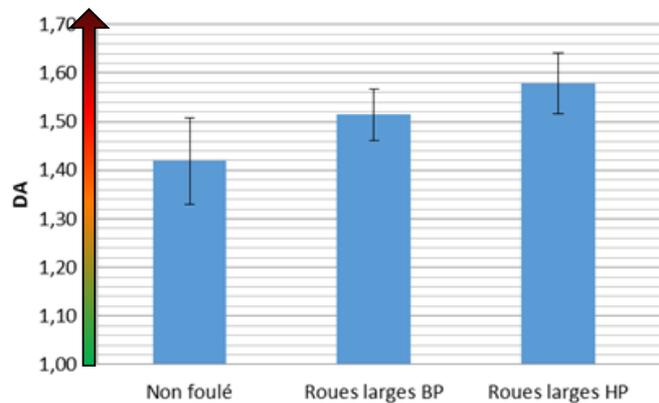


Effet Pneumatiques

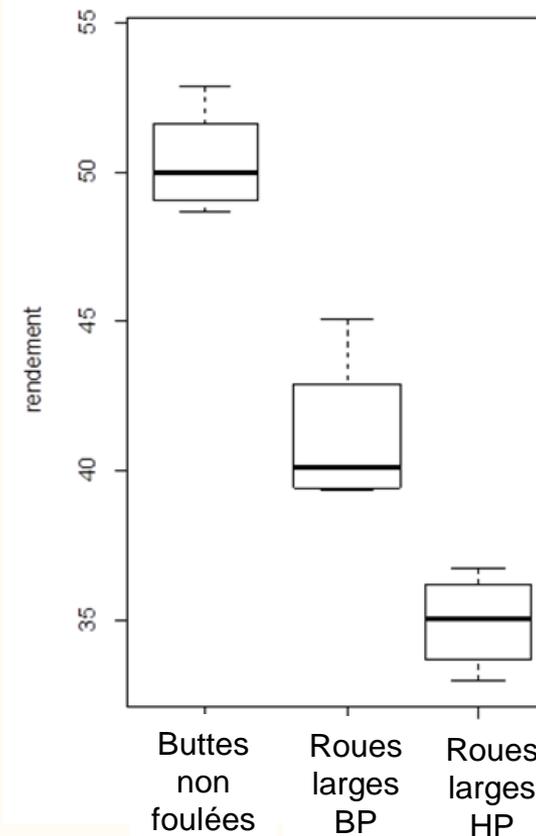


Masse volumique du sol Horizon labouré

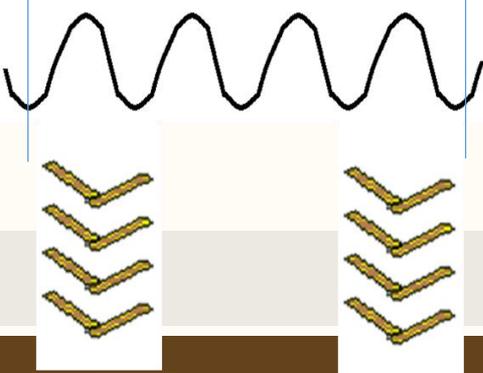
Masse volumique du sol
à 25 cm de profondeur après plantation



Rendement commercialisable
calibres plus de 35 mm (T/ha)



Butte foulée Buttes non foulées Butte foulée



→ **Diminution du rendement de 30 % dans les buttes foulées en haute pression** de gonflage par rapport aux buttes non foulées et de 15 % par rapport aux buttes foulées en basse pression dans les conditions particulières de l'années 2016

Enseignements pour le conseil :

- Tassement en surface : Effet des pneumatiques et du nombre de passages
- Tassement en profondeur : Importance de la charge /essieu et de l'humidité du sol

→ Répartition / décomposition des charges pour diminuer le tassement profond

Prévoir une meilleure distribution du poids entre le matériel de récolte et le matériel de débardage

Arrachage de betterave en chantier décomposé :

Poids réparti sur 8 essieux



Arrachage de betteraves en chantier Intégrale :

Poids concentré sur 2 essieux



Conséquences des tassements

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

État structural favorable

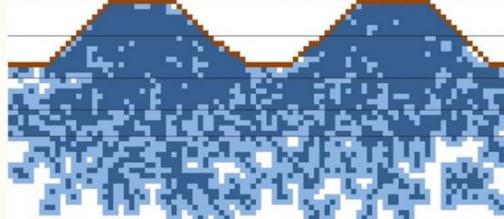


Bonnes conditions
de récolte

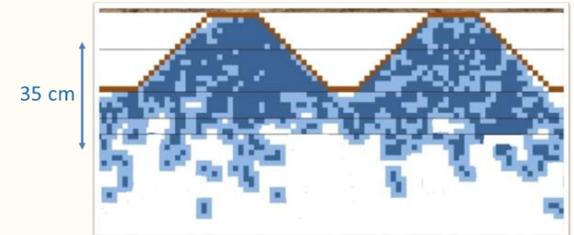


Mauvaises conditions
de récolte

État structural dégradé



Bonne
colonisation
racinaire en
profondeur



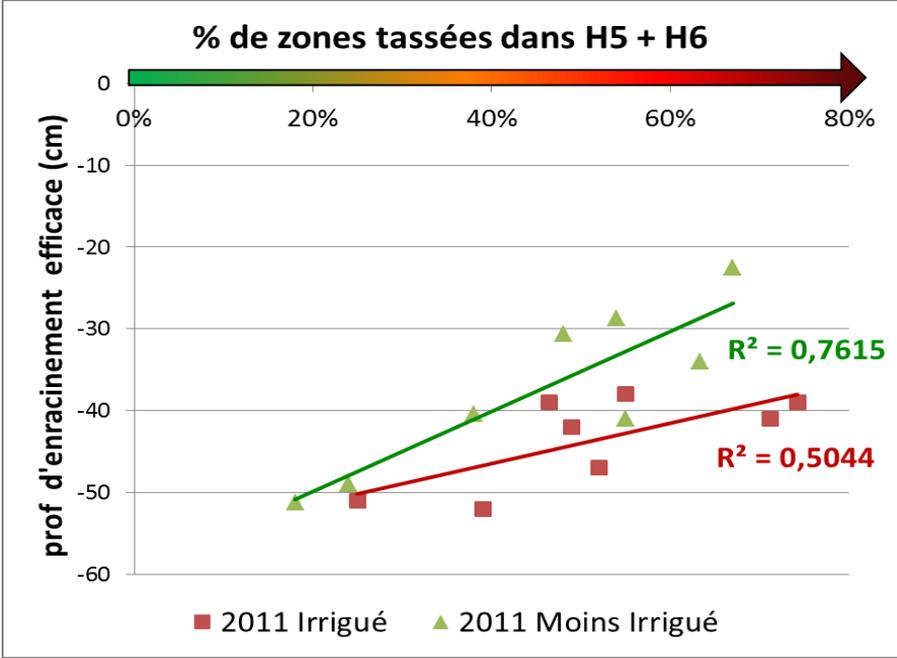
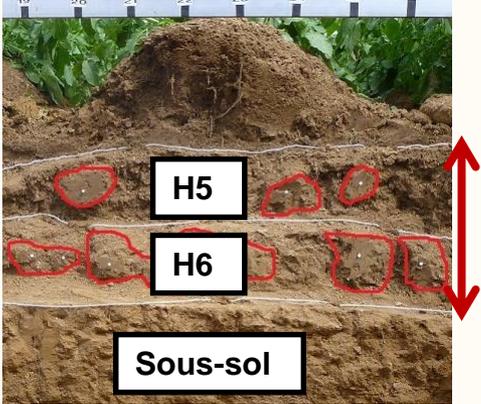
Mauvaise
colonisation
racinaire en
profondeur

Essais Sol-D'Phy et EAUPTION PLUS
Agro-Transfert-RT



Conséquences des tassements

Impact du tassement sur l'enracinement :



Climat sec en 2011
Irrigué
Non irrigué

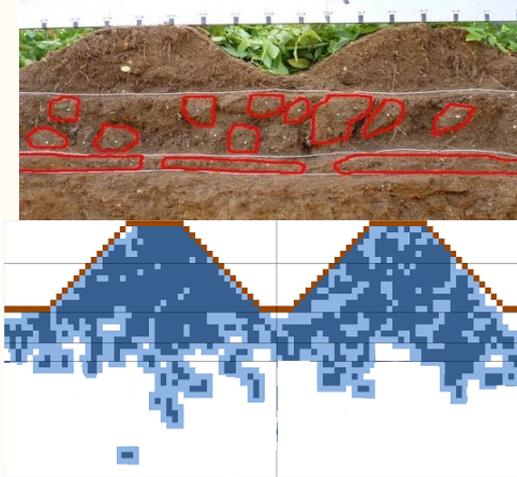
- La profondeur d'enracinement diminue sous les zones tassées
 - Effet de l'humidité sur la réponse au tassement : effets renforcés en situations hydriques plus limitantes
- Une zone tassée est plus facilement franchissable par les racines si elle est humide

Source : Essais Sol-Dphy et Eaupion Plus, Agro-Transfert



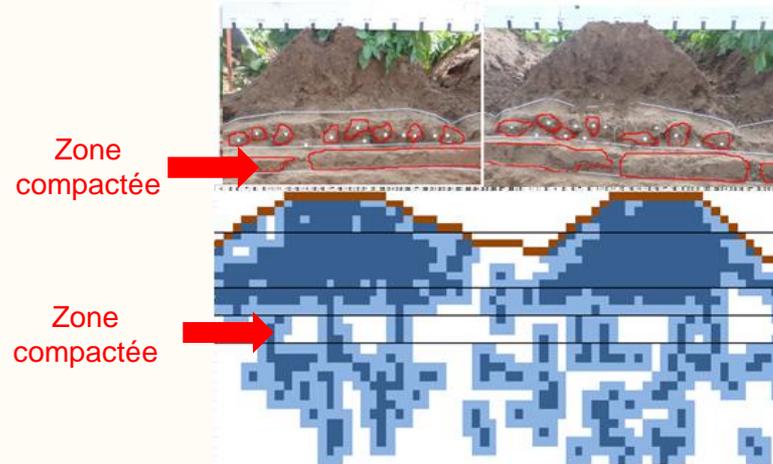
Effet de la fonctionnalité de la porosité sur l'enracinement en profondeur :

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



Photos : Agro-Transfert-RT

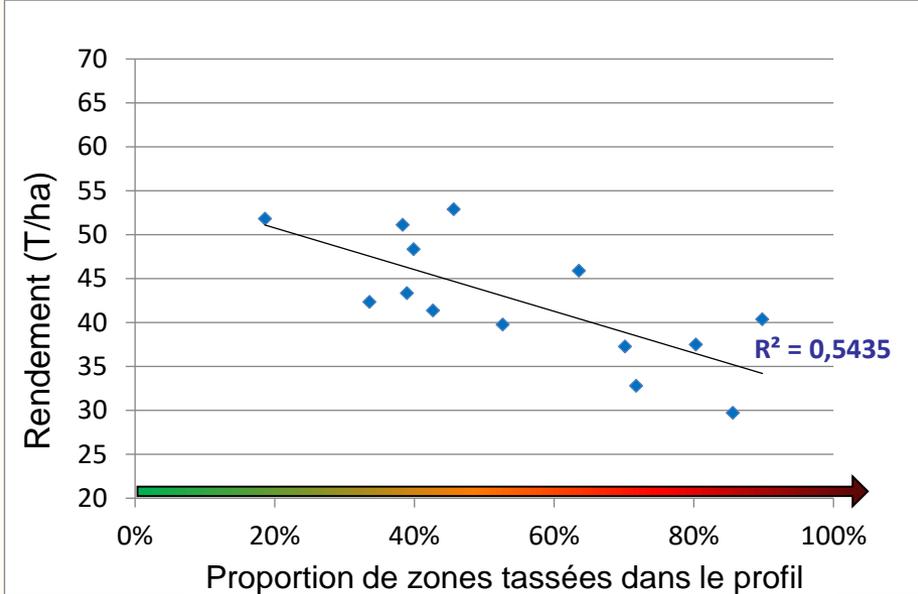


→ Passage des racines dans les galeries ou fissures pour coloniser les horizons profonds

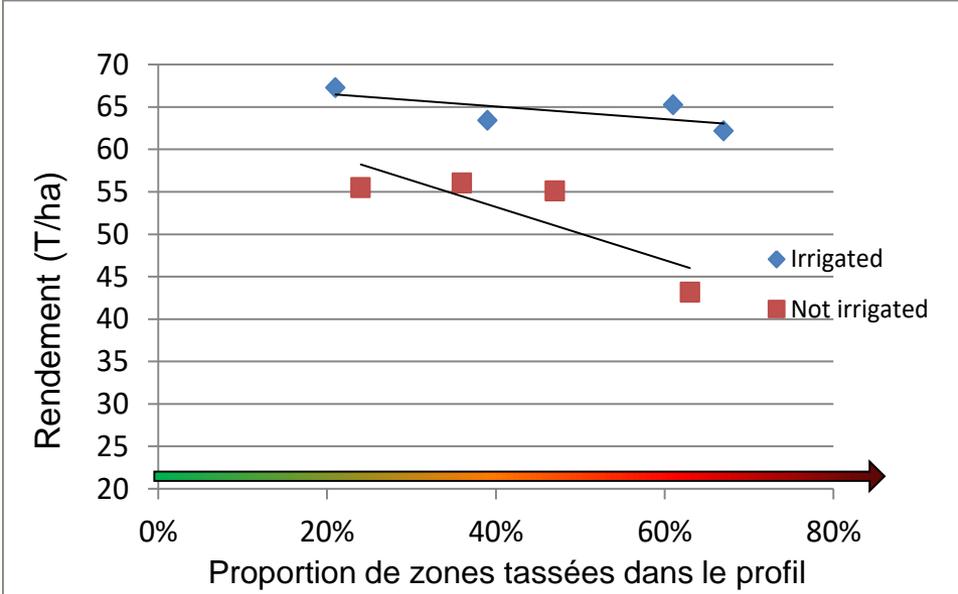
Conséquences des tassements

Impact du tassement sur la productivité :

2012



2013



Essais EAUPTION PLUS / Sol-D'Phy, 2012, 2013

- ➔ Possibles différences significatives de rendement en fonction du tassement
- ➔ La relation entre tassement et rendement n'est pas systématique et dépend des conditions climatiques de l'année



Conclusions

Les apports du projet :

- ← des d'éléments de connaissance et des **illustrations concrètes de la réalité des problèmes de tassement** dans différents types de systèmes agricoles (SdC x type de sol x climat) en Hauts de France
- ← la **démonstration des conséquences possibles**, car objectivement observées, des tassements **sur le développement et la productivité des cultures**
- ← des moyens faciles à mettre en œuvre permettant aux **agriculteurs eux-mêmes, avec leurs conseillers**, de constater les tassements dans leurs parcelles

Éléments importants de sensibilisation :
vis-à-vis des agriculteurs, conseillers, autres acteurs des filières de production régionales

Outils de diagnostic :
pour décider de pratiques correctives à CT

- l'analyse et l'illustration concrète de l'impact des différents facteurs de tassement (poids à la roue, humidité du sol, pneumatiques, nombres de passages) **sur la structure du sol**

Références pour mieux comprendre et remonter aux causes des tassements
=> pouvoir développer des approches préventives à CT et à MT/LT

Conclusions et perspectives

Questions ouvertes par le projet :

Sensibilisation permise par les actions et résultats du projet



prise de conscience progressive par les agriculteurs de l'importance des risques liés aux tassements, et pas seulement pour la culture suivante

Potentiellement c'est la **fertilité physique et biologique des sols sur le LT** qui est affectée, donc le **potentiel de production de ces sols** et leur **capacité à rendre les systèmes de production suffisamment résilients face aux aléas** (climatiques, liés aux marchés,)

Or, le **potentiel des sols des Hauts de France** est connu comme **un des atouts majeurs** de l'agriculture régionale

⇒ Conscience acquise par de plus en plus d'agriculteurs et de conseillers de l'importance de **gérer les problèmes de tassement de façon préventive**, comme des **décisions d'investissement sur le long terme**.

Conclusions et perspectives

Questions ouvertes par le projet :

Sensibilisation permise par les actions et résultats du projet



prise de conscience aussi par les autres acteurs des principales filières de production régionales :
ils sont concernés à différents niveaux par les décisions à prendre pour lutter contre ces risques
filière Betterave sucrière, particulièrement, avec le nouveau plan sucre, mais pas seulement ...

⇒ Orientation de futurs travaux

vers la **construction de stratégies de lutte préventive contre le tassement**, intégrant en priorité les **préoccupations et intérêts des agriculteurs** mais aussi **celles des acteurs techniques et économiques avec qui ils travaillent et construisent leur revenu.**

=> *Débat / réflexion en cours entre les partenaires du projet pour mettre en place ce **travail collectif**, impliquant **plusieurs filières, plusieurs métiers** (donc potentiellement de nouveaux partenaires), et des **visées de moyen à long terme***

Conclusions et perspectives

Orientation de futurs travaux : les pistes principales ...

- Examiner les conséquences des tassements sur le MT/LT à l'échelle du système de culture, en tenant compte des possibilités de régénération naturelle des zones tassées, en particulier dans les couches non travaillées du sol
- Construire l'aide à la décision préventive nécessaire pour cerner les marges de manœuvre d'amélioration des pratiques, à CT mais surtout à MT/LT
 - choix de dates d'intervention selon humidité du sol,
 - choix / reconception du matériel,
 - organisation des chantiers,
 - adaptation des systèmes de culture ...

Pour cela associer :

- l'acquisition de références régionales complémentaires sur les effets des chantiers et leurs conséquences à CT et MT/LT
- la modélisation de ces effets par l'outil Terranimo® : simulation des effets de choix alternatifs => évaluation des marges de manœuvre de modification de ces choix

Pour en savoir plus :

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

Et rendez-vous au
colloque de fin de projet SOL-D'Phy
en **septembre 2018**

Merci pour
votre attention

AGRO TRANSFERT **SOL D'Phy**

COLLOQUE
de clôture du projet Sol D'Phy,
gestion durable de la fertilité
physique des sols cultivés

Mi-septembre
2018

Aide à la décision pour lutter contre
les tassements des sols agricoles :

- Méthodes de diagnostic de la structure
- Sensibilisation et prévention

Présentation des résultats & ateliers terrain

Plus d'informations prochainement sur le site www.agro-transfert-rt.org
Contact : v.tomis@agro-transfert-rt.org

UNION EUROPÉENNE **Europe** **son** **g** **age** **Hauts-de-France** **Région** **Hauts-de-France**