

TASSEMENTS DES SOLS

Prévenir et corriger leurs effets



Résultats 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



Ce projet est co-financé par l'Union européenne avec le Fonds européen de développement régional (FEDER)



Partenaires scientifiques et techniques



La structure du sol correspond au mode d'assemblage des particules du sol en agrégats. Le volume d'un sol bien structuré est formé à 50 % environ de pores, occupés par de l'air et/ou de l'eau.

Le tassement du sol correspond à une diminution de la porosité suite à l'application d'une pression sur le sol.

La préservation de la fertilité physique des sols est un enjeu majeur pour réduire la dépendance des systèmes aux intrants (notamment, fertilisants chimiques et eau d'irrigation), tout en maintenant un niveau de productivité élevé et en réduisant les impacts environnementaux.

Or, les tassements des sols aboutissent à une dégradation de la qualité des sols :

- la résistance à la pénétration plus élevée, limite l'enracinement des cultures ;
- la vitesse d'infiltration de l'eau est réduite ;
- le stockage de l'eau est moindre lorsque le tassement est très sévère ;
- l'activité biologique du sol est perturbée.



Motte tassée



Zone tassée / zone non tassée



Motte à structure favorable

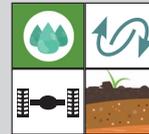
Fiche 1. Facteurs déterminant le risque de tassement

Fiche 2. Conséquences des tassements sur les cultures

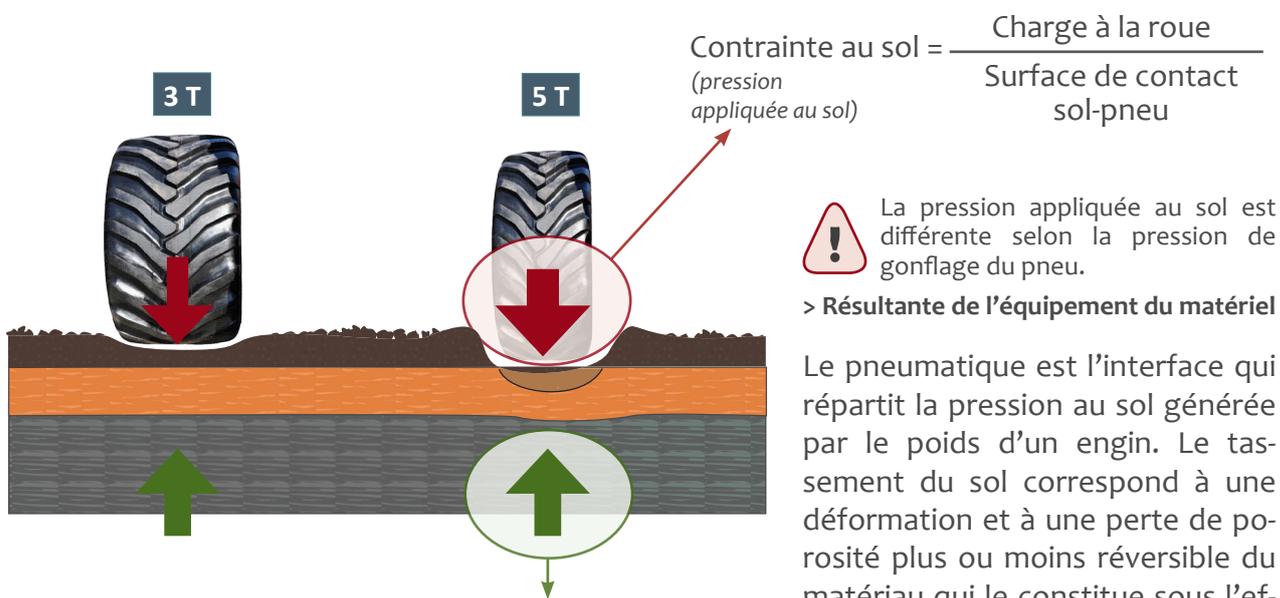
Fiche 3. Solutions préventives vis-à-vis des risques de tassements

Fiche 4. Solutions correctives mécaniques contre les tassements

Facteurs déterminant le risque de tassement



DÉFINITION DU RISQUE DE TASSEMENT

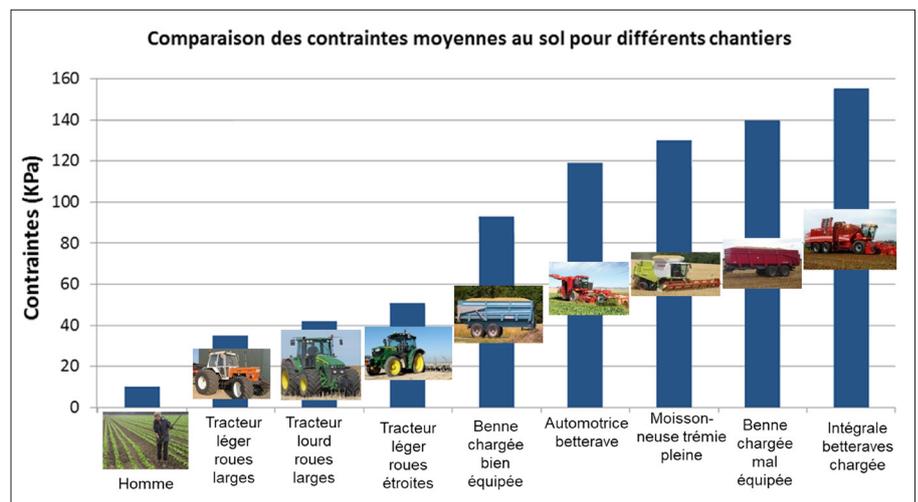


La résistance du sol dépend principalement de son humidité, sa texture et de sa résistance mécanique (type de porosité et stabilité structurale).

Le pneumatique est l'interface qui répartit la pression au sol générée par le poids d'un engin. Le tassement du sol correspond à une déformation et à une perte de porosité plus ou moins réversible du matériau qui le constitue sous l'effet d'une contrainte (pression sous les roues d'un engin) supérieure à sa résistance mécanique.

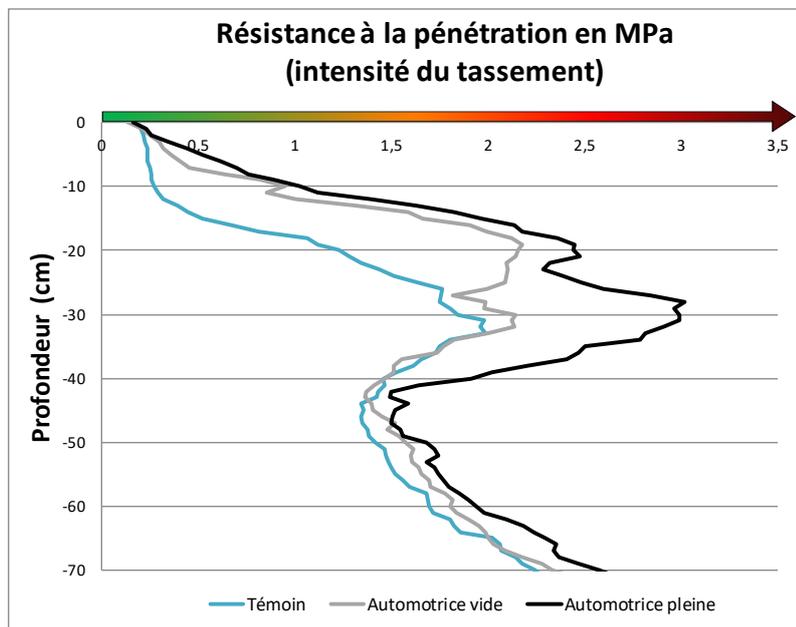
L'intensité du tassement dépend des contraintes appliquées et de la sensibilité du sol.

En parcelle agricole, les contraintes les plus élevées concernent les chantiers de récolte et le transport.



EFFET DE LA CHARGE PAR ESSIEU

Illustration : Essai Sol-D'Phy, octobre 2015, sur sol limoneux humide en profondeur - arracheuse automotrice à pommes de terre - comparaison trémie vide (17 t/essieu) et trémie pleine (24 t/essieu)



A propos de la courbe :

Mesures pénétrométriques réalisées sur le passage de la roue arrière de l'automotrice, après arrachage.

Chaque courbe est la moyenne de 24 points de mesure.

L'intensité du tassement peut être évaluée selon la valeur pénétrométrique : plus elle est élevée, plus le sol est résistant à la pénétration et risque de limiter l'enracinement des cultures.

La profondeur atteinte par le tassement a été définie en fonction de l'allure des courbes pénétrométriques entre le témoin non roulé et le passage de roue : profondeur à laquelle les courbes se rejoignent.

A vide (17 t/essieu), le tassement engendré par le passage de l'automotrice atteint 25 à 30 cm de profondeur, alors que lorsque la trémie est pleine (24 t/essieu), le tassement atteint 40 cm de profondeur. La semelle de labour préexistante a été accentuée par le passage de l'automotrice trémie pleine.

Profondeur atteinte par le tassement selon la charge par essieu dans 8 situations dont l'humidité du sol est proche

Site	Sensibilité du milieu		Caractéristiques des chantiers		Profondeur atteinte par le tassement
	Type de sol	Humidité du sol en profondeur lors de l'intervention	Modalité	Charge par essieu	
1	Limon	21,5 % d'humidité (proche de la capacité au champ)	Passage de la benne pleine	10 t	25 cm
2		22,5 % d'humidité (Capacité au champ)	Passage Intégrale à betterave de 12 m3 pleine	14 t	20 cm
3		21,5 % d'humidité (proche de la capacité au champ)	1 passage de roue automotrice PdT vide (roue arrière)	17 t	25 cm
4		21,3 % d'humidité (proche de la capacité au champ)	1 passage de roue automotrice PdT vide (roue arrière)	17 t	28 cm
5		22,5 % d'humidité (Capacité au champ)	Passage de roue débardeuse à betterave de 22 m3 pleine	19,5 t	35 cm
6		21,5 % d'humidité (proche de la capacité au champ)	1 passage de roue automotrice PdT pleine (roue arrière)	24 t	35 cm
7		21,3 % d'humidité (proche de la capacité au champ)	1 passage de roue automotrice PdT pleine (roue arrière)	24 t	40 cm
8		22,8 % d'humidité (proche de la capacité au champ)	1 passage de roue intégrale à betterave pleine (roue arrière)	27 t	45 cm

Sur les sites en sols de limons, étudiés dans le projet Sol-D'Phy dont l'humidité du sol en profondeur était proche de la capacité au champ (sol humide mais ressuyé), l'augmentation de la charge par essieu augmente la profondeur atteinte par le tassement, en modifiant les propriétés physiques mesurées (résistance à la pénétration et densité apparente principalement).

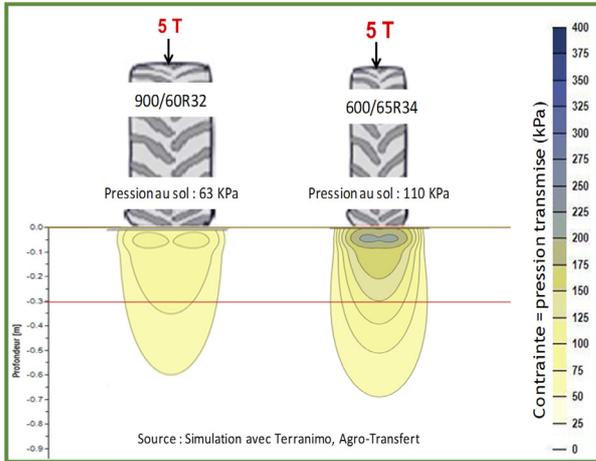
Ne pas dépasser 17 t/essieu en cas d'intervention sur des sols limoneux et humides, pour éviter les tassements profonds, au-delà de 30 cm.

L'augmentation de la charge par essieu augmente la profondeur atteinte par le tassement lorsque le sol est humide.

EFFET DES PNEUMATIQUES

Dimension des pneumatiques

Impact du type de pneumatique sur les propagations des contraintes dans le sol



Impact du type de pneumatique :

- Il détermine la pression au sol et l'intensité du tassement en surface. Ainsi, un pneumatique à grand volume d'air permet de diminuer la contrainte en surface via l'augmentation de la surface d'empreinte au sol.
- Il influence peu la propagation des contraintes en profondeur.

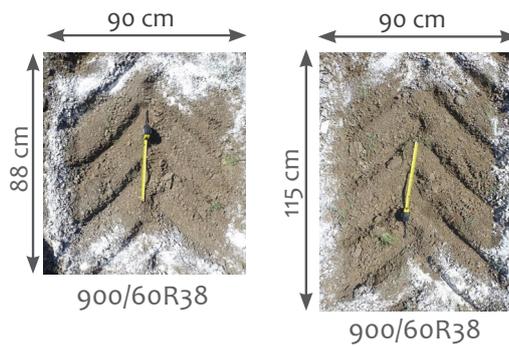
La combinaison type de pneumatique x pression de gonflage détermine la surface d'empreinte. Elle influence donc directement la contrainte au sol et détermine en grande partie le risque de tassement en surface.

Pression de gonflage

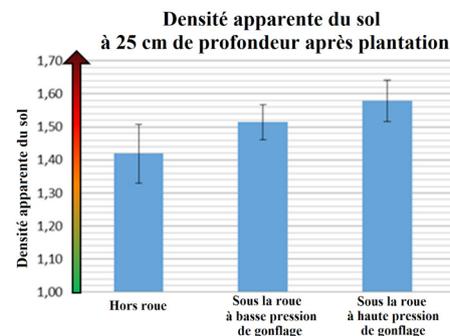
Impact de la pression de gonflage sur la surface d'empreinte et le tassement du sol - Essai Sol-D'Phy, mai 2016



La diminution de la pression de gonflage augmente la surface d'empreinte du fait de l'écrasement du pneumatique.



Pour un pneumatique donné, c'est alors principalement la longueur de l'empreinte qui varie. L'augmentation de la surface d'empreinte se traduit par une diminution de la pression exercée sur le sol et par une diminution du risque de tassement dans les 25 premiers cm du sol.

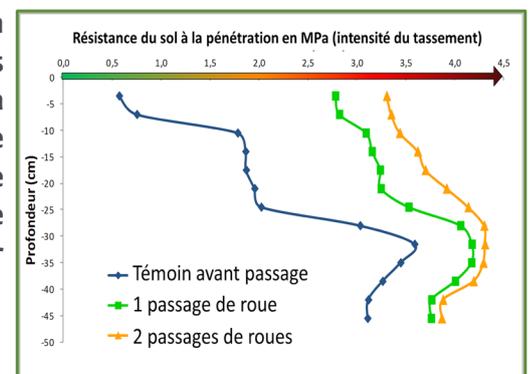


EFFET DU NOMBRE DE PASSAGES

Les passages de roues successifs sur une même surface de sol augmentent l'intensité du tassement, principalement en surface, sans augmenter la profondeur atteinte par les tassements sévères.

Le 1^{er} passage est celui qui a le plus d'impact sur la structure du sol.

Illustration de l'impact d'un ou de deux passages de roues d'une arracheuse intégrale à betterave
Essai Sol-D'Phy, novembre 2014, sur sol limoneux humide en profondeur

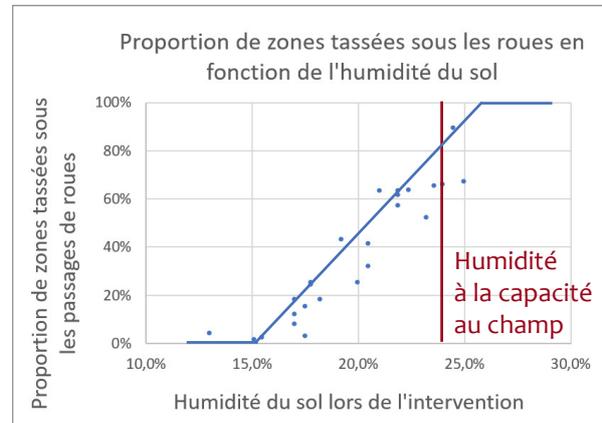
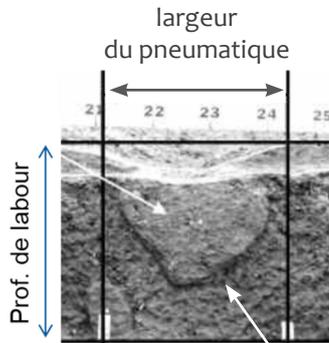


Les passages répétés de roues accentuent l'intensité du tassement créé par les passages précédents les plus lourds sans augmenter la profondeur de compactage atteinte sous le passage de roue comportant la charge par essieu la plus élevée. Cependant, ils n'affectent pas la profondeur atteinte par le tassement.

EFFET DE L'HUMIDITÉ DU SOL

Illustration de l'effet de l'humidité du sol en surface (25 premiers cm) sur l'intensité du tassement dans l'horizon labouré lors d'un chantier de récolte de maïs (moissonneuse)

Essai pluriannuel INRA, sur sol limoneux (Boizard et al., 2002)



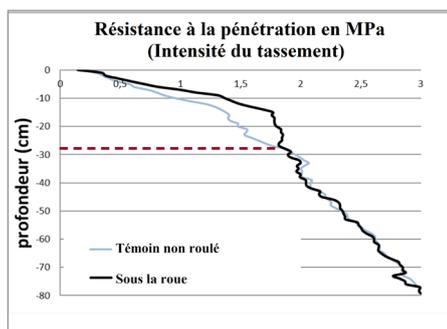
Détermination de la proportion de zone tassée sous la roue de la moissonneuse en fonction de l'humidité

Lors d'un passage d'engin, l'intensité du tassement s'accroît en fonction de l'humidité du sol.

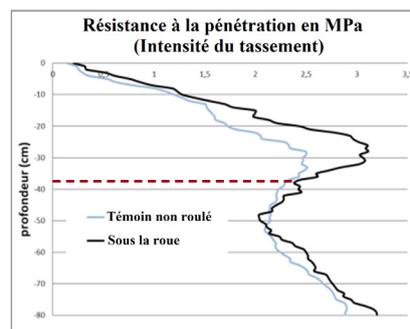
Pour des chantiers lourds, le tassement du sol dans les 25 premiers cm devient très élevé pour des humidités proches de la capacité au champ (sol humide mais ressuyé, une fois que l'eau en excès s'est infiltrée). Les ornières interviennent généralement lorsque le sol est détrempe, avec une humidité au-delà de la capacité au champ. Néanmoins, les tassements peuvent apparaître dans des gammes d'humidité bien plus larges autour de la capacité au champ, sans qu'il n'y ait présence d'ornières.

Illustration de l'effet de l'humidité du sol en profondeur sur 3 sites avec des charges par essieu identiques

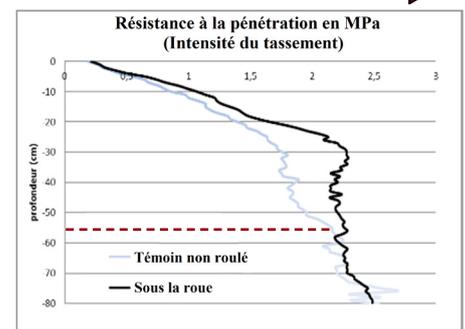
Humidité du sol en profondeur



20,7 t/essieu
20 % d'humidité en prof.
Prof. de tassement ≈ 25 cm



19,8 t/essieu
22,5 % d'humidité en prof.
Prof. de tassement ≈ 35 cm



20 t/essieu
37 % d'humidité en prof.
Prof. de tassement ≈ 55 cm

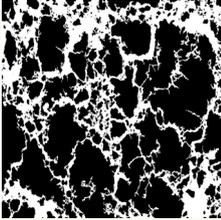
L'augmentation de l'humidité du sol en profondeur accroît le risque de tassement profond lors des chantiers lourds.

L'augmentation de l'humidité du sol accroît la sensibilité du sol au tassement en surface et en profondeur. Les tassements deviennent sévères dès lors que l'humidité atteint la capacité au champ (sol humide mais ressuyé, 2-3 jours après une forte pluie).

EFFET DU TYPE DE POROSITÉ INITIALE

Trois types de porosité dans le sol, classées selon leur origine :

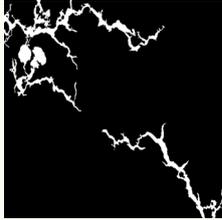
Porosité d'assemblage



Porosité interstitielle entre les agrégats, issue principalement du travail du sol



Porosité fissurale



Porosité issue de l'alternance humectation - dessiccation du sol



Porosité tubulaire



Porosité issue de la biologie du sol (galeries de vers de terre, racines)



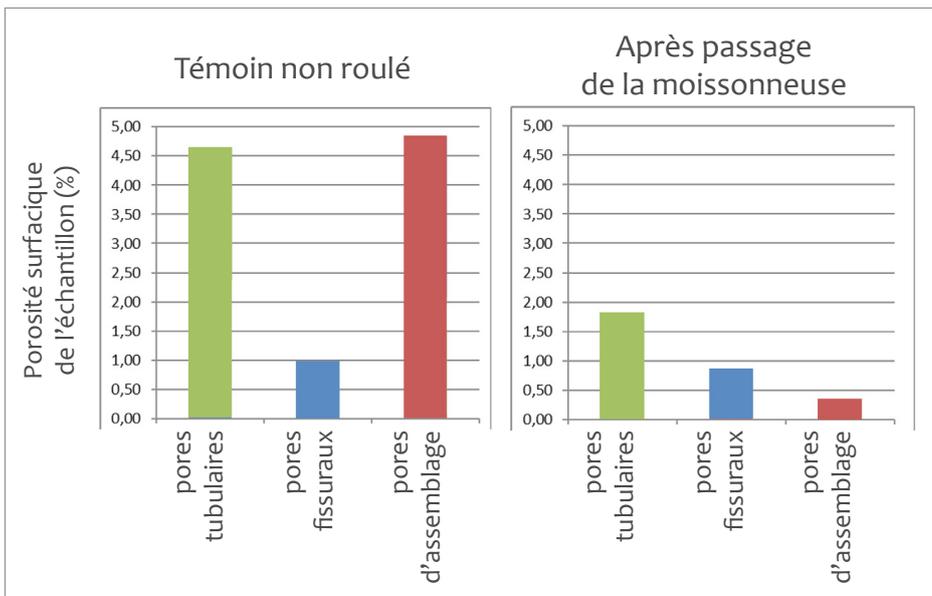
Le type de porosité présente dans un sol peut être caractérisé en établissant une classification morphologique des macropores par analyse d'image.



Source : V. Hallaire UMR SAS INRA Rennes

Effet d'un passage d'une moissonneuse sur le type de porosité présente dans le sol, entre 5 et 15 cm de profondeur - Essai Sol-D'Phy, sur sol limoneux, novembre 2015

Avec la participation de la Chambre d'Agriculture de Bretagne et l'INRA de Rennes



Galerie de ver de terre verticale ayant résisté au tassement

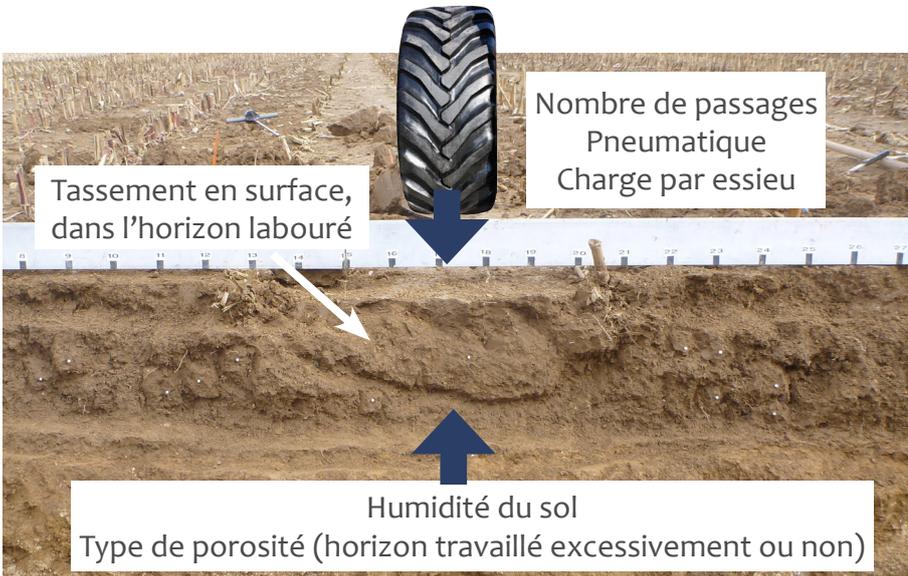
Le passage de la moissonneuse, lors de la récolte du maïs, a affecté essentiellement la porosité d'assemblage, issue principalement du travail du sol.

La porosité verticale (fissures, galeries) résiste mieux au tassement par les engins que la porosité issue du travail du sol, qui est généralement plus sensible au tassement.

SYNTHÈSE

Tassement en surface

Facteurs déterminant le tassement en surface :



Le tassement de surface est directement lié à la pression exercée sur le sol et à la résistance du sol.

Les pneumatiques à grands volume d'air, qui permettent d'augmenter la surface d'empreinte au sol, ont un impact majeur pour limiter le risque de tassement en surface.

Tassement en profondeur

Facteurs déterminant le tassement en profondeur :



Le tassement en profondeur, sous l'horizon habituellement travaillé (au-delà de 25 cm) dépend principalement de la charge par essieu et de l'humidité du sol lors de l'intervention.

L'horizon pédologique (horizon jamais travaillé) est souvent plus résistant au tassement par le type de porosité présente (galerie de vers de terre, fissures, microporosité d'enchytréides).

L'horizon pédologique plus argileux des limons loessiques, structurés verticalement (structure prismatique) est moins sensible au tassement que les horizons travaillés mécaniquement.



Conséquences des tassements sur les cultures



TASSEMENT EN SURFACE 0-25 CM

Les tassements en surface, sur les 25 premiers cm, sont préjudiciables à la culture en cours, particulièrement lors des années très humides et des années très sèches, principalement lorsqu'ils n'ont pas été repris par un travail du sol avant l'implantation de cette culture.

Ces tassements apparaissent dans deux cas de figure :

- implantation la culture
- lors de la récolte du précédent, ou lors d'un épandage, non suivi d'un travail profond

Tassements lors de l'implantation des cultures

Illustration en betterave



Conséquence du compactage dû aux roues de préparation, sur le développement des pivots

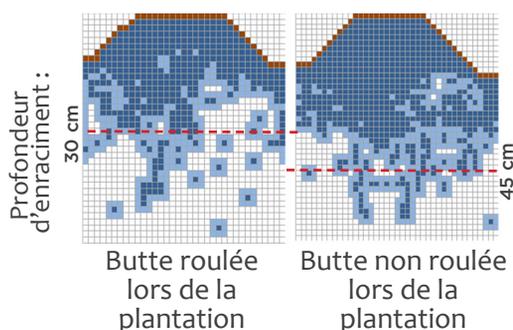


Pivots développés hors zone tassée

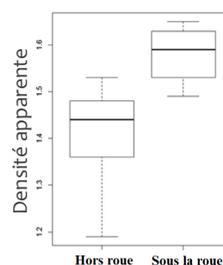
Illustration : cas d'une culture de pommes de terre

Impact d'une plantation combinée (fraise+planteuse+butteuse en un passage) sur le développement des pommes de terre en 2016

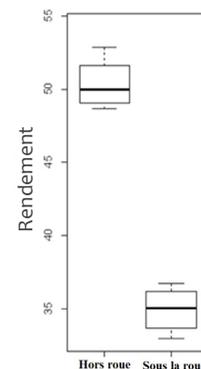
Décalage de floraison sur les buttes roulées :



Densité du sol à 25 cm de profondeur après la plantation



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



Présence de tassement dans les buttes roulées lors de l'implantation des pommes de terre

- > Enracinement moins profond
- > Retard de végétation
- > Diminution du rendement de 30 % sous les passages de roues

Tassements lors de la récolte du précédent, ou lors d'un épandage, avec implantation de la culture en place sans travail profond

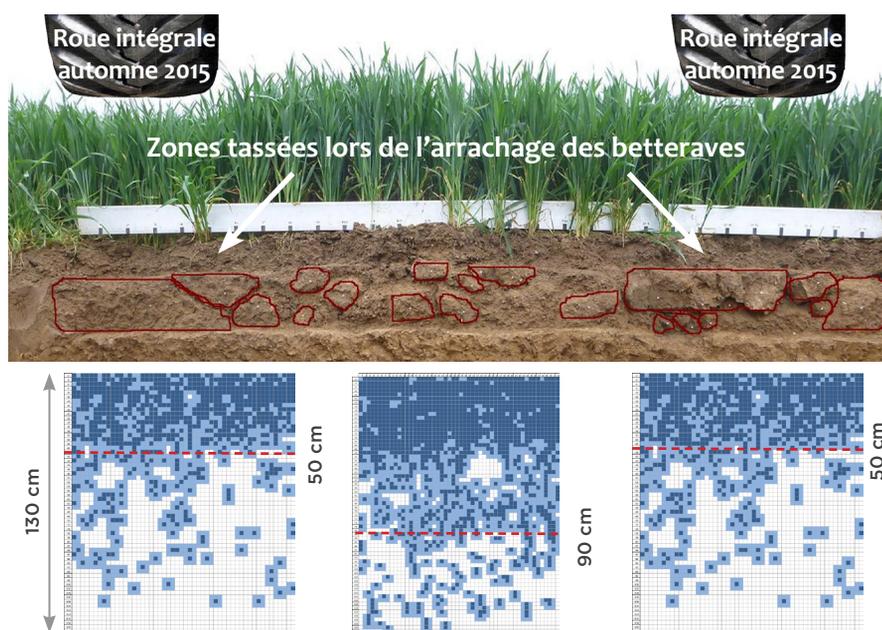


Illustration : cas d'un blé après récolte de betteraves



Impact des passages de roues lors de la récolte des betteraves

Profil culturel et racinaire en 2016 sur un blé précédent betterave



Légende

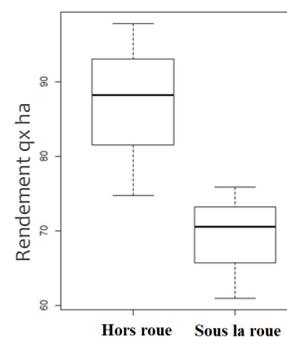
- présence de racines
- zone valorisée par les racines
- zone non valorisée par les racines
- profondeur d'enracinement efficace

> État structural dégradé sous les passages de roues de l'intégrale à betteraves

> Développement aérien plus faible dans les zones roulées à la récolte

> Enracinement du blé plus faible sous les passages de roue de l'arracheuse à betteraves

Rendement du blé



> Baisse de rendement de 20 % par rapport à la modalité non roulée

> En années humides, les tassements de surface entraînent une mauvaise infiltration de l'eau et une asphyxie des racines qui affecte la productivité des cultures

> En années sèches, les tassements de surface entraînent un défaut d'enracinement, en particulier pour les racines pivotantes et les tubercules.

TASSEMENT EN PROFONDEUR, SOUS L'HORIZON HABITUELLEMENT TRAVAILLÉ

Les tassements en profondeur, sous l'horizon habituellement travaillé, sont préjudiciables principalement au cas d'années sèches. Ces tassements sont le plus souvent hérités de l'historique cultural : accumulation d'effets des chantiers lourds en conditions humides.

Illustration : cas d'une culture de pommes de terre

Impact des conditions de récolte des betteraves sur la culture de pommes de terre suivante

Etat structural favorable



Bonnes conditions de récolte des betteraves



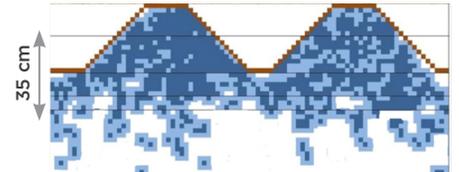
Bonne colonisation racinaire en profondeur

- > Peu de tassement en profondeur
- > Bon développement aérien et racinaire des pommes de terre

Etat structural dégradé



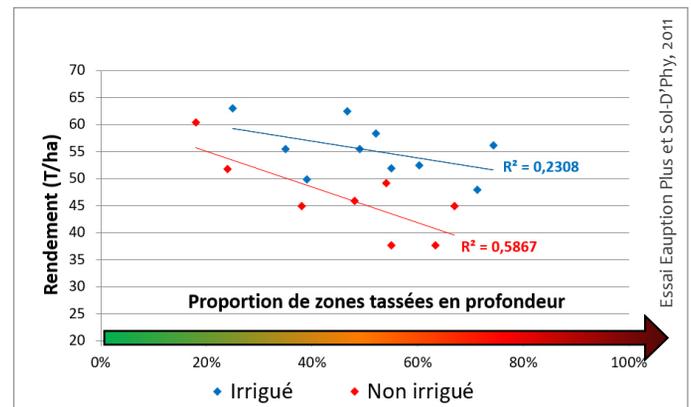
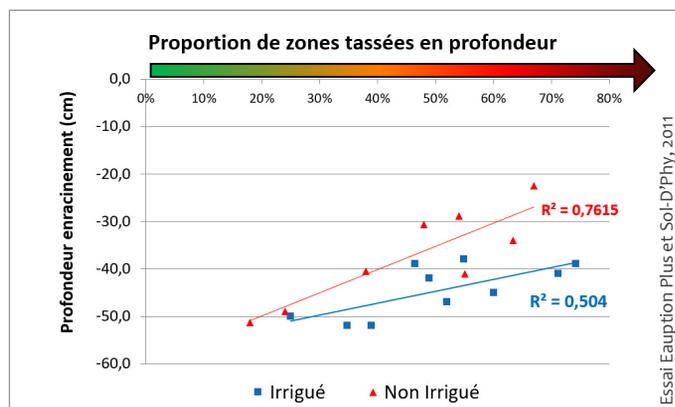
Mauvaises conditions de récolte des betteraves



Mauvaise colonisation racinaire en profondeur

- > Nombreuses zones tassées en profondeur
- > Mauvais développement aérien faible enracinement des pommes de terre

Impact de la proportion de zones tassées en profondeur sur l'enracinement et la productivité des pommes de terre en fonction de l'irrigation dans un réseau de parcelles en 2011 (année à printemps sec)



Les tassements profonds limitent l'enracinement et la productivité, en particulier dans les parcelles non irriguées lors des années sèches

- > En années humides (2012, 2016), les tassements profonds ont un impact limité sur la culture puisque la résistance du sol à la pénétration des racines est réduite par l'humidité du sol.
- > En années sèches, les tassements profonds affectent la productivité en limitant l'enracinement des cultures et donc l'utilisation des ressources en profondeur.

RÉPERCUSSIONS ÉCONOMIQUES POSSIBLES DES TASSEMENTS : EXEMPLES D'ÉVALUATION



Exemple d'une parcelle de blé, précédent betterave, récolte 2016

Parcelle limoneuse, la récolte des betteraves a été réalisée en conditions peu humides pour la saison, le printemps 2016 a été humide

➤ 30 % de la parcelle est hors passages de roues quand l'intégrale à betterave fonctionne roue dans roue

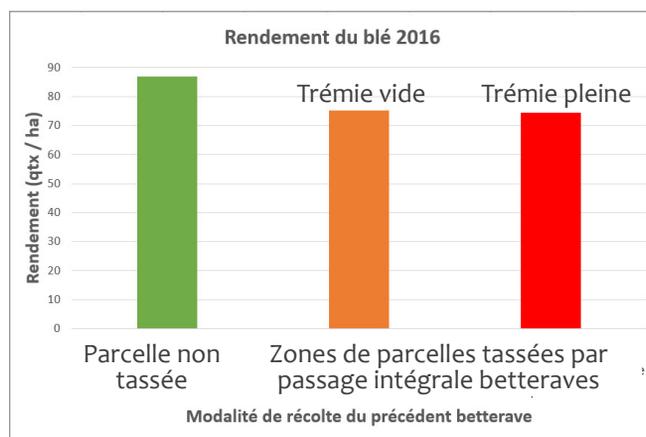
Rendement en blé :

- Parcelle sans tassement à la récolte des betteraves :
86 qtx / ha

Lorsqu'il y a eu dégradation de la structure lors de la récolte de betterave :

- Intégrale trémie vide : **chute du rendement de 13 %**
-> **perte de 180 € / ha**

- Intégrale trémie pleine : **chute du rendement de 14,5 %**
-> **perte 193 € / ha**



Exemple d'une parcelle de pomme de terre en 2016

Parcelle limono-argileuse, plantation en conditions humides, printemps humide

➤ 50 % des buttes d'une parcelle sont foulées lors de l'implantation des pommes de terre (plantation combinée fraise-plantreuse-butteuse en un passage).

Impact des tassements sur le rendement :

Rendement en pomme de terre d'une parcelle **sans tassement** à l'implantation : **51 t / ha**

En 2016, l'implantation des pommes de terre a entraîné des tassements dans les buttes roulées.

Selon la pression de gonflage des pneumatiques :

chute de rendement : 5,5 % à 13 %

Impact des tassements sur la qualité des tubercules :

- Zone non roulée : moins de 4 % de tubercules crevassés

- Dans les buttes roulées par le tracteur lors de la plantation : jusqu'à 8 % de tubercules crevassés

Rendement commercialisable (tubercules > 35 mm et non crevassés) est de **49 t/ha** pour la modalité sans tassement.

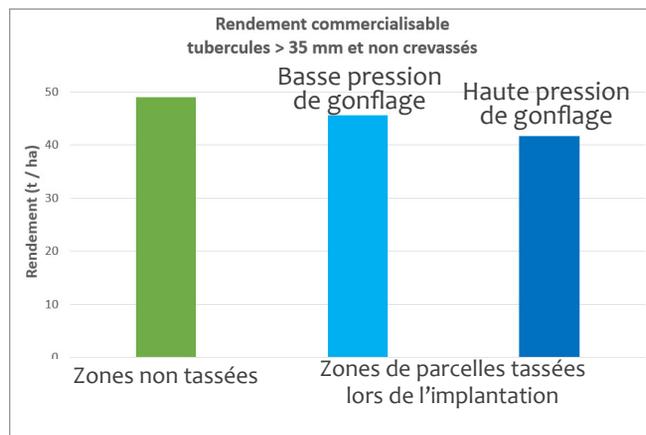
Dans les autres modalités :

- Tracteur en roues larges basse pression (0.8 bar) :

chute de rendement de 6,8 % -> perte de 830 € / ha

- Tracteur en roues larges haute pression (1.5 bar) :

chute de rendement de 15 % -> perte de 1830 € / ha



Pomme de terre difforme (crevasée)
du fait du tassement

L'impact des tassements sur le rendement des cultures est variable selon le climat de l'année. Les exemples présentés ci-dessus sont issus des résultats des expérimentations menées une année particulière, ils ne peuvent pas être généralisés dans tout contexte pédoclimatique.

Solutions préventives vis-à-vis des risques de tassements



CHOIX DES ÉQUIPEMENTS

Répartition du poids par essieu

Impact de la charge à roue sur la profondeur atteinte par le tassement :
3 Transbordeurs de 30 m³ :



Profondeur atteinte par le tassement (simulation par Terranimo®, en sol humide) :

Plus d'informations sur le logiciel Terranimo® en page 5.

Augmenter le nombre d'essieux pour diminuer la charge par roue et donc la profondeur atteinte par le tassement. La régénération des tassements de surface étant plus facile.

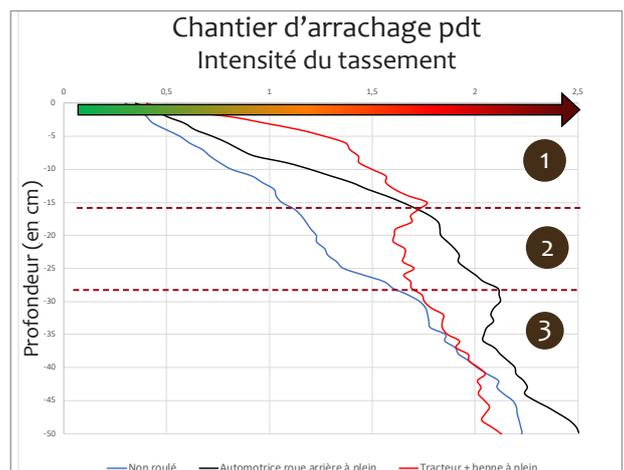
Privilégier un seul passage lourd ou plusieurs passages plus légers ?

Comparaison entre une benne et une arracheuse automotrice à pommes de terre (essai Sol-D'Phy, octobre 2015, sur sol limoneux humide en profondeur)

Tracteur + benne : 5 passages de roues successifs à 2 t/roue (tracteur) et 5 t/roue (benne)
Automotrice : 1 passage de roues à 12 t / roue

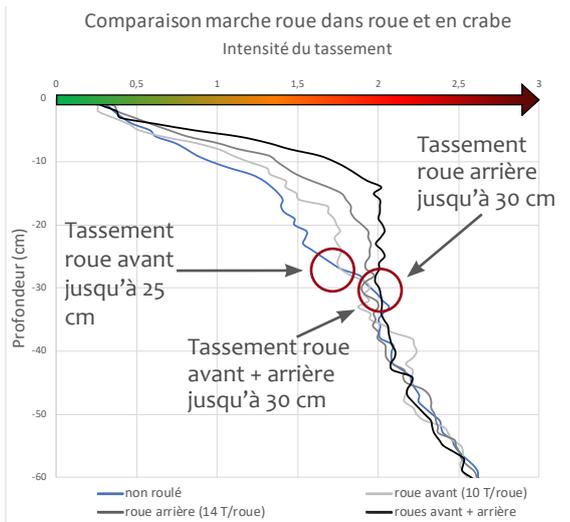
- 1 Effet répétition des passages : impact tracteur + benne > impact automotrice
- 2 Effet charge à la roue : impact automotrice > impact tracteur + benne
- 3 Effet charge à la roue importante : impact uniquement de l'automotrice

Les tassements de surface se régénérant facilement, privilégier plusieurs passages légers pour limiter le tassement en profondeur.



Marche « en crabe » (essieux décalés) ou marche « roue dans roue »

Comparaison lors d'un arrachage de betterave (essai Sol-D'Phy, nov. 2015, sur sol limoneux peu humide en profondeur)



Marche en crabe

Lors de la marche « en crabe », la profondeur atteinte par le tassement est plus importante sous la roue arrière que sous la roue avant (charge plus importante).



Marche roue dans roue

En adoptant la marche « roue dans roue », l'intensité du tassement augmente dans la zone roulée par les 2 roues mais la profondeur atteinte est identique à la profondeur du tassement sous la roue arrière seule.

Le double passage de roue accentue le tassement en surface mais n'approfondit pas le tassement.

- Si le sol est sec en profondeur, il est plus résistant : peu de risque de tassement profond, privilégier la marche en crabe pour limiter l'intensité du tassement de surface.
- Si le sol est humide en profondeur, le sol est peu résistant : risque de tassement en profondeur, privilégier la marche roue dans roue pour limiter la zone affectée par les tassements profonds. Le second passage de roue n'augmente pas la profondeur atteinte par le tassement.

Effet chenille vs pneumatique

Le train de chenille permet d'augmenter considérablement la surface d'empreinte au sol mais la pression au sol n'est pas répartie de manière uniforme contrairement à un pneumatique : des pics de pression sont mesurables à l'aplomb des galets.

Comparaison d'une arracheuse de betterave chaussées de chenilles ou de pneumatiques

(essai Sol-D'Phy, novembre 2014, sol limoneux humide en profondeur)

Arracheuse à chenilles



240 cm

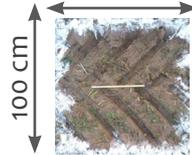


= 19 000 cm²

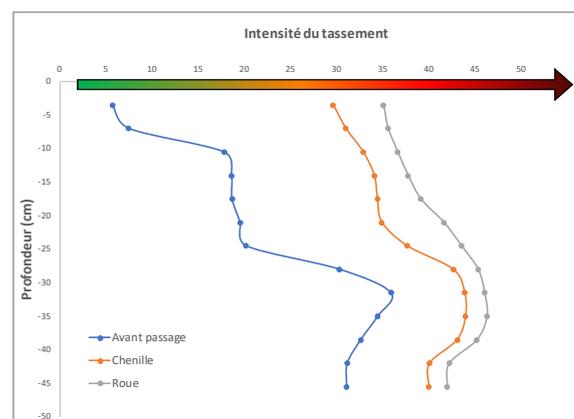
Arracheuse à pneus



100 cm



= 10 000 cm²



Jusqu'à 30 cm de profondeur, l'intensité du tassement est plus importante sous le passage de la roue. En profondeur (au-delà de 30 cm), aucune différence significative n'est observée entre chenille et pneumatique.

Privilégier les chenilles pour limiter les tassements en surface, en restant vigilant à l'architecture des chenilles, (tension de la bande de roulement, nombre de galets) pour une bonne répartition de la pression au sol.

Caractéristiques des pneumatiques : structure, dimension, pression de gonflage

• STRUCTURE DU PNEUMATIQUE : DIAGONALE OU RADIALE ?



Privilégier des pneus radiaux aux pneus diagonaux pour une meilleure répartition de la pression au sol.

• PRESSION DE GONFLAGE

Exemple d'un pneumatique 560/60R22,5, charge de 5,5 T :

- Pression gonflage = 3 bars -> surface empreinte = $0,30 \text{ m}^2$, contrainte en surface = $1,83 \text{ kg / cm}^2$
- Pression gonflage = 1,9 bars -> surface empreinte = $0,37 \text{ m}^2$, contrainte en surface = $1,49 \text{ kg / cm}^2$

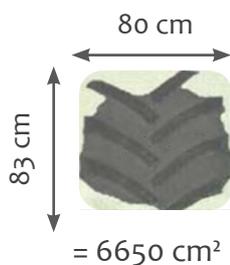
> Diminution de 20 % de la pression au sol

Diminuer la pression de gonflage pour augmenter la surface d'empreinte et limiter la pression exercée sur le sol.

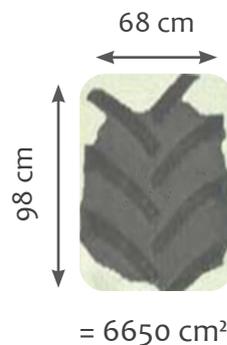
• DIMENSION

Comparaison de 2 pneumatiques de dimensions différentes mais ayant la même surface de contact avec le sol

800/65 R32
1,82 m de diamètre



680/85 R32
1,94 m de diamètre

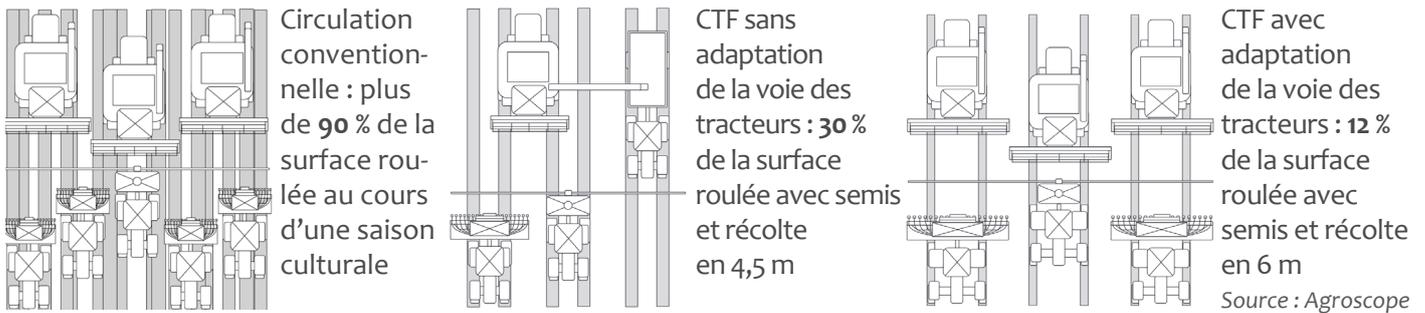


Le pneumatique de grand diamètre (680/85 R32), en augmentant principalement la longueur de la zone de contact, permet de réduire de 18 % la surface au sol impactée par le passage de roue comparativement au pneumatique plus large de 800/65R32.

Choisir un pneumatique à grand diamètre pour optimiser la ratio surface d'empreinte / surface impactée par le tassement.

OPTIMISATION DU TRAFIC, RÉDUCTION DE LA SURFACE DE LA PARCELLE AFFECTÉE PAR LE TASSEMENT

Sur une parcelle sans optimisation du trafic, 66 % à 100 % de la surface du sol est roulée au cours d'une saison culturale. Avec l'utilisation du GPS et en adaptant la voie des tracteurs et la largeur des outils, il est possible de localiser les passages de roues au même endroit pour réduire la surface de la parcelle affectée par le tassement. Ce concept, appelé Controlled Traffic Farming (CTF), est encore très peu employé en Europe car difficile à le mettre en œuvre dans notre contexte, avec une diversité de la taille des parcelles et de la largeur des outils, en particulier pour les systèmes avec betteraves et pommes de terre.



Dans les situations où la mise en œuvre du CTF n'est pas adaptée, il est possible d'adapter des voies de passage permanentes uniquement pour les chantiers lourds et à risque (récolte, transport, épandage, pulvérisation). Tous les autres travaux avec un faible risque de tassement peuvent être effectués sans limite de circulation.

Exemple sur 6 m :

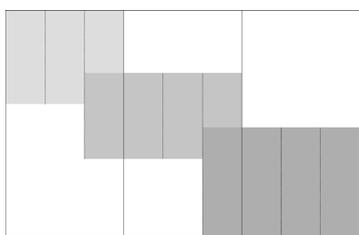
Arrachage des betteraves en 12 rangs à 50 cm d'écartement
 Bec de 8 rangs à 75 cm d'écartement pour le maïs
 Barre de coupe à céréale de 6 m (ou 12 m)
 Tonne à lisier et épandeur de produit organique à 6 ou 12 m
 Pulvérisateur en multiple de 6 m : 24 m, 30 m, 36 m...

Illustration d'optimisation du trafic à la récolte

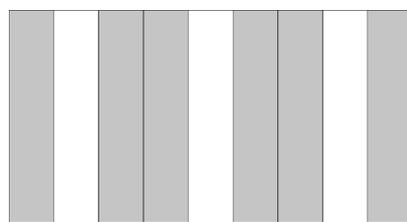


© wkro-media

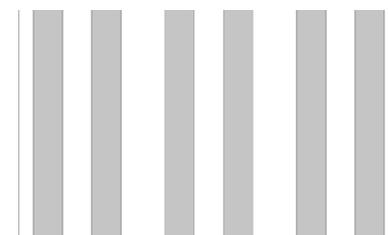
Illustration d'optimisation de la surface impactée par le tassement en récolte de betterave (interrang de 50 cm)



Intégrale 6 rangs en crabe :
100 % de la parcelle roulée



Intégrale 6 rangs roue dans roue :
67 % de la parcelle roulée



Intégrale 9 rangs roue dans roue :
45 % de la parcelle roulée

Avec des charges par essieu proches entre les arracheuses 6 et 9 rangs, l'arracheuse 9 rangs permet de réduire de 20 % la surface affectée lors de la récolte.

Préconisations pour raisonner l'organisation de la circulation :

- si non équipé de GPS : privilégier au minimum la circulation des bennes dans les passages de pulvérisateur lors des récoltes
- si équipé de GPS : adapter des voies de passage permanentes pour les chantiers lourds

PRÉVENIR LES RISQUES DE TASSEMENTS PAR L'UTILISATION D'UN OUTIL D'AIDE À LA DÉCISION : TERRANIMO®

Terranimo® est développé par des équipes de recherche Danoise (Université d'Aarhus) et Suisse (Agroscope).

Une version régionale adaptée aux conditions et aux chantiers rencontrés en Hauts-de-France est en cours de développement dans le cadre du projet Sol D'Phy d'Agro-Transfert RT.



AARHUS UNIVERSITET

<https://www.terranimodk>



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Swiss Confederation

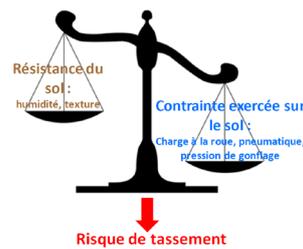
Federal Department of Economic Affairs FDEA
Agroscope Reckenholz-Tänikon
Research Station ART



Données d'entrée

Les données d'entrée Sol influencent la résistance du sol :

- Humidité du sol
- Texture du sol
- Densité apparente

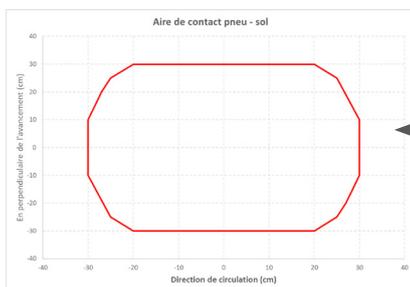


Les données d'entrée Machine influencent les contraintes au sol :

- Charge à la roue
- Pneumatiques : dimension et pression de gonflage

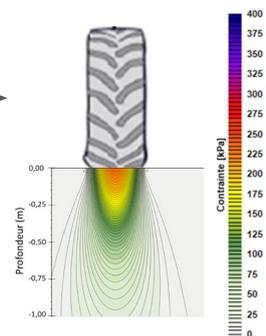
Sorties de l'outil

• SURFACE D'EMPREINTE



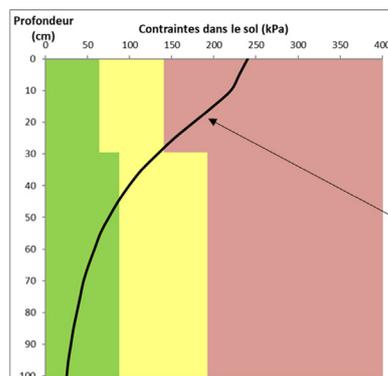
• PRESSION AU SOL ET PROPAGATION DE LA PRESSION DANS LE SOL

Pneumatique : 650/65R38
Pression de gonflage : 2 bars
Charge à la roue : 4000 kg



• NIVEAU DE RISQUE DE TASSEMENT

Le graphique compare les courbes de propagation de la contrainte dans le sol, sous chaque roue d'une machine, à la sensibilité du sol au de risque de tassement (trame de fond du graphique).



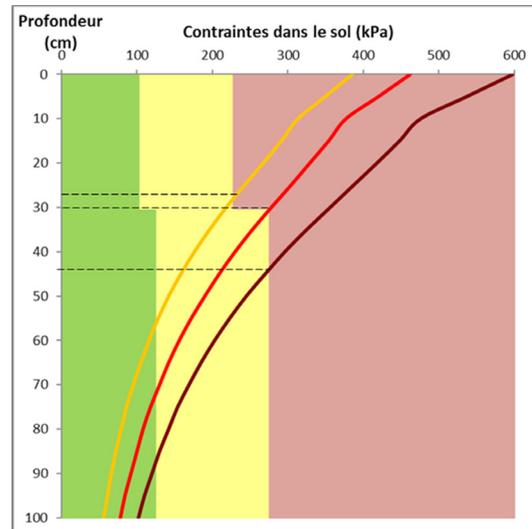
Courbe de pression sous une roue de la machine

- Risque faible de tassement
- Risque modéré de tassement
- Risque élevé de tassement

Exemples d'utilisation

Gestion du remplissage de la trémie de l'intégrale à betterave pour limiter le risque de tassement profond

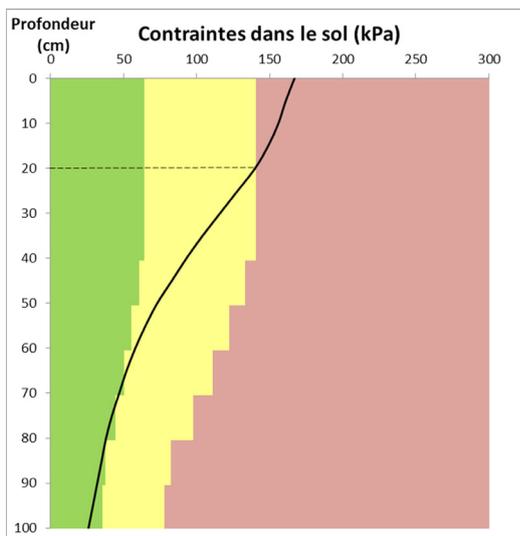
- Intégrale à vide (7,5 t / roue)
= Risque élevé de tassement jusqu'à 28 cm
- Intégrale à plein (14 t / roue)
= Risque élevé de tassement jusqu'à 42 cm
- Intégrale à mi-charge (10,5 t / roue)
= Risque élevé de tassement jusqu'à 30 cm



Terranimo® indique qu'un remplissage à moitié de la trémie permet de réduire le risque de tassement d'une profondeur de 42 cm (très difficile à reprendre) à 30 cm (reprise possible).

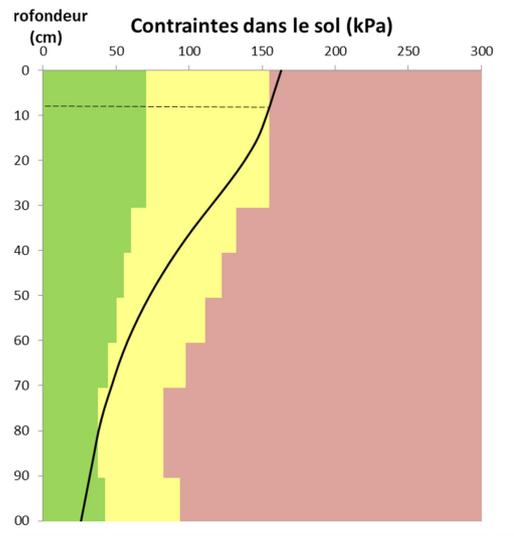
Gestion de la date de semis au printemps pour limiter le tassement de surface

Simulation avec Terranimo
le 15 février, pour le chantier de semis
avec l'état d'humidité réel du sol



Risque de tassement élevé jusqu'à 20 cm
> Impact potentiel sur l'enracinement de la culture

Simulation avec Terranimo,
en estimant le ressuyage du sol 15 jours plus tard
(hypothèse de semis au 1^{er} mars)
en fonction de la météo annoncée



Risque de tassement élevé jusqu'à 8 cm

Terranimo® montre qu'une diminution de l'humidité du sol obtenue par une attente de 15 jours pour le semis de l'orge permet de limiter la profondeur du tassement et ainsi éviter le risque d'un impact négatif sur l'enracinement de la culture.

Solutions correctives mécaniques contre les tassements

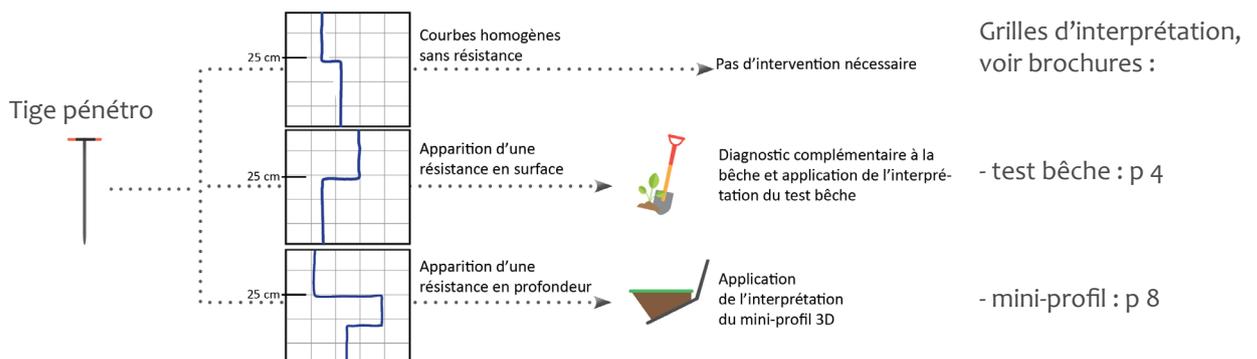


AU PREALABLE

Avant toute intervention mécanique en profondeur, il est indispensable de vérifier si elle est bien justifiée, par un diagnostic préalable pour repérer la présence de zones tassées et les observer.

Pour cela, des méthodes simplifiées sont disponibles : tige pénétrométrique, test bêche avec bioturbation, mini-profil 3D et prise en compte de leur complémentarité, voir guides à l'adresse suivante <http://www.agro-transfert-rt.org/sorties-du-projet-sol-dphy/>

Démarche de combinaison des méthodes de diagnostic :

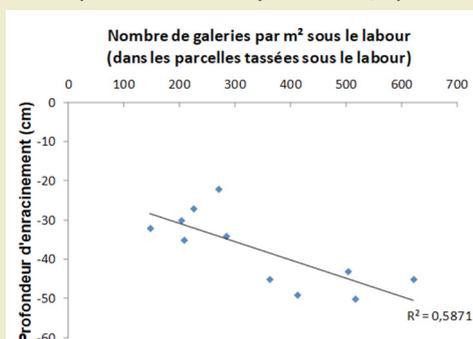


Selon la profondeur d'apparition des résistances à la tige pénétro, des prélèvements à la **bêche** (si **résistance en surface**) ou au **mini-profil 3D** (si **résistance en profondeur**) doivent être effectués. Pour juger de l'opportunité d'une intervention de restructuration mécanique, appliquer les règles de décision, exposées dans les guides de chaque méthode, en tenant compte de la **sensibilité au tassement de la culture suivante et de la présence de galeries et/ou fissures au sein des zones tassées**.

Focus sur l'importance de la prise en compte des galeries de vers de terre et des fissures :

L'observation de la présence d'une zone tassée ne justifie pas systématiquement l'intérêt d'une intervention mécanique. Les fissures et galeries de vers de terre sont des voies préférentielles pour le passage des racines à travers les zones tassées.

Effet du nombre de galeries de vers de terre observées au fond du labour, sur la profondeur d'enracinement des pommes de terre (réseau de parcelles Sol-D'Phy - 2011 -2013 - parcelles tassées)



Au-delà de 400 galeries par m², soit plus de 15 galeries sur un carré de 20 cm de côté, le niveau de perforation est suffisant pour permettre l'enracinement des cultures à travers une zone tassée.

SI L'INTERVENTION MÉCANIQUE EST JUGÉE UTILE

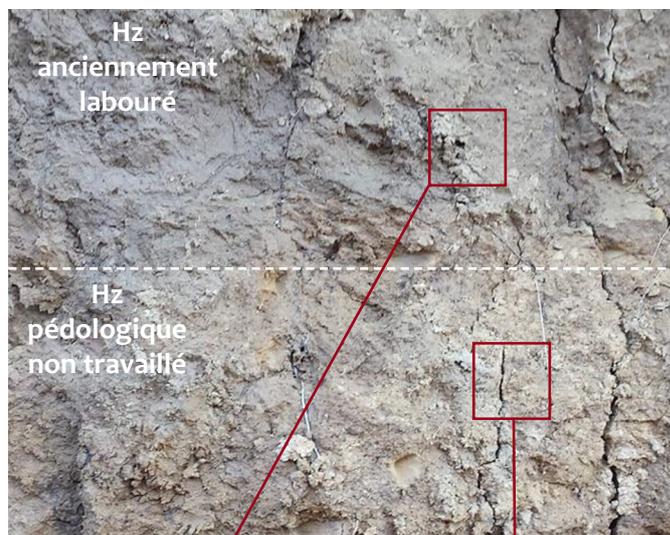
Vérifier :

- la profondeur à atteindre : dans l'idéal, pointe de la dent 3 à 5 cm sous la zone tassée
- si l'humidité du sol est propice au décompactage :
 - pas trop sec pour atteindre la profondeur de la zone tassée et éviter la création de terre fine
 - pas trop humide pour éviter le lissage.

Les mottes doivent s'éclater en créant un réseau de fissures lorsqu'une pression est exercée à la main.



SENSIBILITE DES HORIZONS TRAVAILLES A LONG TERME



Pas de porosité visible



Porosité visible

TYPES DE DECOMPACTEURS ET LEURS EFFETS

		Avantages	Limites
Lames droites avec pointes décalées		- Horizons respectés (effet vague) - Bon nivellement de surface	- Création d'une rupture de capillarité - Risque de lissage
Lames droites incurvées vers l'avant		Forme de dent qui s'enfonce même en sol dur	- Bouversement des horizons - Risque de remontée de blocs
Lames droites et fines		Possibilité de travailler en profondeur	Risque de descente de terre fine
Lames courbes «Michel»		- Pas de lissage - Action verticale et horizontale - Moins sensible aux conditions d'humidité du sol	- Léger mélange des horizons - Difficulté à atteindre les zones tassées en profondeur

Le décompactage de la couche profonde (fond du labour) fragilise cette couche et augmente le risque qu'elle soit de nouveau tassée plus fortement, par le chantier lourd suivant réalisé en conditions humides.

Veiller à éviter de décompacter en profondeur avant l'intervention d'un chantier lourd.

APRES L'INTERVENTION

- Vérifier l'efficacité et la profondeur atteinte.
- Maintenir durablement l'effet du décompactage en implantant un couvert végétal pour bénéficier des exsudats racinaires stabilisant la terre fine créée.



Ce document a été réalisé dans le cadre du projet Sol-D'Phy,
sur la gestion durable de la fertilité physique des sols cultivés.

Ce projet vise à aider les agriculteurs à mieux gérer
la structure de leur sol, en particulier à :

- Prévenir les risques de tassement
- Diagnostiquer facilement la structure du sol
- Prendre conscience des conséquences des tassements
- Identifier les mécanismes de régénération naturelle du tassement

POUR PLUS DE RENSEIGNEMENTS

Agro-Transfert Ressources et Territoires

2, chaussée Brunehaut
80200 ESTREES MONS

Vincent Tomis

v.tomis@agro-transfert-rt.org

Claire Turillon

Annie Duparque

a.duparque@agro-transfert-rt.org

APPUI SCIENTIFIQUE

Hubert Boizard

INRA

Accédez à la version numérique de ce guide sur le site [agro-transfert-rt.org](http://www.agro-transfert-rt.org) :
<http://www.agro-transfert-rt.org/sorties-du-projet-sol-dphy/>

Document distribué par :