

# 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 m<sup>3</sup> :

14 t / roue

7 t / roue

5 t / roue



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

50 cm

30 cm

20 cm

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.

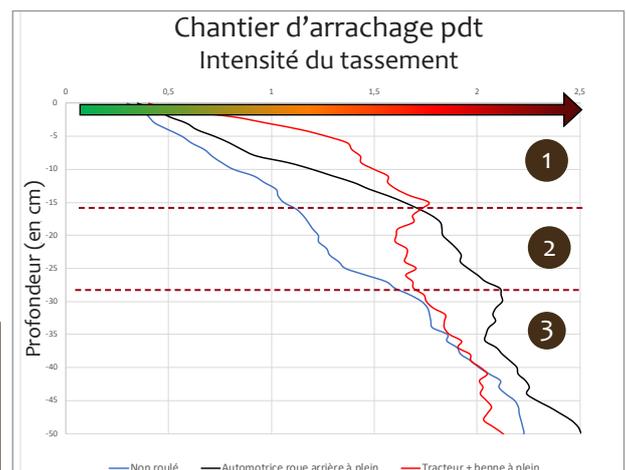
### Privilégier un seul passage lourd ou plusieurs passages plus légers ?

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

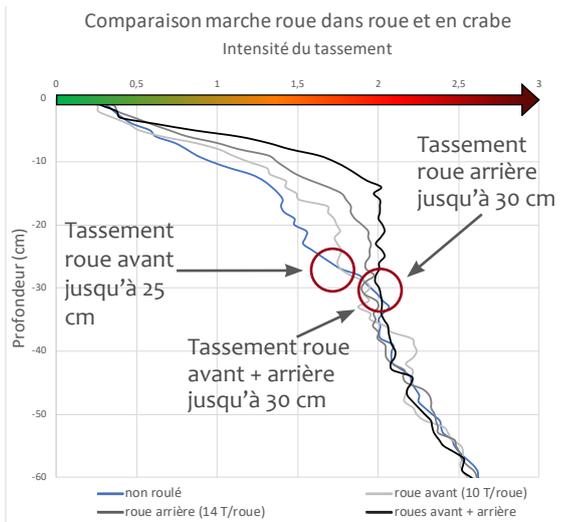
- 1 Effet répétition des passages : impact tracteur + benne > impact automotrice
- 2 Effet charge à la roue : impact automotrice > impact tracteur + benne
- 3 Effet charge à la roue importante : impact uniquement de l'automotrice

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 cm<sup>2</sup>

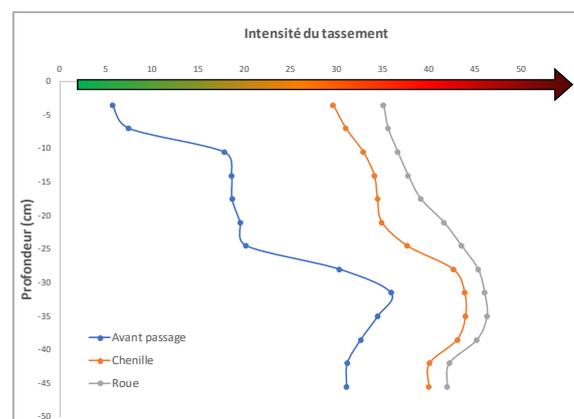
#### Arracheuse à pneus



100 cm



= 10 000 cm<sup>2</sup>



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 m<sup>2</sup>, contrainte en surface = 1,83 kg / cm<sup>2</sup>
- Pression gonflage = 1,9 bars -> surface empreinte = 0,37 m<sup>2</sup>, contrainte en surface = 1,49 kg / cm<sup>2</sup>

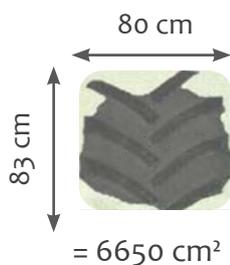
> Diminution de 20 % de la pression au sol

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

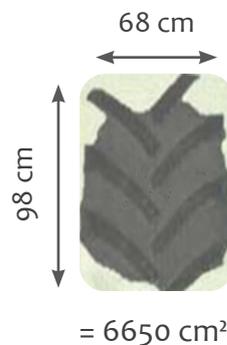
### • DIMENSION

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

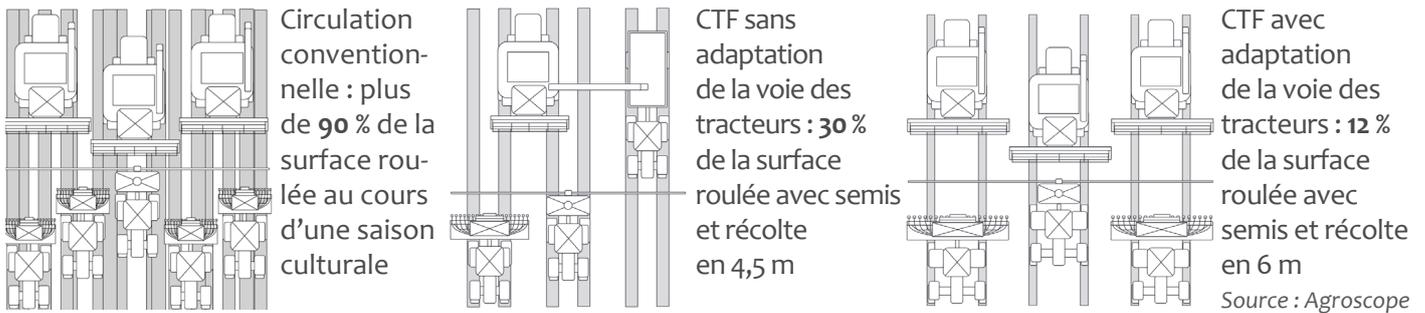


Le pneumatique de grand diamètre (680/85 R32), en augmentant principalement la longueur de la zone de contact, permet de réduire de 18 % la surface au sol impactée par le passage de roue comparativement au pneumatique plus large de 800/65R32.

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 :

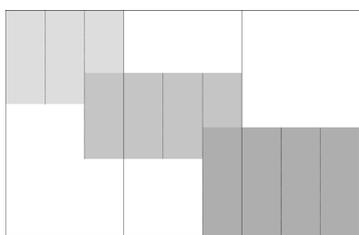
Arrachage des betteraves en 12 rangs à 50 cm d'écartement  
 Bec de 8 rangs à 75 cm d'écartement pour le maïs  
 Barre de coupe à céréale de 6 m (ou 12 m)  
 Tonne à lisier et épandeur de produit organique à 6 ou 12 m  
 Pulvérisateur en multiple de 6 m : 24 m, 30 m, 36 m...

### Illustration d'optimisation du trafic à la récolte

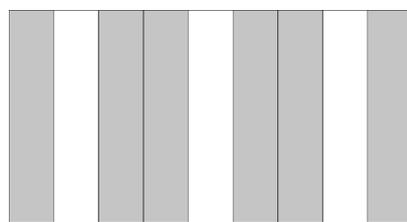


© wkro-media

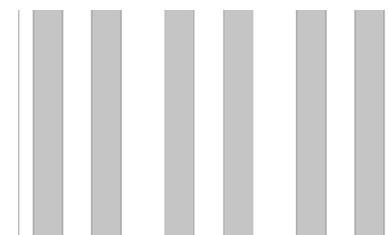
### Illustration d'optimisation de la surface impactée par le tassement en récolte de betterave (interrang de 50 cm)



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

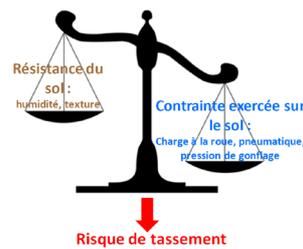
Federal Department of Economic Affairs FDEA  
Agroscope Reckenholz-Tänikon  
Research Station ART



## Données d'entrée

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

- Humidité du sol
- Texture du sol
- Densité apparente

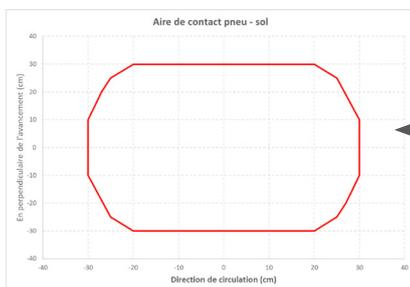


Les données d'entrée Machine influencent les contraintes au sol :

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

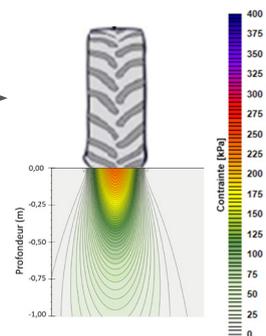
## Sorties de l'outil

### • SURFACE D'EMPREINTE



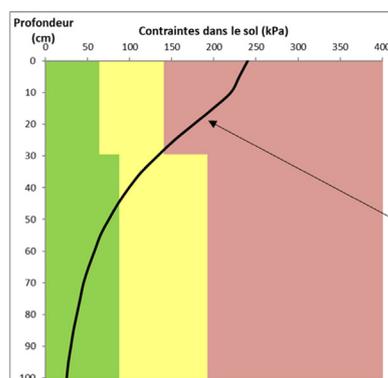
### • PRESSION AU SOL ET PROPAGATION DE LA PRESSION DANS LE SOL

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).



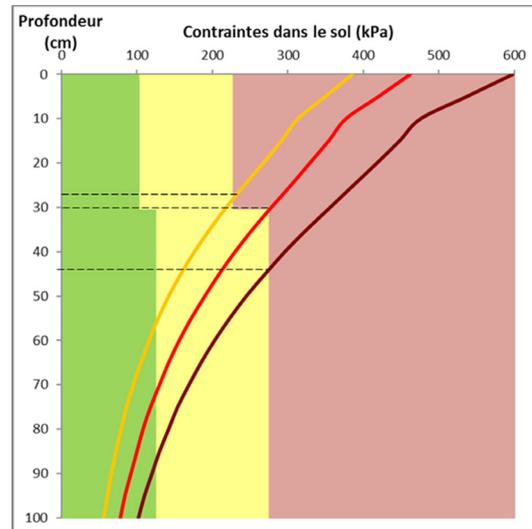
Courbe de pression sous une roue de la machine

- 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

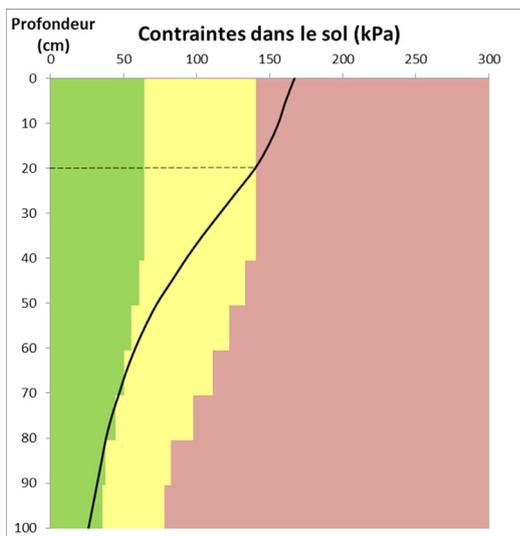
- Intégrale à vide (7,5 t / roue)  
= Risque élevé de tassement jusqu'à 28 cm
- Intégrale à plein (14 t / roue)  
= Risque élevé de tassement jusqu'à 42 cm
- Intégrale à mi-charge (10,5 t / roue)  
= Risque élevé de tassement jusqu'à 30 cm



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).

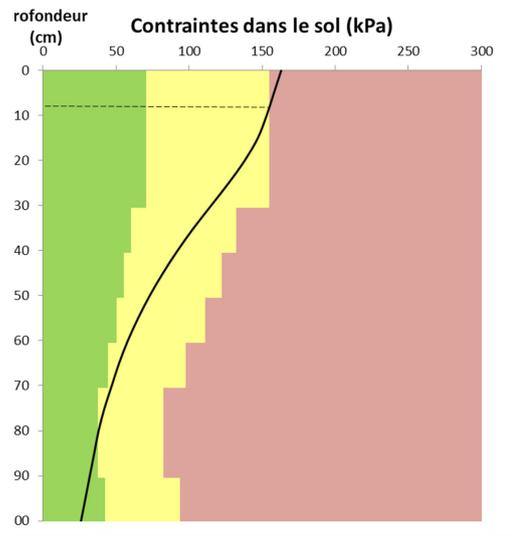
### Gestion de la date de semis au printemps pour limiter le tassement de surface

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<sup>er</sup> 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.