

Prévenir le compactage des sols – conseils pratiques !

Comprendre les processus dans le sol – identifier les signes et les risques de compactage – adapter l'exploitation

Sommaire

Compactage du sol – les causes ?	2
Compactage du sol et du sous-sol	3
Compactage du sol – les conséquences ?	4
Mesures – prévention du compactage	5 – 7
Evaluer le risque de tassement avec Terranimo®	8
Table des sources des illustrations	8

Impressum

Editrice	AGRIDEA Jordils 1 CH-1001 Lausanne T +41 (0)21 619 44 00 F +41 (0)21 617 02 61 www.agridea.ch
Soutien financier	Service de la protection des sols Berne
Auteur-e-s	Bettina Marbot, Michel Fischler, Jonas Küng
Groupe	Environnement, Paysage
Suivi technique	Andreas Chervet, Thomas Keller, Matthias Stettler, Peter Weisskopf
Graphisme	Rita Konrad, AGRIDEA
Impression	AGRIDEA
©	AGRIDEA, 2014



L'essentiel en bref

- **La prévention du compactage des sols commence avec la planification de l'exploitation (caractéristiques du lieu choix des cultures et des machines, fertilisation).**
- **Le risque de compactage peut être diminué grâce à une charge par roue peu élevée, une grande surface d'appui et une pression de gonflage des pneus réduite.**
- **Une bonne structure du sol, bien pourvue en organismes vivants et en racines, permet de prévenir le tassement.**
- **Lors du passage de véhicules, plus le sol est sec, plus le risque de tassement est faible.**

Groupe-cible des fiches techniques

Cette fiche technique s'adresse aux agriculteur-trice-s, aux vulgarisateur-trice-s et aux entreprises de travaux agricoles. Elle est aussi destinée aux écoles d'agriculture.



agridea

ENTWICKLUNG DER LANDWIRTSCHAFT UND DES LÄNDLICHEN RAUMS
DÉVELOPPEMENT DE L'AGRICULTURE ET DE L'ESPACE RURAL
SVILUPPO DELL'AGRICOLTURA E DELLE AREE RURALI
DEVELOPING AGRICULTURE AND RURAL AREAS

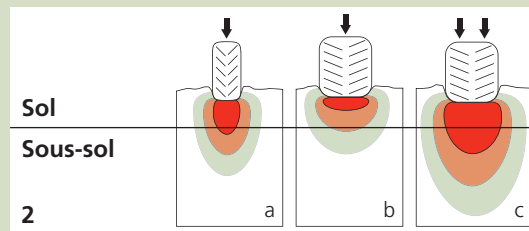
Compactage du sol – les causes ?

Si la pression exercée sur le sol est plus grande que sa portance, il se tasse.

Pression exercée sur le sol
Elle devrait être la plus faible possible !

La pression exercée dépend de deux facteurs

- La charge par roue (poids de la machine et de son chargement).
- La surface d'appui (type, pression, volume et largeur des pneus ; roues individuelles ou jumelées et type d'essieu).



La figure ci-contre montre les effets de deux **charges par roue** (une flèche : charge simple ; deux flèches : charge double) et de deux largeurs de pneus.

La pression exercée sur le sol est la plus forte dans la zone rouge.

- La zone rouge où la pression est maximale devrait être aussi petite que possible et ne devrait jamais atteindre le sous-sol (situations a et c).
- A charge égale, un pneu plus large avec une pression de gonflage inférieure permet de réduire la pression exercée au niveau du sous-sol (situation b).
- Une charge élevée par roue entraîne toujours un risque. Si la charge par roue est très élevée, même des pneus larges ne sont pas en mesure de réduire suffisamment la pression exercée sur le sol (situation c).

Portance du sol
Elle devrait être supérieure à la pression exercée !

La portance du sol (résistance du sol) dépend de trois facteurs

Humidité du sol

- Plus le sol est humide, plus sa portance est faible et plus la pression exercée pénètre profondément dans le sol. Le risque de compactage du sous-sol augmente.

Type de sol

- Les sols lourds (argileux) sont plus sensibles au tassement que les sols sablonneux légers.

Structure du sol

- Une bonne structure du sol se caractérise par des agrégats résistants à l'eau, agrégés par les organismes du sol. Ils sont formés par les organismes vivant dans le sol qui se nourrissent entre autres de sécrétions racinaires, de résidus de récoltes et d'engrais organiques. Le travail ameublissent beaucoup le sol et affaiblit la structure. Une bonne stabilité structurale du sol prévient le compactage.



Le passage de véhicules est particulièrement délicat dans les cas suivants

- Travail du sol, passage dans la raie de labour.
- Epandage d'engrais de ferme, en particulier sur des sols non structurés et en conditions humides
- Travaux de récoltes à des dates précoces ou tardives, ainsi que les machines lourdes (p. ex. première fenaison, betteraves sucrières).

Compactage du sol et du sous-sol

Les conséquences du compactage ne sont pas les mêmes pour le sol et pour le sous-sol.

Le **sol** (de 0 à 25 cm de profondeur environ) est la couche supérieure du sol, riche en humus, de couleur sombre, où vivent de nombreux organismes. Le travail du sol concerne cette partie. S'il se tasse, on peut à nouveau l'ameublir grossièrement en le travaillant. Toutefois, seuls les organismes vivants et les racines peuvent reformer la structure fine du sol (agrégats résistants à l'eau) et cela prend du temps !



Des traces de pneus en grandes cultures ou en cultures fourragères, ainsi que l'eau stagnante sont des signes de compactage du sol.

Si le sol est tassé, le travail est plus exigeant (plus de puissance de traction et de passages nécessaires), des mottes compactes se forment et la terre colle à la charrue.

Le **sous-sol** (à partir de 25 cm de profondeur environ) contient moins d'organismes vivants et de racines que le sol. Il n'est pas travaillé. La régénération naturelle par les organismes vivants et les racines, ainsi que l'ameublissement par le travail du sol ne sont que difficilement possibles. On peut remédier au compactage du sous-sol à l'aide d'outils spéciaux onéreux et de spécialistes. En outre, il n'est pas certain que cet ameublissement mécanique du sous-sol réussisse.

Le compactage du sous-sol empêche le liquide de contraste de s'infiltrer plus profondément dans le sol.



- La principale cause de compactage du sol est une surface de contact des pneus trop petite.
- La principale cause de compactage du sous-sol est le poids des machines trop élevé.
- Un tassement du sous-sol peut avoir lieu, même si on ne constate pas de signes de compactage au niveau de la surface.
- Le compactage du sous-sol a des effets négatifs sur la productivité d'un site durant des décennies.



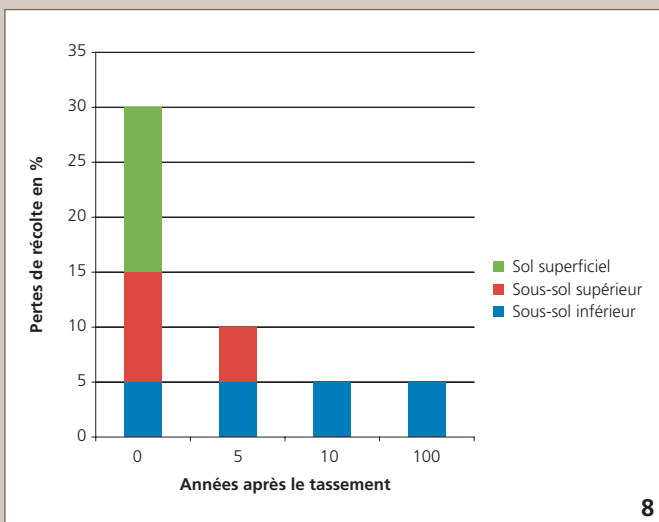
Le compactage du sous-sol doit impérativement être évité, car il est très difficile d'y remédier.

Compactage du sol – les conséquences ?

Le compactage du sol a des effets négatifs sur la production et l'environnement.



Le compactage peut entraîner une perte de rendement de 5 à 10 % qui n'est pas visible au premier abord. Sur plusieurs années, les pertes financières peuvent toutefois être considérables. Sur les sols tassés, les plantes assimilent moins bien les nutriments et forment moins de masse racinaire. Les organismes du sol ont une activité réduite et produisent moins de nutriments pouvant être assimilés par les plantes. Il faut donc fournir plus de substances nutritives, sans pouvoir supprimer totalement le risque de voir les cultures souffrir de carences.



La figure ci-contre présente les résultats d'un essai scientifique. En cas de compactage superficiel du sol, la croissance des plantes est surtout gênée tout de suite après le tassement. Après cinq ans, le tassement du sol n'influe plus négativement sur les rendements. Cela est dû à l'ameublissement par les racines et les organismes vivants. En comparaison avec le tassement du sol, le compactage du sous-sol a moins d'influence sur le rendement, mais il se maintient plus longtemps. Sur plusieurs décennies, le compactage du sous-sol n'a permis d'atteindre qu'environ 95 % du rendement possible.



Dans un sol compacté, l'eau a de la peine à s'infiltrer. Elle stagne à la surface ce qui fait augmenter le risque d'inondations et d'érosion. L'érosion entraîne les particules chargées de substances nutritives et de produits phytosanitaires hors de la parcelle, elles vont s'accumuler dans d'autres parcelles, dans les eaux de surface ou d'autres écosystèmes. Si le sous-sol est tassé, cela peut causer la formation d'une poche d'eau stagnante : l'eau ne peut plus s'infiltrer facilement, le sol sèche moins bien, la période optimale pour le passage de véhicules se réduit ce qui augmente le risque de passer avec des machines lorsque les conditions ne sont pas bonnes.

Mesures – prévention du compactage

Il existe plusieurs possibilités de prévenir le compactage au cours des différentes phases d'exploitation.

Phase 1 – La prévention commence lors de la planification

Exploitation adaptée au site, rotation des cultures

- Le type d'exploitation (grandes cultures, cultures fourragères) dépend du site : les grandes cultures et l'exploitation intensive (p. ex. cinq à six coupes pour les herbages) doivent plutôt être pratiquées sur des sols profonds qui sèchent bien.
- Diversifier la rotation des cultures pour favoriser la structure du sol : choisir des plantes avec des racines de profondeurs différentes comme culture principale, culture dérobée et engrais vert (p. ex. lupins, tournesols, moutarde blanche, radis oléifère, etc.).
- Laisser le sol se reposer : une rotation de cultures intensives devrait comprendre une prairie artificielle pendant au moins une année.
- La date de la récolte doit être considérée comme un facteur de risque : plus la récolte a lieu tard en automne (p. ex. betteraves sucrières, maïs), plus la probabilité d'avoir de bonnes conditions (sol sec) sera faible et plus le risque de compactage élevé.
- Tester régulièrement la résistance du sol au moyen d'une bêche pour évaluer le tassement du sous-sol (résistance à la pénétration).



Engrais de ferme, engrais verts et résidus de récolte

- La matière organique favorise la structure du sol et stimule les organismes vivants : en ménageant le sol, épandre régulièrement du fumier ou du compost, semer des engrais verts et laisser les résidus de récolte sur le champ.

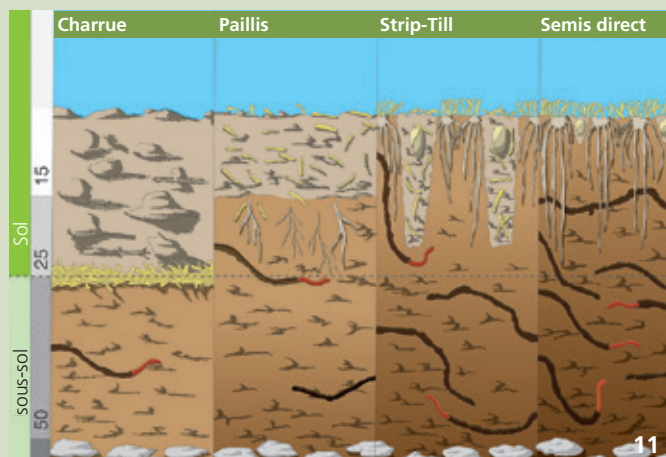
Chaulage

- Surveiller le pH : sur les surfaces avec un pH bas (inférieur à 6,2), utiliser des engrais à effet basique ou de la chaux d'entretien. Un pH neutre favorise la portance du sol et de bonnes conditions pour les organismes vivants et leurs activités d'agrégation de grumeaux.

Travail ciblé du sol

Plus le travail du sol est intensif, plus la structure du sol est ameublie et plus le sol perd de sa portance. Il convient donc :

- de limiter le retournement du sol
- d'utiliser une charrue « onland » pour labourer
- de travailler le plus superficiellement possible
- de réduire au maximum l'intensité du travail (vitesse réduite pour les appareils à entraînement par prise de force, réduction de la surface travaillée)



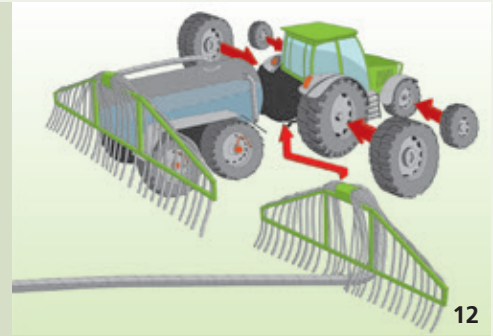
Charrue – Paillis – Strip-Till – Semis direct

- Amélioration de la structure du sol
- Amélioration des conditions pour les organismes vivant dans le sol
- Augmentation de la portance du sol

Phase 2 – Disposer d'un parc de machines qui ménagent les sols

Augmenter au maximum la surface de contact

- Choisir des pneus aussi grands et larges que possible pour ménager le sol.
- Utiliser des roues jumelés.
- Essieux tandem ou Kurmann pour les remorques autochargeuses ou les épandeurs à lisier.
- Adapter la pression de gonflage des pneus, si possible en dessous de 1 bar. Il est judicieux de disposer d'un système de régulation de la pression de gonflage des pneus (cf. ci-dessous).



Réduire le poids des machines

- Choisir les machines en fonction de leur taille (et donc de leur poids !) : éviter les excès en matière de dimensions et de machinisme.
- Systèmes de purinage à tuyaux souples.

Système de régulation de la pression de gonflage des pneus – Possibilités d'installation ou d'acquisition

Le système de régulation permet de réduire la pression de gonflage des pneus. Cela augmente la surface de contact lorsqu'on passe avec les machines. Le but est que le pneu soit déformé par le terrain et non l'inverse ! Pour rouler sur la chaussée, on rétablit la pression de gonflage des pneus (excepté pour les pneus spéciaux).

Systèmes stationnaires complémentaires

On peut installer ces systèmes simples soi-même. Le réglage se fait sur le véhicule à l'arrêt. Les pièces nécessaires pour quatre roues coûtent environ CHF 250.



Nouvelles machines dotées de systèmes automatiques

Ces systèmes sont déjà intégrés ou peuvent être installés par des spécialistes ultérieurement. Le réglage se fait sur le véhicule à l'arrêt ou en cours de déplacement. Les coûts vont de CHF 3000 à 10000, en fonction du confort d'utilisation.



Informations et adresses d'acquisition à consulter sur www.bodenverdichtung.ch



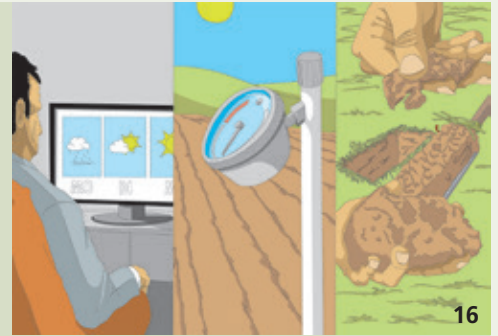
- Les règles de la circulation routière doivent toujours être respectées (largeur et poids).
- Comparer les effets des différents types de machines et de pneus à l'aide du programme gratuit Terranimo® (cf. dernière page).
- Les entreprises de travaux agricoles sont souvent chargées des travaux délicats et doivent donc être bien choisies. Discutez avec elles de vos préoccupations (p. ex. dates flexibles pour les travaux délicats, utilisation de machines ménageant les sols).

Phase 3 – Préparer le passage

L'humidité du sol est le principal facteur permettant de déterminer si le passage de véhicules est possible. En été, après de fortes précipitations, il faut laisser sécher le sol pendant trois jours avant de rouler dessus.

Evaluer l'humidité du sol

- Sur la base des conditions météorologiques des jours précédents.
- Réaliser un test tactile du sol et du sous-sol (cf. photos ci-dessous).
- S'informer sur l'humidité du sol dans la région : réseaux d'observation des sols : www.bodenmessnetz.ch.
- Utiliser un tensiomètre (environ CHF 200), pour mesurer le taux d'humidité du sol.



Préparer le passage du véhicule

- Avoir toujours un œil sur la charge par roue, notamment lors des récoltes et de l'épandage d'engrais de ferme. En principe, les charges supérieures à 3 tonnes sont critiques et ne sont supportables que dans de bonnes conditions (sol sec et bons pneus).
- Planifier la récolte : si les conditions d'humidité sont critiques, limiter le volume de charge (p. ex. ne remplir l'arracheuse de betteraves qu'à moitié) et décharger la récolte plus souvent (p. ex. faire plusieurs tas).
- Choisir des procédés où le transport et le passage sur le champ sont séparés (p. ex. citerne de transport et tuyau d'épandage du lisier à partir du bord du champ).

Conditions de passage idéales



Les mottes sont **dures** et difficiles à briser avec les mains.

Passage avec prudence – Limiter la pression sur le sol



Les mottes sont **friables** et se défont facilement lorsqu'on les presse.

Ne pas rouler avec des véhicules !



Les mottes sont **malléables**, pâteuses.

Phase 4 – En route

Un test rapide effectué avec la bêche permet d'évaluer immédiatement les conséquences du passage de machines !

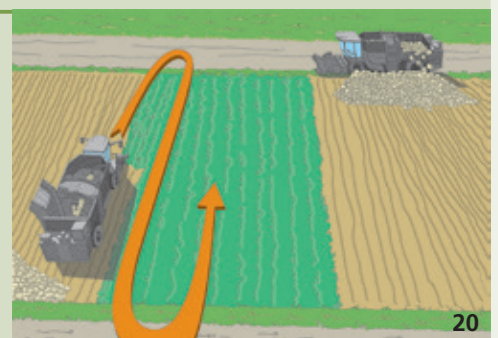
Les règles de base

- Le moins de passages possible avec une lourde charge (faire des tas, réduire le volume de chargement, etc.).
- Réduire au maximum le nombre de passages, combiner les travaux, réduire les virages, éviter les chevauchements.
- Eviter de faire demi-tour sur la parcelle.

Pendant le passage

Après les premiers mètres, contrôler l'état du sol superficiel en jetant un coup d'œil en arrière :

- Il ne devrait pas y avoir de marques de pneus
- Il ne devrait pas y avoir beaucoup de terre collée sur les pneumatiques
- Contrôler l'état du sol et du sous-sol au moyen de la bêche dans la zone des premiers mètres parcourus :
 - la profondeur de travail doit être aussi limitée que nécessaire
 - contrôler l'intensité du travail au moyen du test de la pièce de cinq francs





Evaluer le risque de tassement avec Terranimo®

Une aide à la décision pour l'achat des machines et la détermination du moment du passage

Terranimo® est un logiciel permettant d'évaluer le risque de compactage du sous-sol avant de circuler avec un véhicule sur une parcelle.

Il existe en deux versions :

- **Terranimo® light** pour une évaluation simple et rapide : seules quatre données sont nécessaires (charge par roue, pression de gonflage des pneus, teneur en argile et teneur en eau du sol).
- **Terranimo® expert** pour une analyse complète du risque de compactage : il est possible d'entrer les données exactes concernant les machines et l'état du sol (p. ex. la base de données des modèles de pneus permet un choix précis) et on peut effectuer de nombreux types d'évaluations (p. ex. coupe de la contrainte exercée par chaque roue).

Exemple de l'utilisation de Terranimo® expert en ligne

→ Engin → Sol → Résultats

Engin

1. Sélectionner l'engin ou la combinaison
2. Configurer le pneu



Sol

3. Texture
4. Eau du sol

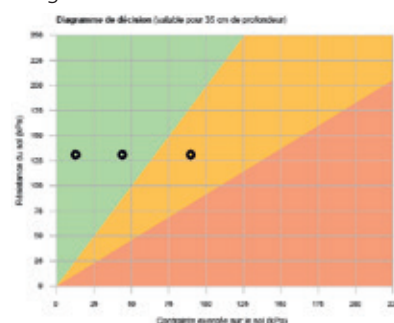
CM6

Type de sol	Sol brun, Sol brun lessivé, Régéoc
Séchage	normal
engorgement	stratifié au minimum
Type de pression	Région de cultures arborées
Profondeur	profond
Matériau caractéristique	Plaque, Cône et cône

Profil	Limite inférieure (cm)	Argile (%)	EAU (%)	Sable (%)	Indice argilosité (%)	Densité apparente (g/cm³)
0-10	10	25	60	15	1.20	
10-20	20	25	60	15	1.42	
20-30	30	25	60	15	1.42	
30-40	40	25	60	15	1.42	
40-50	50	25	60	15	1.42	

Résultats

Diagramme de décision



Aide pour l'interprétation des résultats (diagramme de décision)

Le risque de tassement est évalué au moyen d'un diagramme de décision. Si le résultat est dans la zone verte, il n'y a pas de risque de compactage du sous-sol. La zone jaune indique qu'un tassement est possible et qu'il faut effectuer, en plus, une évaluation au champ. Dans la zone rouge, il faut renoncer à tout passage de véhicules, car le compactage est presque impossible à éviter.

Les trois points indiquent le risque pour les différentes roues de convoi : à gauche pour les roues avant du tracteur, au milieu pour les roues arrière du tracteur et à droite pour les roues de la bossette à purin.

Table des sources des illustrations

1	© Agroscope (Gabriela Brändle, Urs Zihlmann), LANAT (Andreas Chervet)
2	U. W. Flück d'après R. Brandhuber et PTG GmbH
3	J. Küng, AGRIDEA
4	M. Fischler, AGRIDEA
5, 6	P. Weisskopf, Agroscope
7	Otto Ehrmann
8	Basés sur : Håkansson, I., Reeder, R., 1994. Subsoil compaction by vehicles with high axle load extent, persistence and crop response. Soil & Tillage Research, 29, 277-304.
9	V. Prasuhn, Agroscope
10-12, 16, 20	Fabrice Tobler
13, 15	A. Arni
14	B. Marbot, AGRIDEA
15	PTG GmbH
17-19	AGRIDEA