



Compaction...

Conférence Progrès Sol du 02.05.2022
Le Mont-sur-Lausanne
Roger Stirnimann

Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

1

Sujets

Compaction et érosion: les nouvelles techniques pour limiter les risques !?

- ▶ Terranimo
- ▶ L'essentiel sur les pneus
- ▶ Bases terramécaniques
- ▶ Dispositifs de chenilles
- ▶ Résultats des mesures aux champs
- ▶ Activités HAFL
- ▶ ...

Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

2

Terranimo

Modèle de simulation en ligne gratuit (www.terranimoch.ch)

3

Terranimo

- ▶ Simulation de la pression exercée sur le sol et de la portance du sol (basée sur des données spécifiques)
- ▶ Nouvelle version plus accueillante depuis avril 2021
- ▶ Plus de machines à choisir
- ▶ Base de données étendue sur les pneumatiques
- ▶ Toujours en quatre langues
- ▶ ...

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

Source: Fiche technique Agridea 2014

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).
- À 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 vivants dans le sol qui se nourrissent entre autres de sécrétions racinaires, de résidus de récoltes et d'engrais organiques. Le travail ameublait beaucoup le sol et affaiblit la structure. Une bonne stabilité structurale du sol prévient le compactage.

Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

4

Terranimo

.world — .ch — .light — .expert ANMELDEN — REGISTRIEREN DE FR IT EN

Maschine wählen

Selbstfahrer

Traktor

Traktor 130 - 180 PS konfigurieren

Anhänger / gezogene Maschine

2-achsiges Güllefass konfigurieren

3-Punkt Gerät

2-achsiges Güllefass		Traktor 130 - 180 PS	
Anhängelast	23'000 kg	Betriebsgewicht	10'300 kg
Leergewicht	9'000 kg	Leergewicht	6'800 kg
Gewicht der Ladung	14'000 kg	Frontgewicht	3'000 kg
Stützlast	3'000 kg	Stützlast	3'000 kg
Anteil Vorderachse*	52 %	Anteil Vorderachse beladen*	27 %
Vorderachslast beladen*	10'400 kg	Vorderachslast beladen*	2'730 kg
Hinterachslast beladen*	9'600 kg	Hinterachslast beladen*	7'570 kg
Arbeitsbreite	12 m	Geschwindigkeit	30 km/h
Gesamtgewicht des Zuges	30'300 kg	Arbeitsbreite	3 m
Adhäsionsgewicht*	34 %	GPS	Ja

Anhänger entfernen

*die angezeigten Werte wurden gerundet

sandiger Lehm - Moränegebiete - Feucht

feucht nass

Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

5

Terranimo

Traktoren

Traktor 60-90 PS

Traktor 90-130 PS

Traktor 130 - 180 PS

Traktor 180 - 280 PS

Traktor mehr als 280 PS

Traktor (Dreilecksraupen)

Traktor (lange Raupe)

2-achsiges Güllefass		Traktor 130 - 180 PS	
Anhängelast	23'000 kg	Betriebsgewicht	10'300 kg
Leergewicht	9'000 kg	Leergewicht	6'800 kg
Gewicht der Ladung	14'000 kg	Frontgewicht	3'000 kg
Stützlast	3'000 kg	Stützlast	3'000 kg
Anteil Vorderachse*	52 %	Anteil Vorderachse beladen*	27 %
Vorderachslast beladen*	10'400 kg	Vorderachslast beladen*	2'730 kg
Hinterachslast beladen*	9'600 kg	Hinterachslast beladen*	7'570 kg
Arbeitsbreite	12 m	Geschwindigkeit	30 km/h
Gesamtgewicht des Zuges	30'300 kg	Arbeitsbreite	3 m
Adhäsionsgewicht*	34 %	GPS	Ja

Anhänger entfernen

*die angezeigten Werte wurden gerundet

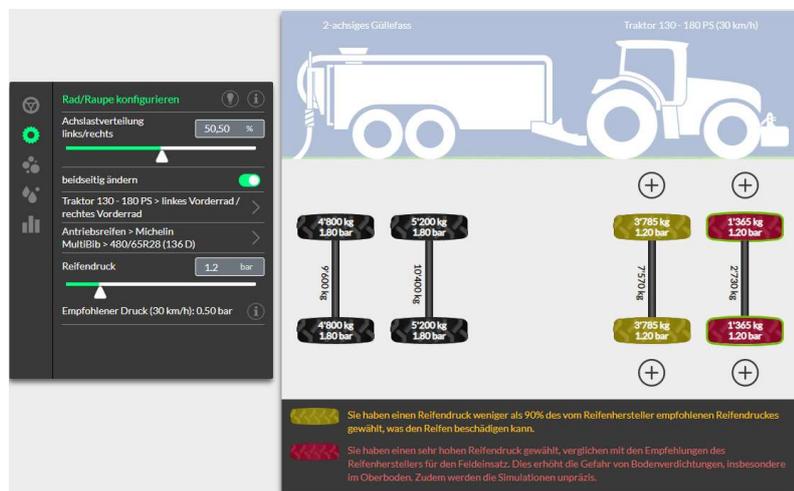
sandiger Lehm - Moränegebiete - Feucht

feucht nass

Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

6

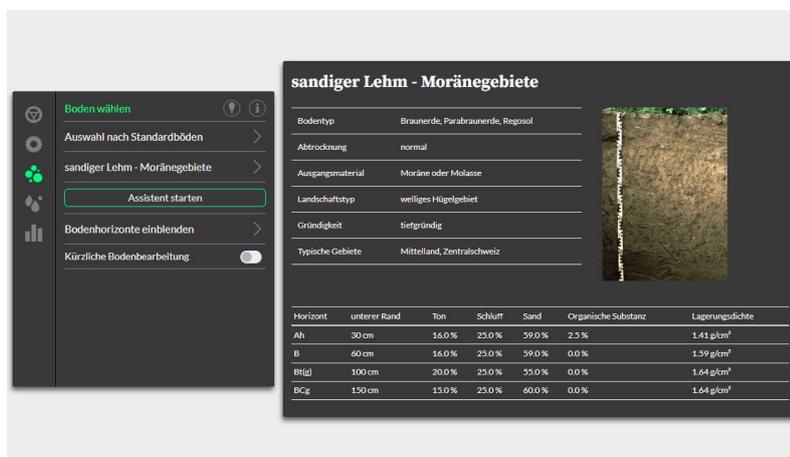
Terranimo



Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

7

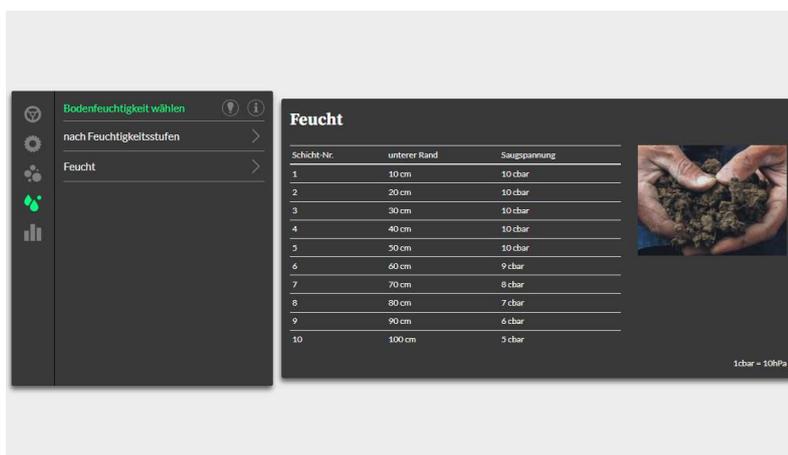
Terranimo



Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

8

Terranimo



Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

9

Terranimo

Mesures au champ vs. Simulation avec Terranimo

10

Mesures de la pression au sol: Résultats

Tracteur Claas / tonneau à lisier (complètement rempli)

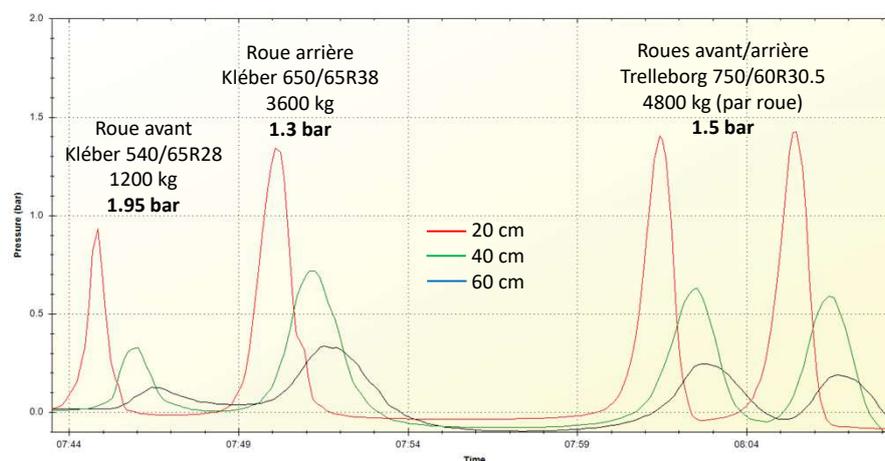


Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

11

Mesures de la pression au sol: Résultats

Tracteur Claas / tonneau à lisier (complètement rempli)



Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

12

Simulation avec Terranimo

Diagramme de décision: Sol humide

Entscheidungsdiagramm (gültig für 35 cm Bodentiefe)

Legende:
Keine Verdichtungsgefährdung
Beträchtliche Verdichtungsgefährdung - Radlast oder Reflektdruck reduzieren
ACHTUNG: Schwereverdichtung im Unterboden zu erwarten! - Befahrung unterlassen

Traktor 130 - 180 PS	Bodendruck	Bodenfestigkeit
linkes Vorderrad	0,48 bar (48 kPa)	0,95 bar (95 kPa)
rechtes Vorderrad	0,48 bar (48 kPa)	0,95 bar (95 kPa)
linkes Hinterad	0,9 bar (90 kPa)	0,95 bar (95 kPa)
rechtes Hinterad	0,9 bar (90 kPa)	0,95 bar (95 kPa)

2-achsiges Güllefass	Bodendruck	Bodenfestigkeit
linkes Vorderad	1,13 bar (113 kPa)	0,95 bar (95 kPa)
rechtes Vorderad	1,13 bar (113 kPa)	0,95 bar (95 kPa)
linkes Hinterad	1,13 bar (113 kPa)	0,95 bar (95 kPa)
rechtes Hinterad	1,13 bar (113 kPa)	0,95 bar (95 kPa)

Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

13

Simulation avec Terranimo

Diagramme de décision: Sol sec

Entscheidungsdiagramm (gültig für 35 cm Bodentiefe)

Legende:
Keine Verdichtungsgefährdung
Beträchtliche Verdichtungsgefährdung - Radlast oder Reflektdruck reduzieren
ACHTUNG: Schwereverdichtung im Unterboden zu erwarten! - Befahrung unterlassen

Traktor 130 - 180 PS	Bodendruck	Bodenfestigkeit
linkes Vorderad	0,41 bar (41 kPa)	2,03 bar (203 kPa)
rechtes Vorderad	0,41 bar (41 kPa)	2,03 bar (203 kPa)
linkes Hinterad	0,82 bar (82 kPa)	2,03 bar (203 kPa)
rechtes Hinterad	0,82 bar (82 kPa)	2,03 bar (203 kPa)

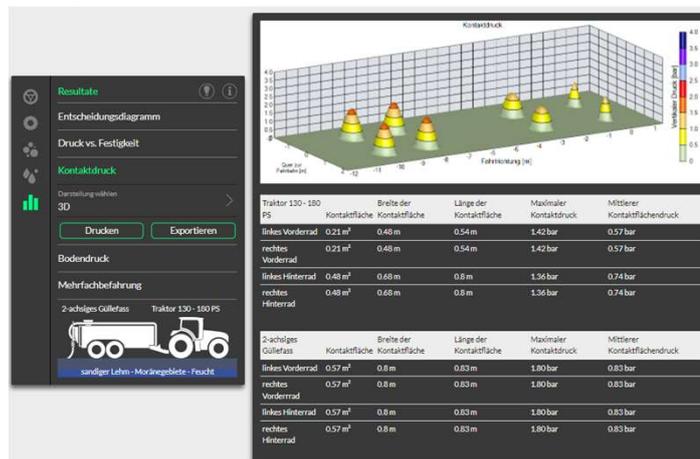
2-achsiges Güllefass	Bodendruck	Bodenfestigkeit
linkes Vorderad	1,05 bar (105 kPa)	2,03 bar (203 kPa)
rechtes Vorderad	1,05 bar (105 kPa)	2,03 bar (203 kPa)
linkes Hinterad	1,05 bar (105 kPa)	2,03 bar (203 kPa)
rechtes Hinterad	1,05 bar (105 kPa)	2,03 bar (203 kPa)

Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

14

Simulation avec Terranim

Répartition de la pression dans la surface de contact

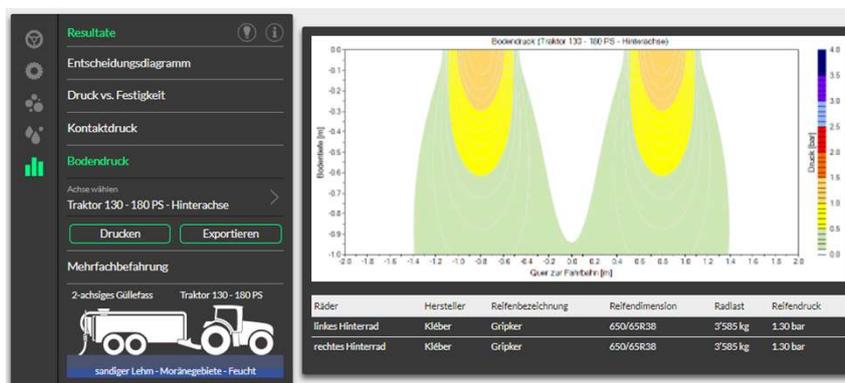


Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

15

Mesures de la pression au sol: Résultats

Effet de profondeur: Tracteur

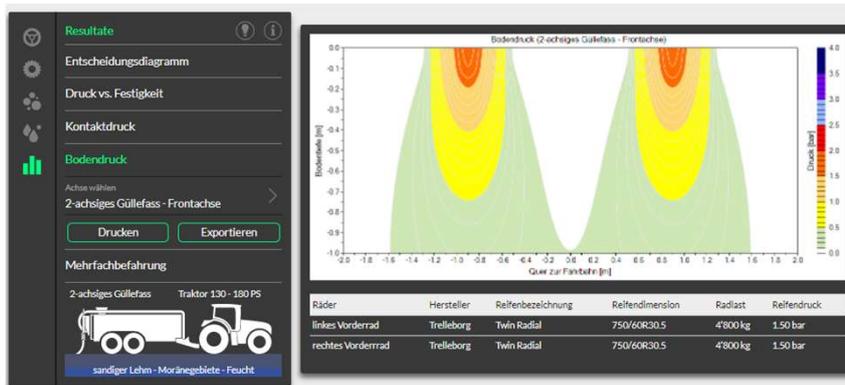


Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

16

Simulation avec Terranimo

Effet de profondeur: Tonneau à lisier (complètement rempli)



Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

17

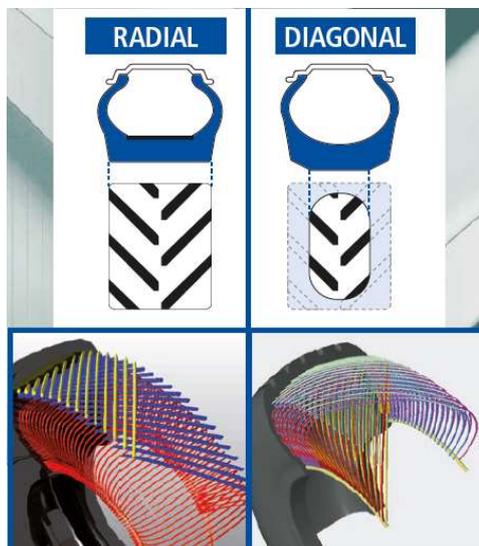
L'essentiel sur les pneus

Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

18

L'essentiel sur les pneus

Conception des pneus: Radial / Diagonal



Source: Michelin

Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

19

L'essentiel sur les pneus

Désignation des pneumatiques

Lire les flancs d'un pneu

Apprenez à décrypter les inscriptions indiquées sur les flancs de vos pneumatiques.

XeoBib : Gamme

VF = Very High Flexion : Préfixe désignant une catégorie normalisée de pneus

650 : Section nominale du pneu en mm

60 : Rapport d'aspect (rapport hauteur flanc/section nominale du pneu) en %

R : Structure : "R" pour radiale "-" pour diagonale

38 : Diamètre nominal de la jante en pouces

155 : Indice de charge normalisée

D : Indice de vitesse normalisée

Radial : Indication de la structure

Tubeless : Pneu sans chambre à air

Michelin® X® : Marque déposée



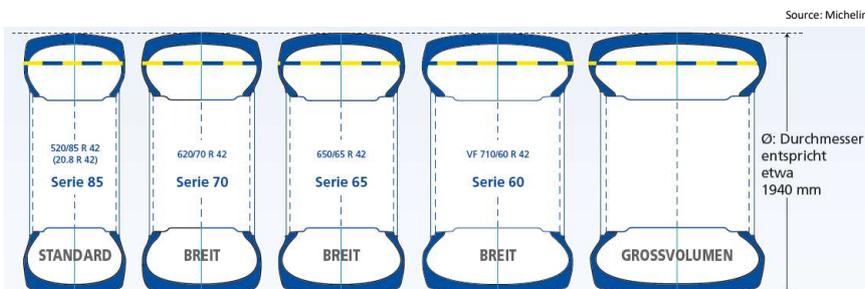
Source: Michelin

Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

20

L'essentiel sur les pneus

Séries de pneus



- Plus le volume d'air est grand, plus la capacité de charge est élevée pour une pression de pneu donnée
- Plus le volume d'air est grand, plus le potentiel de réduction de la pression est élevé pour une capacité de charge donnée

Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

21

L'essentiel sur les pneus

Technologies IF (Improved Flexion) / VF (Very High Flexion)

Pression de pneu plus faible pour une même capacité de charge (exemple pour 5'500 kg)

(bar)	10 km/h	30 km/h	65 km/h
Standard	1	1.3	1.6
IF	-20% 1	-31% 1.1	-33% 1.2
VF	0.8	0.9	1

(Beispielrechnung auf Basis MACHXBIB (Standard), AXIOBIB (IF) und AXIOBIB 2 (VF) – Dimension 710/70 R 42)

Capacité de charge supérieure avec une même pression de pneu (exemple pour 1.2 bar)

(kg)	10 km/h	30 km/h	65 km/h
Standard	6200	5200	4500
IF	+13% 6200	+23% 5700	+40% 5500
VF	7000	6400	6300

Source: Michelin

Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

22

L'essentiel sur les pneus

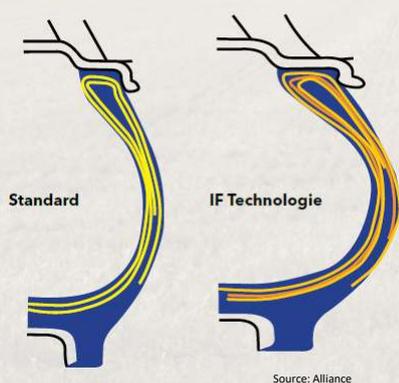
Technologies IF (Improved Flexion) / VF (Very High Flexion)

IF-/VF Reifentechnologie

Für eine besonders gute Bodenschonung eignen sich Reifen, welche mit der IF- oder VF-Technologie ausgestattet sind. IF-Reifen (Improved / Increased Flexion - Reifen) bieten die Möglichkeit bei bis zu 20% geringerem Fülldruck die gleiche Traglast oder 20% mehr Tragfähigkeit bei gleichbleibendem Fülldruck, als vergleichbare Reifen ohne IF-Technologie, zu leisten. Bei VF-Reifen (Very High Flexion - Reifen) betragen die Änderungen sogar bis zu 40%. Dieses wird durch einen veränderten Karkassenaufbau gewährleistet, die Karkassenlagen sind dünner, jedoch wurde die Anzahl der Lagen erhöht.

Zusätzlich erfolgt der Lagenumschlag weniger abrupt. Damit wird die Gefahr der Lagenseparation deutlich verringert, was sonst bei hoher Belastung und gleichzeitig geringem Luftdruck passiert.

Die dadurch flachere Lauffläche ermöglicht eine bessere Verzahnung der Stollen im Boden, in Verbindung mit einem gesenkten Luftdruck wird so eine optimale Bodenschonung erreicht.



Source: Alliance

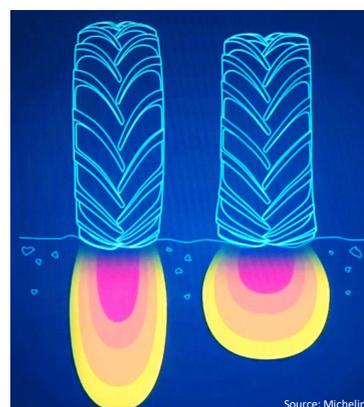
Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

23

L'essentiel sur les pneus

Réduction de la pression de gonflage

- ▶ Surface de contact élevée
- ▶ Pression au sol plus faible
- ▶ ...



Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

24

L'essentiel sur les pneus

Tableaux de pneus

Sources: Michelin

Ø	Désignation	Pression en bar – Charges par pneu en kg ⁽³⁾ - (4) - (5)																
		bar	0,4 ⁽⁶⁾	0,5	0,6	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	
38	540/65 R 38 147 DTL MULTIBIB ⁽²⁾	40 km/h Dual	1 400	1 545	1 690	1 955	2 215	2 350	2 480	2 600	2 720	2 845	2 965					
		10 km/h	2 180	2 340	2 500	2 815	3 135	3 290	3 450	3 595	3 745	3 890	4 040	4 185	4 330	4 480	4 625	
		30 km/h	1 670	1 840	2 010	2 325	2 645	2 800	2 960	3 105	3 250	3 395	3 540					
		40 km/h			1 920	2 220	2 520	2 670	2 820	2 960	3 095	3 230	3 370					
		50 km/h			1 840	2 125	2 415	2 555	2 700	2 830	2 965	3 100	3 230					
		65 km/h			1 750	2 025	2 300	2 440	2 575	2 700	2 825	2 950	3 075					
	600/65 R 38 153 DTL MULTIBIB	40 km/h Dual	1 645	1 820	1 990	2 315	2 640	2 800	2 965	3 105	3 240	3 380	3 520					
		10 km/h	2 575	2 770	2 970	3 355	3 740	3 935	4 125	4 290	4 455	4 620	4 790	4 955	5 120	5 285	5 450	
		30 km/h	1 960	2 165	2 370	2 760	3 150	3 345	3 540	3 705	3 870	4 035	4 200					
		40 km/h			2 260	2 630	3 000	3 185	3 370	3 555	3 740	3 925	4 110					
		50 km/h			2 160	2 545	2 930	3 115	3 300	3 485	3 670	3 855	4 040					
		65 km/h			2 060	2 445	2 830	3 015	3 200	3 385	3 570	3 755	3 940					
42	650/65 R 42 158 DTL MULTIBIB ⁽²⁾	40 km/h Dual	1 930	2 135	2 340	2 735	3 125	3 325	3 520	3 660	3 805	3 950	4 090					
		10 km/h	3 000	3 225	3 450	3 885	4 315	4 535	4 750	4 955	5 155	5 360	5 560	5 765	5 970	6 170	6 375	
		30 km/h	2 300	2 545	2 790	3 260	3 730	3 965	4 200	4 370	4 545	4 720	4 890					
		40 km/h			2 660	3 105	3 555	3 775	4 000	4 160	4 325	4 490	4 650					
		50 km/h			2 550	2 975	3 405	3 615	3 830	3 990	4 145	4 300	4 460					
		65 km/h			2 430	2 835	3 245	3 445	3 650	3 800	3 950	4 100	4 250					
	600/65 R 38 153 DTL MULTIBIB	40 km/h Dual	1 645	1 820	1 990	2 315	2 640	2 800	2 965	3 105	3 240	3 380	3 520					
		10 km/h	2 575	2 770	2 970	3 355	3 740	3 935	4 125	4 290	4 455	4 620	4 790	4 955	5 120	5 285	5 450	
		30 km/h	1 960	2 165	2 370	2 760	3 150	3 345	3 540	3 705	3 870	4 035	4 200					
		40 km/h			2 260	2 630	3 000	3 185	3 370	3 555	3 740	3 925	4 110					
		50 km/h			2 160	2 545	2 930	3 115	3 300	3 485	3 670	3 855	4 040					
		65 km/h			2 060	2 445	2 830	3 015	3 200	3 385	3 570	3 755	3 940					
650/65 R 38 157 DTL MULTIBIB ⁽²⁾	40 km/h Dual	1 930	2 135	2 340	2 735	3 125	3 325	3 520	3 660	3 805	3 950	4 090						
	10 km/h	3 000	3 225	3 450	3 885	4 315	4 535	4 750	4 955	5 155	5 360	5 560	5 765	5 970	6 170	6 375		
	30 km/h	2 300	2 545	2 790	3 260	3 730	3 965	4 200	4 370	4 545	4 720	4 890						
	40 km/h			2 660	3 105	3 555	3 775	4 000	4 160	4 325	4 490	4 650						
	50 km/h			2 550	2 975	3 405	3 615	3 830	3 990	4 145	4 300	4 460						
	65 km/h			2 430	2 835	3 245	3 445	3 650	3 800	3 950	4 100	4 250						

La pression de gonflage se détermine toujours en fonction de la charge par pneu, de la vitesse et du travail à réaliser.

Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

25

L'essentiel sur les pneus

Tableaux de pneus

Sources: Michelin

Ø	Désignation	Pression en bar – Charges par pneu en kg ⁽³⁾ - (4) - (5)																
		bar	0,4 ⁽⁶⁾	0,5	0,6	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	
38	540/65 R 38 147 DTL MULTIBIB ⁽²⁾	40 km/h Dual	1 400	1 545	1 690	1 955	2 215	2 350	2 480	2 600	2 720	2 845	2 965					
		10 km/h	2 180	2 340	2 500	2 815	3 135	3 290	3 450	3 595	3 745	3 890	4 040	4 185	4 330	4 480	4 625	
		30 km/h	1 670	1 840	2 010	2 325	2 645	2 800	2 960	3 105	3 250	3 395	3 540					
		40 km/h			1 920	2 220	2 520	2 670	2 820	2 960	3 095	3 230	3 370					
		50 km/h			1 840	2 125	2 415	2 555	2 700	2 830	2 965	3 100	3 230					
		65 km/h			1 750	2 025	2 300	2 440	2 575	2 700	2 825	2 950	3 075					
	600/65 R 38 153 DTL MULTIBIB	40 km/h Dual	1 645	1 820	1 990	2 315	2 640	2 800	2 965	3 105	3 240	3 380	3 520					
		10 km/h	2 575	2 770	2 970	3 355	3 740	3 935	4 125	4 290	4 455	4 620	4 790	4 955	5 120	5 285	5 450	
		30 km/h	1 960	2 165	2 370	2 760	3 150	3 345	3 540	3 705	3 870	4 035	4 200					
		40 km/h			2 260	2 630	3 000	3 185	3 370	3 555	3 740	3 925	4 110					
		50 km/h			2 160	2 545	2 930	3 115	3 300	3 485	3 670	3 855	4 040					
		65 km/h			2 060	2 445	2 830	3 015	3 200	3 385	3 570	3 755	3 940					
42	650/65 R 42 158 DTL MULTIBIB ⁽²⁾	40 km/h Dual	1 930	2 135	2 340	2 735	3 125	3 325	3 520	3 660	3 805	3 950	4 090					
		10 km/h	3 000	3 225	3 450	3 885	4 315	4 535	4 750	4 955	5 155	5 360	5 560	5 765	5 970	6 170	6 375	
		30 km/h	2 300	2 545	2 790	3 260	3 730	3 965	4 200	4 370	4 545	4 720	4 890					
		40 km/h			2 660	3 105	3 555	3 775	4 000	4 160	4 325	4 490	4 650					
		50 km/h			2 550	2 975	3 405	3 615	3 830	3 990	4 145	4 300	4 460					
		65 km/h			2 430	2 835	3 245	3 445	3 650	3 800	3 950	4 100	4 250					
	600/65 R 38 153 DTL MULTIBIB	40 km/h Dual	1 645	1 820	1 990	2 315	2 640	2 800	2 965	3 105	3 240	3 380	3 520					
		10 km/h	2 575	2 770	2 970	3 355	3 740	3 935	4 125	4 290	4 455	4 620	4 790	4 955	5 120	5 285	5 450	
		30 km/h	1 960	2 165	2 370	2 760	3 150	3 345	3 540	3 705	3 870	4 035	4 200					
		40 km/h			2 260	2 630	3 000	3 185	3 370	3 555	3 740	3 925	4 110					
		50 km/h			2 160	2 545	2 930	3 115	3 300	3 485	3 670	3 855	4 040					
		65 km/h			2 060	2 445	2 830	3 015	3 200	3 385	3 570	3 755	3 940					
650/65 R 38 157 DTL MULTIBIB ⁽²⁾	40 km/h Dual	1 930	2 135	2 340	2 735	3 125	3 325	3 520	3 660	3 805	3 950	4 090						
	10 km/h	3 000	3 225	3 450	3 885	4 315	4 535	4 750	4 955	5 155	5 360	5 560	5 765	5 970	6 170	6 375		
	30 km/h	2 300	2 545	2 790	3 260	3 730	3 965	4 200	4 370	4 545	4 720	4 890						
	40 km/h			2 660	3 105	3 555	3 775	4 000	4 160	4 325	4 490	4 650						
	50 km/h			2 550	2 975	3 405	3 615	3 830	3 990	4 145	4 300	4 460						
	65 km/h			2 430	2 835	3 245	3 445	3 650	3 800	3 950	4 100	4 250						

Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

26

Bases terramécaniques

27

Bases terramécaniques

Pression exercée sur le sol / portance du sol

Source: Fiche technique Agridea 2014

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.

2

- 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).

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

Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

28

Bases terramécaniques

Pression exercée sur le sol / portance du sol

Source: Fiche technique Agridea 2014



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 ameublait beaucoup le sol et affaiblit la structure. Une bonne stabilité structurale du sol prévient le compactage.

Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

29

Bases terramécaniques

Pression exercée sur le sol / portance du sol

Source: Fiche technique Agridea 2014



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 ameublait beaucoup le sol et affaiblit la structure. Une bonne stabilité structurale du sol prévient le compactage.

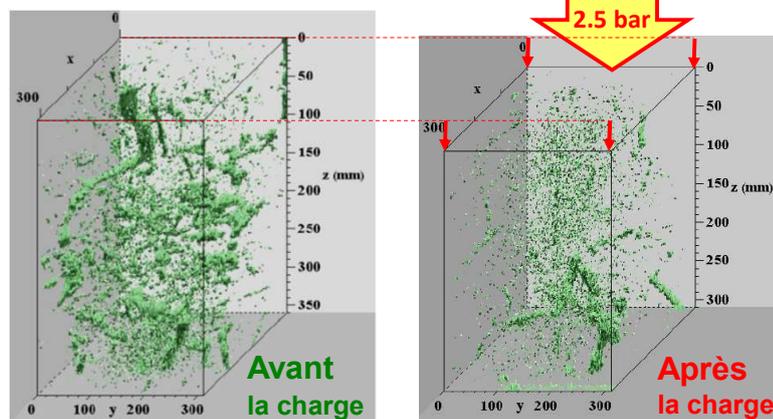
Si la pression exercée sur le sol est plus grande que sa portance, il se tasse!

Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

30

Bases terramécaniques

Le compactage du sol entraîne une diminution du volume des pores!

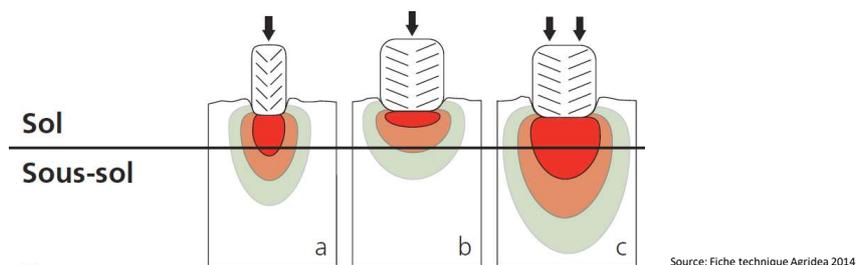


Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

31

Bases terramécaniques

Pression moyenne de la surface de contact / effet de profondeur



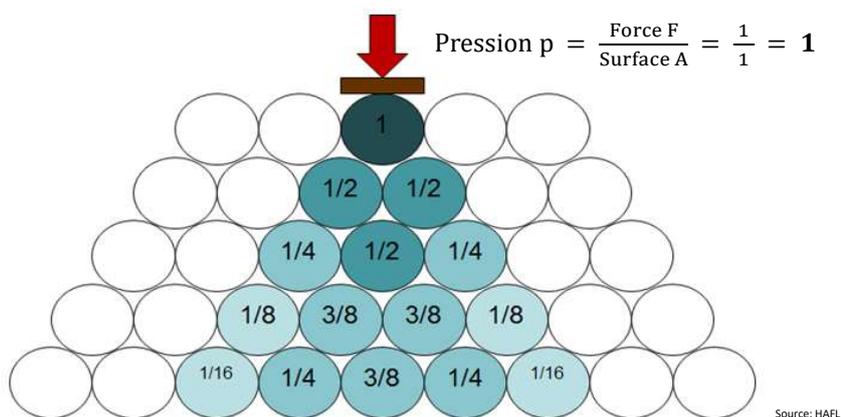
- A charge égale, un pneu plus large avec une pression de gonflage inférieure permet de réduire la pression exercée sur le sol
- Une charge élevée par roue entraîne toujours un risque, même des pneus larges ne sont pas en mesure de réduire suffisamment la pression sur le sol

Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

32

Bases terramécaniques

Pression moyenne de la surface de contact / effet de profondeur

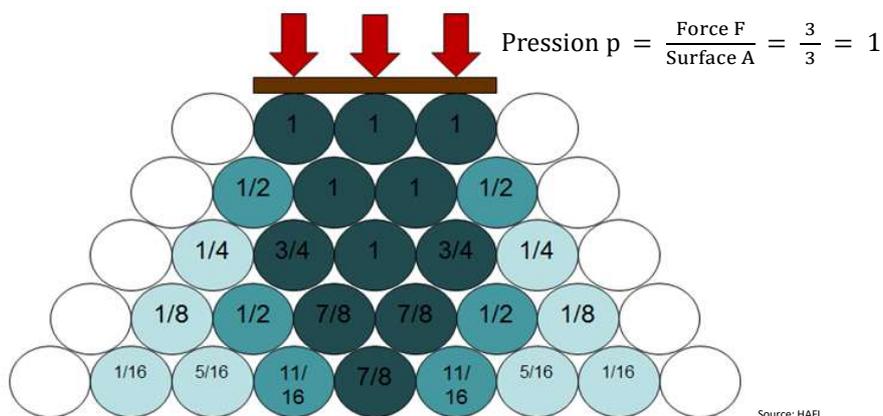


Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

33

Bases terramécaniques

Pression moyenne de la surface de contact / effet de profondeur



Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

34

Bases terramécaniques

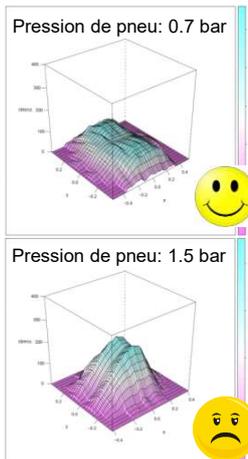
Pression moyenne de la surface de contact / effet de profondeur

La pression moyenne de la surface de contact (charge / surface de contact) n'est qu'une valeur calculée. Les pressions maximales peuvent atteindre le double de la pression moyenne dans la zone de contact !



Capteurs
Michelin 650/65R38
Charge env. 3.5 t

Source: HAFL

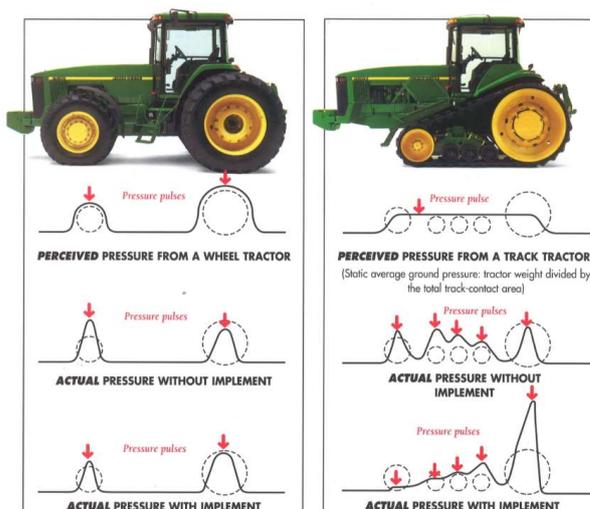


Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

35

Bases terramécaniques

Répartition de la pression de la surface de contact sous les véhicules à roues et à chenilles



Source: John Deere

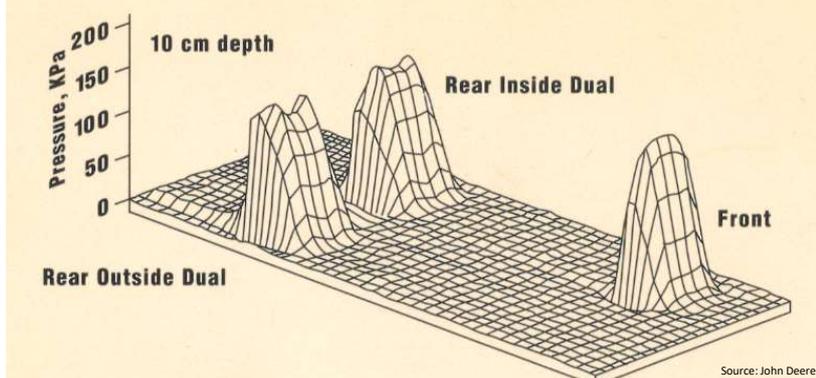
Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

36

Bases terramécaniques

Répartition de la pression: Tracteur à roues (roues jumelées à l'arrière)

CORRECTLY INFLATED TIRES WITH DUALS—NO LOAD

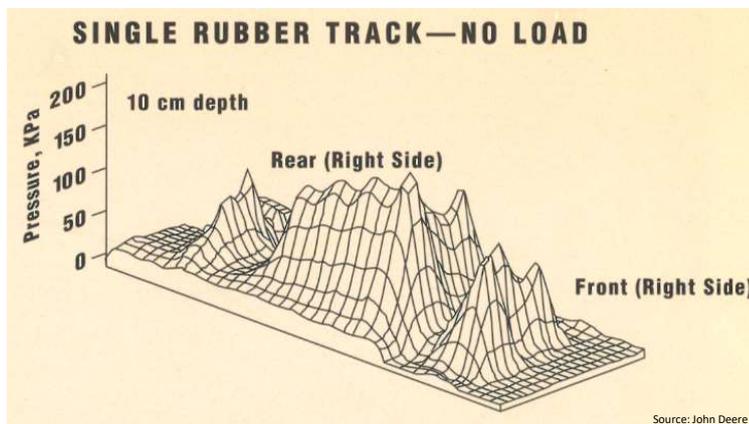


Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

37

Bases terramécaniques

Répartition de la pression: Tracteur à chenilles intégrales



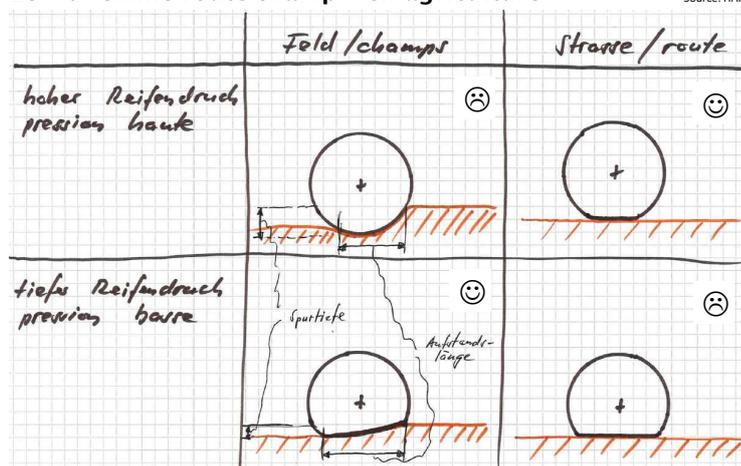
Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

38

Bases terramécaniques

Le « dilemme route-champ » en agriculture

Source: HAFL



Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

39

Bases terramécaniques

Le réglage de la pression des pneus est la clé du succès !

Une faible pression des pneus permet non seulement de réduire la pression au sol et les résistances au roulement sur le terrain, mais aussi

- ▶ d'augmenter les forces de traction
- ▶ réduire le patinage

La meilleure solution:
Système de télégonflage!



Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

40

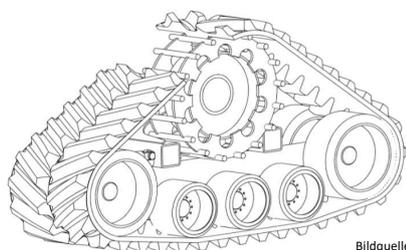
Dispositifs de chenilles

41

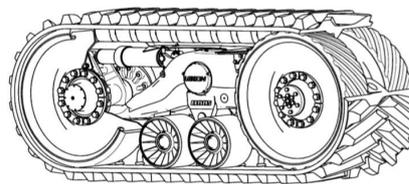
Dispositifs de chenilles

Types d'entraînement des chenilles

à engagement positif



par adhérence



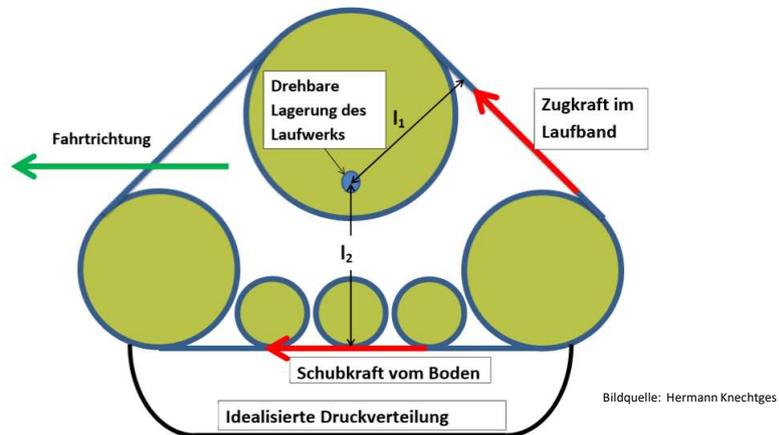
Bildquelle: Unbekannt

Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

42

Dispositifs de chenilles

Types de construction des chenilles triangulaires : Symétriques

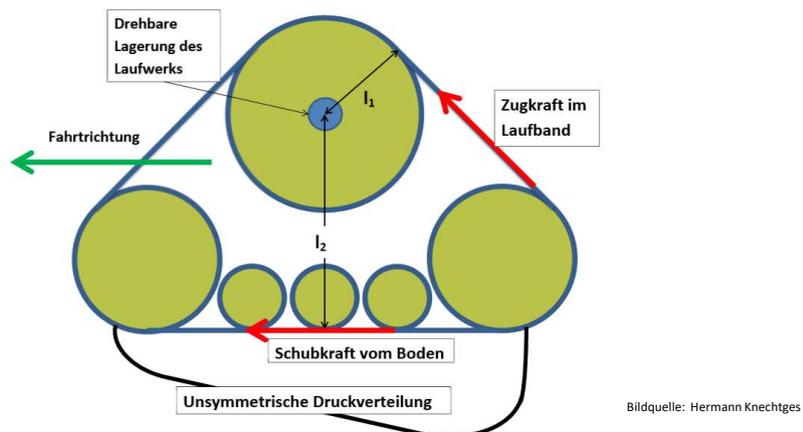


Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

43

Dispositifs de chenilles

Types de construction des chenilles triangulaires : Asymétrique

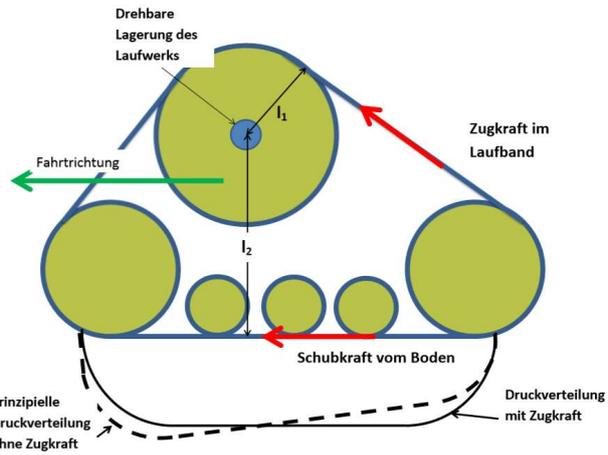


Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

44

Dispositifs de chenilles

Types de construction des chenilles triangulaires : asymétriques, décalées



Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

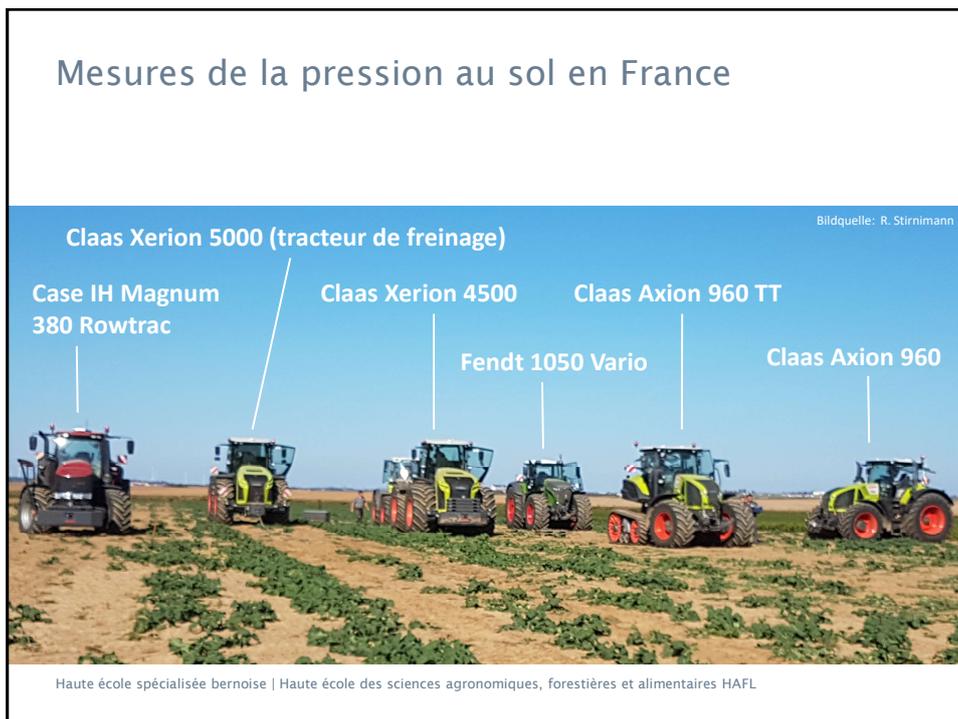
45

Mesures de la pression au sol en France

Dispositif d'essai / résultats

46

Mesures de la pression au sol en France



47

Mesures de la pression au sol en France

Tractor	Non-Pull	Pull	Front / Rear weight
Axion 960 TT (445HP max)			2.500kg / 3.000kg Total: 23.600kg
Axion 960 (445HP max)			2.500kg / 3.000kg Total: 20.000kg
Rowtrac 380 (417HP max)			2.200kg / 3000kg Total: 23.600kg
Fendt 1050 Vario (517HP max)			3.400kg / 3.000kg Total: 23.700kg
Xerion 4500 (490HP max)			3.400kg / 3.000kg Total: 24.400kg
Quadtrac 620 (692HP max)			- / - Total: 26.000kg

Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

48

Mesures de la pression au sol en France

Sondes Bolling à trois profondeurs : 20, 40 und 60 cm 4 double points de mesure

Bildquellen: R. Stirnimann



Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

49

Mesures de la pression au sol en France : résultats

Claas Axion 960 (IF 750/70R44 arrière, IF 650/60R38 avant)



Bildquelle: R. Stirnimann

Lestage avant: 2.6 t
Lestage arrière*: 3.0 t
Poids total: 20 t

Charge de roue avant: 3.7 t
Charge de roue arrière: 6.3 t

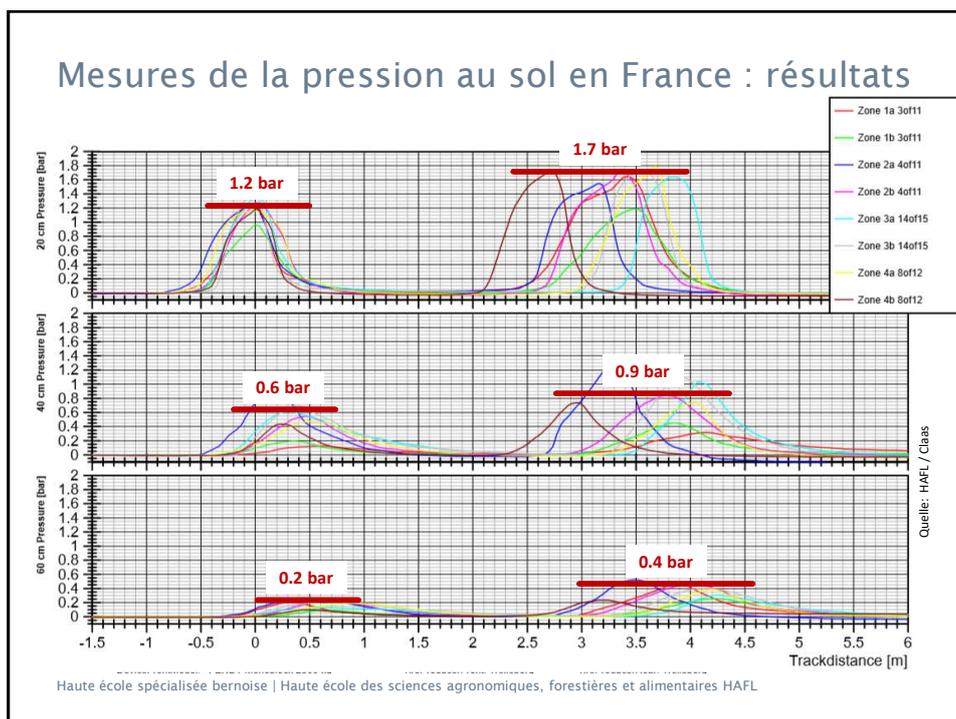
Pression avant: 0.9 bar
Pression arrière: 1.2 bar

Force de traction: 80 kN

* charge simulée de la digue

Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

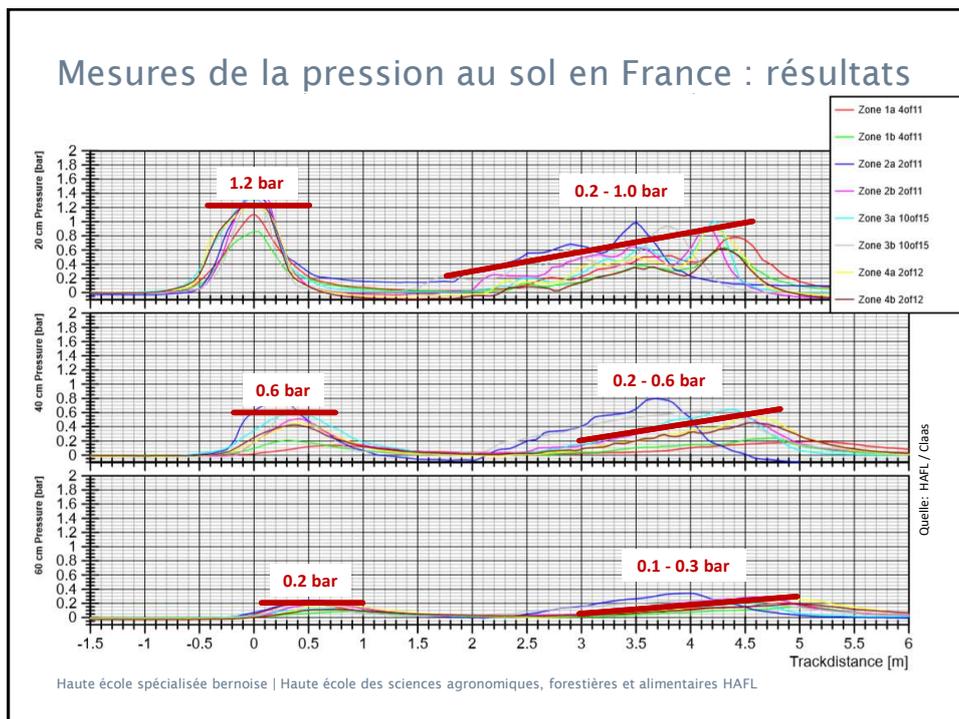
50



51



52



53

Mesures de la pression au sol en France : résultats

Case IH Magnum Rowtrac (chenilles triangul. arrière, IF 650/60R34 avant)

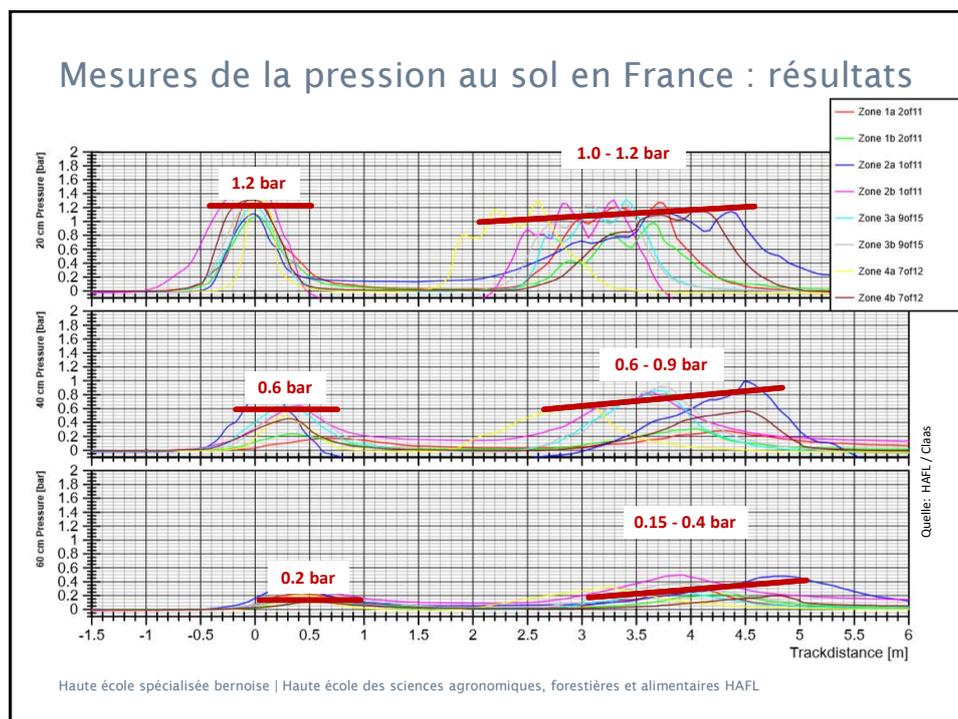
Bildquelle: Case IH

Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

- Lestage avant: 2.2 t
- Lestage arrière*: 3.0 t
- Poids total: 23.9 t
- Charge de roue avant: 3.2 t
- Charge de ch. arrière: 8.7 t
- Pression avant: 0.9 bar
- Pression arrière: -
- Force de traction: 80 kN

* charge simulée de la digue

54



55

Mesures de la pression au sol en France : résultats

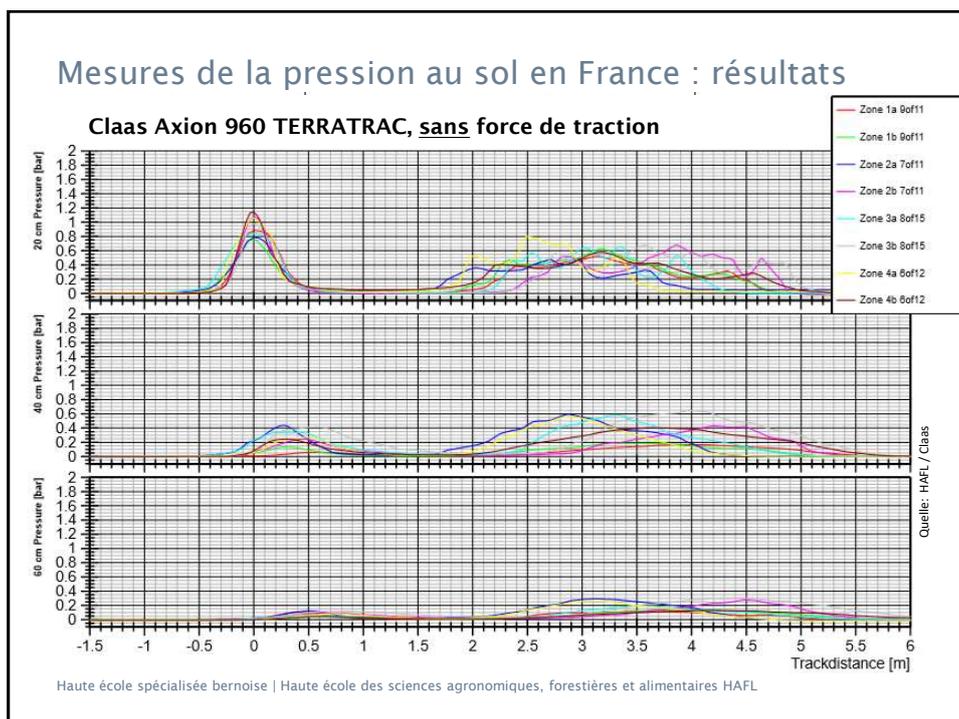
Enseignements tirés de la comparaison entre Claas Axion 960 / 960 TT et Case IH Rowtrac

- ▶ Le seuil de pression au sol de 1 bar dans la couche supérieure est dépassé pour les **tracteurs à roues** avec des charges par roue usuelles (> 5 t à l'arrière) et des pressions de pneus pour les travaux de traction lourds, même avec des pneus IF de grand volume
- ▶ Le "seuil" recommandé de 0,5 bar dans le sous-sol est également dépassé
- ▶ Les tracteurs avec semi-chenilles permettent de respecter ces valeurs de consigne (essieu arrière)
- ▶ Il existe des différences entre les concepts de chenilles Claas TERRA TRAC et Case IH Rowtrac

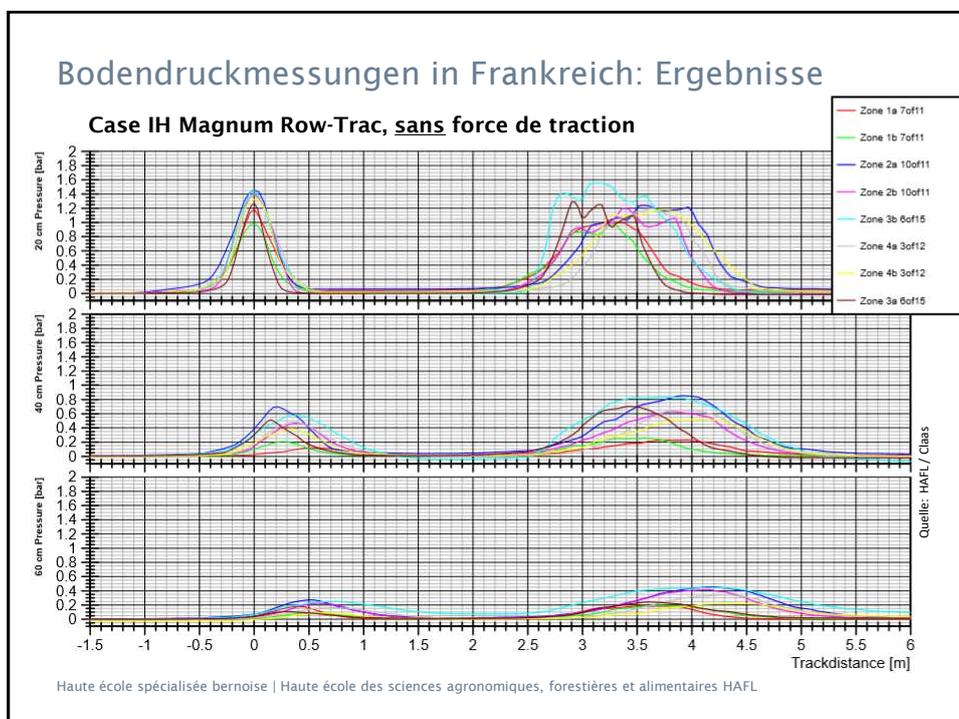
→ Roues ≠ chenilles
→ Chenilles ≠ chenilles

Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

56



57

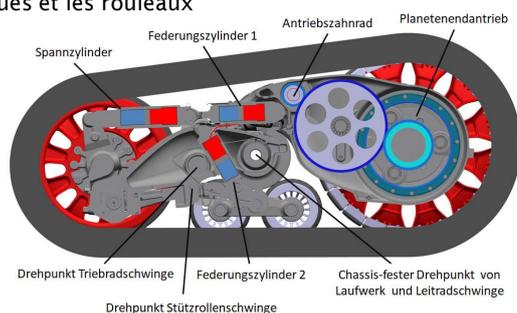


58

Mesures de la pression au sol en France : résultats

Raisons pour les bons résultats du train de roulement à chenilles TERRA TRAC

- ▶ surface de contact "droite" sur toute la longueur des chenilles
- ▶ Très bonne adaptation au sol grâce à la suspension intégrale : la roue motrice à l'arrière, la roue mobile à l'avant et les rouleaux d'appui sont chacun dotés d'une suspension séparée
- ▶ Entraînement par adhérence avec une tension de bande élevée : la bande "porte" également entre les roues et les rouleaux



Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

59

Activités HAFL

dans le domaine du compactage des sols

60

Activités HAFL

Projets / Travaux d'étudiants

- ▶ Développement ultérieur de Terranimo: extension de la base de données des pneus
- ▶ Développement ultérieur de Terranimo: ajout de systèmes de chenilles, prise en compte de la conception et des dimensions exactes
- ▶ Développement ultérieur de Terranimo: prise en compte du travail du sol (travaillé/non travaillé) pour les trains de chenilles
- ▶ Effet des passages multiples sur le compactage des sols
- ▶ Effet de la vitesse d'avancement sur le compactage du sol
- ▶ ...

Haute école spécialisée bernoise | Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL