

**Zeitschrift:** Technique agricole Suisse  
**Herausgeber:** Technique agricole Suisse  
**Band:** 54 (1992)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Mécanisation performante : un danger pour nos sols?  
**Autor:** Kramer, Eugen  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1084789>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 05.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Station fédérale de recherches d'économie d'entreprise et de génie rural (FAT)

8356 Tänikon

février 1992

412

## Mécanisation performante: un danger pour nos sols ?

Eugen Kramer, station fédérale de recherches d'économie d'entreprise et de génie rural (FAT), 8356 Tänikon.

Lors du choix d'un procédé de mécanisation, il faut, en plus des aspects techniques et économiques, aussi se préoccuper des questions relatives à la pression de ces machines sur le sol. Nous voudrions savoir, d'une manière générale, si une mécanisation plus légère, impliquant de faibles largeurs de travail et de nombreux passages, ménage mieux le sol qu'une mécanisation plus lourde, avec de grandes largeurs de travail diminuant ainsi le nombre de passages nécessaires. Nous avons tout d'abord songé à prendre pour cas de figure des procédés de récolte à un ou plusieurs rangs pour le maïs ou les betteraves sucrières mais il s'avère que la question ne concerne pas seulement la récolte mais bien l'ensemble du parc machines utilisé pour les grandes cultures.

Durant sept ans, nous avons recherché l'influence d'une mécanisation plus lourde ou légère sur les rendements d'une rotation de grandes cultures (sans prairie artificielle). Pour la 2<sup>ème</sup>, la 5<sup>ème</sup>, la 6<sup>ème</sup> et la 7<sup>ème</sup> année d'essai, les rendements du procédé léger se sont montrés statistiquement supérieurs à ceux du procédé lourd.

Des analyses pédologiques sur de grandes surfaces ne montrent pratiquement aucune différence entre les deux procédés. Il semble que les plantes soient apparemment mieux à même d'évaluer la fertilité d'un sol que nous le sommes avec nos paramètres habituels.

Des méthodes de calculs montrent des différences entre les deux procédés quant à la pression sur le sol, aussi bien dans la couche arable du sol que dans le sous-sol. Le procédé lourd cause plus de dégâts de tassement. Le labour doit être considéré comme très préjudiciable pour les deux procédés (roues dans le sillon de labour !).

### Résumé du dispositif d'essai

Dans le but de déterminer l'influence d'une mécanisation plus lourde ou légère sur la structure du sol et sur les rendements, un essai à long terme a été mis en place à Tänikon en 1984. Cet essai comprend **deux procédés de mécanisation** (2S et 3S). Dans la mesure du possible, nous avons fait en sorte que le rapport de poids soit de 2 à 3 entre les deux procédés. La parcelle d'essai est **un sol lourd** avec 35% d'argile, 34% de silt et 31% de sable (limon argileux). La rotation a été choisie comme suit : seigle, colza, maïs d'ensilage, blé d'automne, betteraves à sucre, blé d'automne; il s'agit donc d'une rotation sans prairie artificielle (régénération ?).

Les **différences des deux procédés de mécanisation** sont surtout marquées par le **travail du sol** (travail de

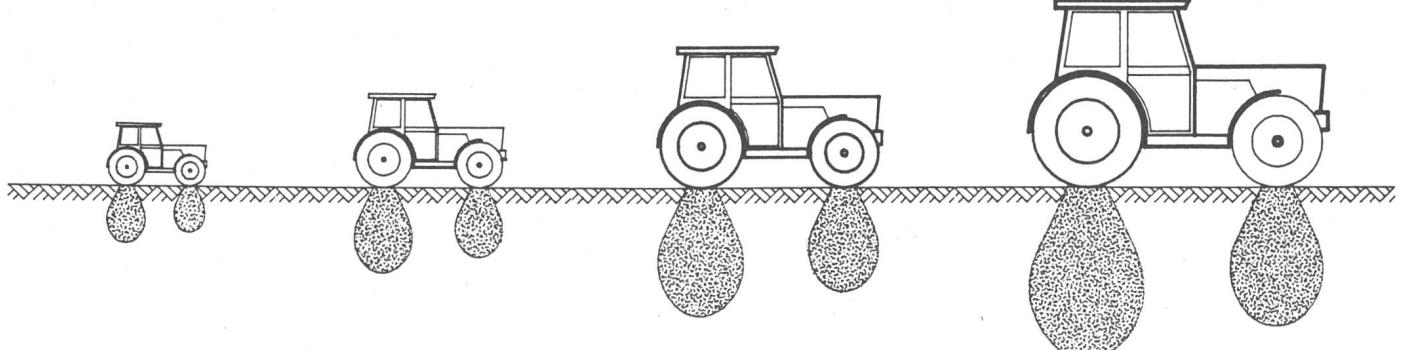


Fig. 1: Mécanisation performante - un danger pour nos sols ? Plus le poids est élevé, plus la pression au sol pénètre profondément, augmentant ainsi les risques de dégâts. Une "grosse machine" ne peut apporter des avantages que si elle peut être utilisée dans des conditions nettement plus sèches qu'une petite machine plus légère. Mais une grosse machine doit être aussi rentabilisée et son amortissement nécessite en général autant de jours de travail qu'une petite.

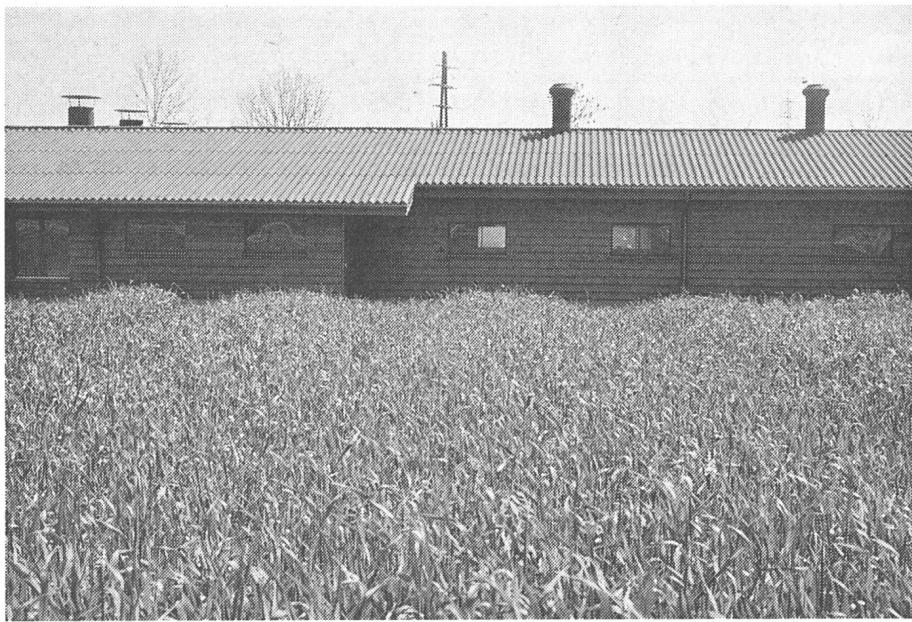


Fig. 2: Dégâts de passage lors du semis: rendement du seigle sur les voies de passages du tracteur = 57,7 kg/a, entre les voies = 70,2 kg/a.

## Procédés de mécanisation

### 1. Machines différentes pour les procédés 2S et 3S

	Procédé 2S		Procédé 3S	
	Tracteur	Machine	Tracteur	Machine
labour	45 kW	2 socs	65 kW	3 socs
hersage <sup>1)</sup>	45 kW	2,8 m tiré	65 kW	4,2 m tiré
hersage <sup>1)</sup>	45 kW	3 m prise de force	65 kW	3 m prise de force
épandage lisier	45 kW	4000 l	65 kW	6000 l
épandage fumier	30 kW	3,2 m <sup>3</sup>	45 kW	4,2 m <sup>3</sup>
moiss.-batt.		3 m		4,5 m
		barre de coupe		barre de coupe
récolte maïs	45 kW	1 rang	65 kW	2 rangs
récolte bett.	45 kW	1 rang	2)	6 rangs

<sup>1)</sup> tracteur avec roues jumelées

<sup>2)</sup> chantier décomposé: décolleteuse et arracheuse séparée automotrice (système Kloppenburg modifié), chargeuse à trémie, version tractée (90 kW).

### 2. Machines identiques pour les procédés 2S et 3S

	Tracteur	Machine
épandage engrais	45 kW	12 m pneumatique
traitement	45 kW	12 m barre
semis	45 kW	3 m jusqu'en 1988
		4 m depuis 1989
récolte de paille 1985	45 kW	presse à balles rondes
	55 kW	transport des balles
récolte de paille 1990	45 kW	presse à balles conventionnelles + remorque
		deux essieux

base et préparation du lit de semences) et pour la récolte, c'est-à-dire pour les travaux lourds, soumettant le sol à des fortes contraintes, que ce soit à cause du poids des machines ou de l'état du sol (insuffisamment ressuyé). Les deux procédés sont aussi bien différenciés en ce qui concerne l'épandage des engrains de ferme (lisier, fumier). Les travaux d'épandages d'engrais chimiques et de traitements phytosanitaires, utilisant les voies de passage, n'ont pas été différenciés. Par manque de matériel adapté, il n'a pas été possible de différencier non plus les travaux de semis et de récolte de la paille.

Durant la durée de l'essai, tous les travaux effectués sur la parcelle ont été soigneusement enregistrés afin de pouvoir finalement effectuer des calculs de la charge sur le sol. Nous avons calculé, à cet effet, la proportion de la surface soumise au passage des machines pour chaque travail, ainsi que la pression consécutive dans la couche arable du sol (15 cm de profondeur) et dans le sous-sol (40 cm de profondeur). Ces pressions ont ensuite été réparties pour chaque profondeur en 11 classes entre 0 N/cm<sup>2</sup> (1 N/cm<sup>2</sup> ≈ 0,1 kg/cm<sup>2</sup>) et 22 N/cm<sup>2</sup>. Les surfaces soumises au passages des machines pour chaque travail effectué durant les 7 années ont ensuite pu être présentées par classes, dans un diagramme des fréquences.

De cette présentation découlent les diagrammes "Pression - surfaces soumises au passage des machines" des deux procédés et pour les deux profondeurs de sol (fig. 3 et 4).

Durant toute la durée de l'essai, nous avons aussi occasionnellement relevé des paramètres pédologiques et régulièrement enregistré les rendements et effectué des analyses.

## Mécanisation plus légère – rendements plus élevés

Durant les sept années d'essais, nous avons enregistré des rendements moyens à bons pour les céréales, le colza et le maïs d'ensilage; les rendements des betteraves sucrières ont été variables. Des différences significatives de rendement au profit du procédé plus léger ont été enregistrées la deuxième année (colza), la 5<sup>ème</sup> année (betteraves sucrières), la 6<sup>ème</sup> année (blé d'automne) et la 7<sup>ème</sup> année (seigle). Cette der-

nière année est même assurée avec une différence significative de 1%. Les différences de rendement varient entre 2,4% et 7,5%. Durant trois années (première année: seigle, 3<sup>ème</sup> année: maïs d'ensilage et 4<sup>ème</sup> année: blé d'automne) les rendements du procédé plus lourd se situent faiblement ou même très faiblement en dessus de ceux du procédé plus léger. Aucune différence n'est apparue concernant le poids de mille grains et le poids à l'hectolitre pour les céréales, les valeurs nutritives pour le maïs d'ensilage et l'extractibilité pour les betteraves sucrières.

## La structure du sol laisse la question ouverte

Les paramètres physiques du sol comme les pores totaux, les pores grossiers, moyens et fins, la densité apparente, la stabilité des agrégats ne permirent pas de dégager une image claire dans la plupart des cas. En avril 1987 seulement, il a été possible de mettre en évidence des différences significatives au profit du procédé plus léger, pour la densité apparente et la stabilité des agrégats. Mais ces différences étaient toutefois très faibles. En règle générale, cet essai n'a permis que très difficilement de mettre en évidence des différences quant aux paramètres biologiques, chimiques ou physiques du sol. Nous devons nous poser la question de savoir si nos paramètres habituels sont vraiment en mesure de nous permettre de juger de la qualité, de la structure et de la fertilité d'un sol. C'est plutôt finalement la somme ou la synergie de diverses petites modifications qui, conjointement au facteur temps, influence la fertilité du sol et par là la différence de rendement.

## Des calculs plus concrets mettent à jour

Pour l'interprétation de la pression au sol calculée, nous nous basons sur un seuil de tolérance de 8 N/cm<sup>2</sup> pour la couche arable et de 6 N/cm<sup>2</sup> pour le sous-sol (Weisskopf et Schwab, 1988). Les différents diagrammes "Pression - surfaces soumises au passage des machines", calculés pour la couche arable (profondeur de 15 cm, fig. 3)

**Tableau No 1: évolution des rendements pour deux types différentes de mécanisation (2S et 3S)**

Année	Culture	Procédé 2S (kg/ha)	Procédé 3S kg/ha)	Différence significative	PPDS (5%)
1985	seigle	65,5	66,8	n.s.	3,61
1986	colza	35,1	32,7	*	2,20
1987	maïs	121,0	125,0	n.s.	6,02
1988	blé aut.	79,1	80,0	n.s.	2,00
1989	bett. sucr.	427,9	411,9	*	15,62
1990	blé aut.	66,3	64,7	*	1,45
1991	seigle	71,6	66,2	**	2,72

2S = mécanisation moyenne avec largeurs de travail moyennes

3S = mécanisation lourde et performante avec grandes largeurs de travail

n.s. = différence non significative

\* = différence significative (P = 5%)

\*\* = différence significative (P = 1%)

PPDS = plus petite différence significative

**Tableau No 2: paramètres physiques du sol après trois années d'essai**

Paramètres	2S	3S	Différence significative	PPDS (5%)
densité apparente (kg/dm <sup>3</sup> )	1,41	1,45	*	0,014
pores totaux (%)	54,0	54,1	n.s.	0,96
pores grossiers (%)	10,4	10,9	n.s.	0,54
stabilité des agrégats A	78,04	77,22	*	0,81

2S = mécanisation moyenne avec largeurs de travail moyenne

3S = différence non significative

\* = différence significative (P = 5%)

\*\* = différence significative (P = 1%)

PPDS = plus petite différence significative

montrent clairement que des pressions au sol nuisibles, supérieures à 8 N/cm<sup>2</sup>, sont causées, non seulement par les moissonneuses-batteuses et les récolteuses à betteraves, mais encore par les remorques (épandeur à fumier, litière à lisier, remorque pour maïs d'ensilage). Ceci est valable pour les deux procédés. Pour le procédé plus lourd, le sol est encore soumis à des fortes contraintes par le travail du sol (labour, hersage). Finalement, il ne subsiste plus que la question de la fréquence des passages, c'est-à-dire la proportion de surface soumise au passage des machines causant ces pressions nuisibles au sol. Pour une rotation identique et un même niveau de fumure, le procédé plus lourd provoque plus de pressions nuisibles sur la couche arable du sol, malgré de grandes largeurs de travail.

Dans le sous-sol (profondeur de 40

cm, fig. 4), des pressions nuisibles de plus de 6 N/cm<sup>2</sup> sont causées par la moissonneuse-batteuse et par les roues du tracteur roulant dans la raie de charrue (semelle de labour). Le labour nécessite avant tout une grande surface soumise au passage des roues du tracteur. Les pressions causées au sous-sol par l'épandeur à fumier et la citerne à lisier jouent aussi un rôle, mais dans une moindre mesure. Les pressions causées par la récolteuse à betteraves ne dépassent la valeur critique de 6 N/cm<sup>2</sup> dans le sous-sol que pour le procédé 3S (6 rangs). La même observation a été faite concernant le tracteur servant à la préparation du lit de semence.

## Résumé

Une tendance en faveur d'une mécanisation plus légère a pu être démontrée

par l'évolution des rendements, durant sept années, d'un essai portant sur une rotation de six ans soumise à deux procédés de mécanisation différents (mécanisation moyenne en comparaison d'une mécanisation lourde et performante). Les différences de rendement

se sont situées entre 2,4% et 7,5% pour 4 des 7 années et elles sont statistiquement assurées. Ces différences se sont encore affirmées durant les dernières années.

Le procédé de mécanisation plus lourde a provoqué plus de dégâts de tas-

tement aussi bien dans la couche arable du sol que dans le sous-sol (sous la semelle de labour). Dans la couche arable, ces dégâts peuvent être "réparés" et corrigés à l'aide d'outils de travail du sol conventionnels. Dans le sous-sol, nous sommes généralement

## Qu'est-ce qui cause des dégâts de tassemement?

Légende du détail des fig. 3 et 4

### Fumure (engrais de ferme)

1. essieu de l'épandeur à fumier
2. essieu de l'épandeur à lisier
3. essieu arrière du tracteur, lors d'épandage de lisier
4. essieu arrière du tracteur, lors d'épandage de fumier

### Récolte de betteraves sucrières

5. essieu de la récolteuse totale 1 rang
6. essieu arrière du tracteur, tirant la récolteuse totale
7. essieu de la chargeuse à trémie 6 rangs
8. essieu arrière de la décolleteuse 6 rangs
9. essieu avant de la décolleteuse 6 rangs
10. essieu avant de l'arracheuse 6 rangs
11. essieu arrière de l'arracheuse 6 rangs
12. essieu arrière du tracteur tirant la chargeuse

### Battage

13. essieu avant de la moissonneuse-batteuse
14. essieu arrière de la moissonneuse-batteuse

### Récolte du maïs d'ensilage

15. essieu avant du char à ensilage
16. essieu arrière du char à ensilage

### Travail du sol

17. essieu arrière du tracteur lors du labour (roues hors sillon)
18. essieu arrière du tracteur lors du labour (roues dans le sillon)
19. essieu avant du tracteur lors du labour (roues dans le sillon)
20. essieu arrière du tracteur lors de l'herbage.

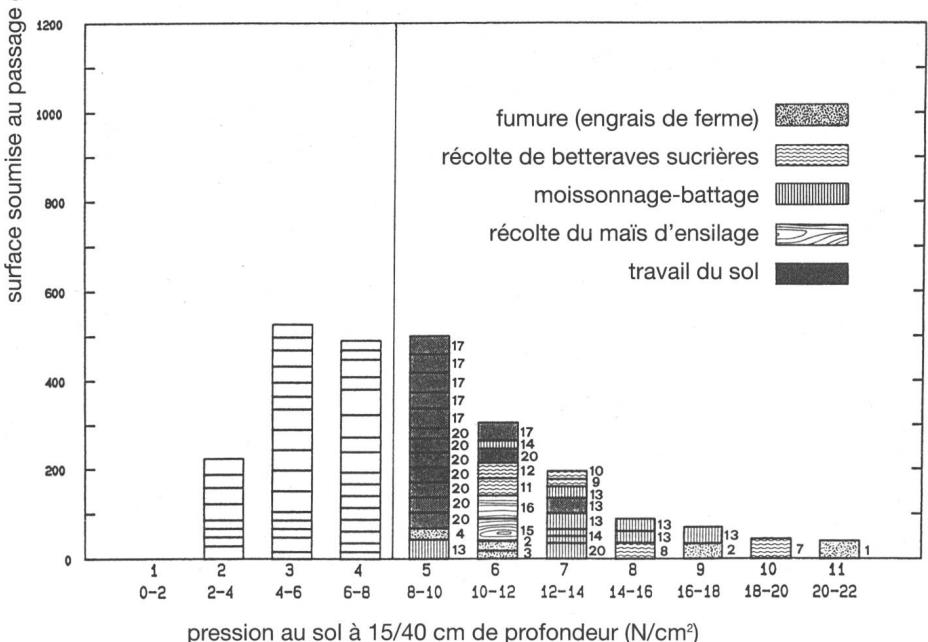
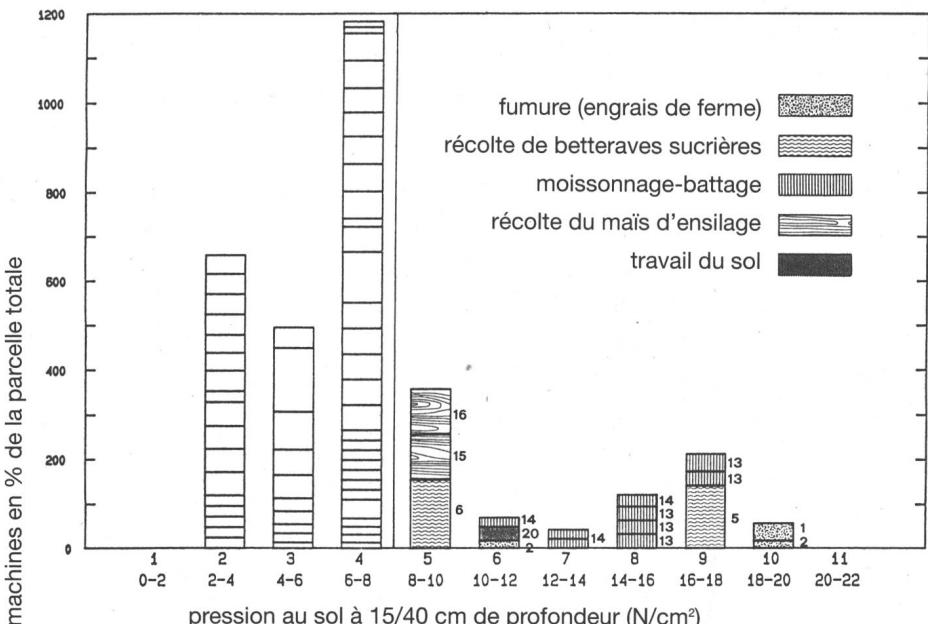


Fig. 3: Diagramme "Pression - surface soumise au passage des machines" pour la couche arable durant sept années de grandes cultures. Les sommes des surfaces soumises au passage des machines (colonnes) sont présentées pour chaque niveau de pression au sol. Le seuil critique pour la couche arable est de 8 N/cm<sup>2</sup> (1 N/cm<sup>2</sup> env. 1 kg/cm<sup>2</sup>).

- en haut: mécanisation moyenne - la grande majorité des travaux se situe en dehors du seuil critique de pression au sol (à gauche).
- en bas: mécanisation lourde - plus de la moitié des passages de machine se situe dans le niveau de pression critique (à droite).

contraints à laisser agir seule la nature. C'est avant tout les récolteuses lourdes (moissonneuses-batteuses, récolteuses à betteraves 6 rangs) qui sont responsables des pressions élevées

jusque dans le sous-sol. Le chef d'exploitation devrait pouvoir intervenir de manière déterminante, aussi bien pour le choix de ces machines que pour le moment de leur utilisation (état d'hu-

midité du sol). En général, la charrue joue aussi un rôle quant au dangereux tassemement provoqué au sous-sol (roues dans le sillon !), d'autant plus que ce travail est souvent effectué dans de mauvaises conditions.

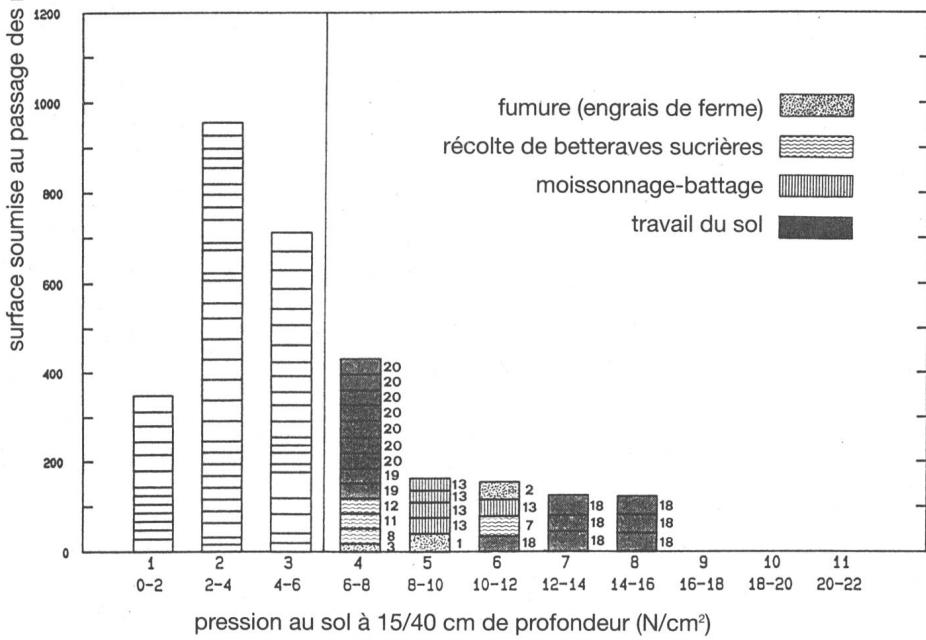
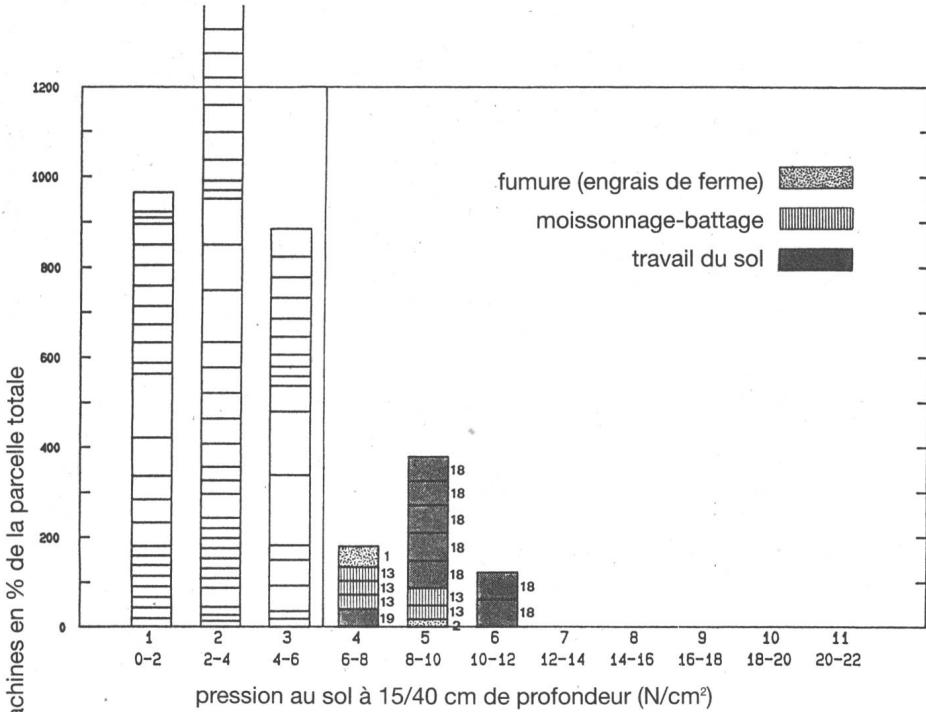


Fig. 4: Diagramme "Pression - surface soumise au passage des machines" pour le sous-sol durant sept années de grandes cultures. Les sommes des surfaces soumises au passage des machines (colonnes) sont présentées pour chaque niveau de pression. Le seuil critique pour le sous-sol est de  $6 \text{ N/cm}^2$  ( $1 \text{ N/cm}^2$  environ  $0,1 \text{ kg/cm}^2$ ).

- en haut: mécanisation moyenne - c'est surtout le labour et la moissonneuse-batteuse qui provoque un tassemement critique du sous-sol.
- en bas: mécanisation lourde - en plus du labour et de la moissonneuse-batteuse, c'est encore le hersage et la récolte de betteraves 6-rangs qui surchargent le plus le sous-sol.



Fig. 5: Faut-il répéter le labour chaque année? Les roues du tracteur roulant dans le sillon, bien souvent humide, provoquent des dégâts de tassemement.



Fig. 6: Mécanisation plus lourde ou plus légère? Avec des conditions de travail au champ identiques (état d'humidité du sol) et pour les mêmes itinéraires techniques (travail du sol/ "Ameublement du sol", fumure, etc.), c'est le procédé plus léger qui permet d'atteindre les meilleurs rendements à long terme.

## Littérature:

Weisskopf, P., Schwab, P., et al., 1988: La mise en péril des sols suisses par le tassemement; rapport No 20 du programme national de recherches "Utilisation du sol en Suisse". Liebefeld, Bern.