

**Zeitschrift:** Technique agricole Suisse  
**Herausgeber:** Technique agricole Suisse  
**Band:** 51 (1989)  
**Heft:** 7

**Artikel:** Risques de tassement dus à la mécanisation  
**Autor:** Weisskopf, P. / Schwab, P.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1084975>

#### **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>**

## 4 exemples de la pratique:

# Risques de tassement dus à la mécanisation

P. Weisskopf, P. Schwab

Station fédérale de recherches agronomiques pour la production végétale, Zurich-Reckenholz (FAP)  
Station fédérale de recherches d'économie d'entreprise et de génie rural, Tänikon (FAT)

Dans le cadre du programme national de recherche «Sol» (PNR 22), la FAP et la FAT ont traité en commun le sujet «Risques de tassement des sols en Suisse». L'objectif de ce projet était d'obtenir des informations sur les causes et la fréquence des tassements du sol en Suisse ainsi que d'énumérer les possibles remèdes.

A la suite d'un article paru dans le numéro de mai 1988 de «Technique Agricole»: «Tassement des sols: causes et remèdes», le présent article expose à l'aide d'exemples pratiques les pressions mécaniques occasionnées par des charges qui peuvent survenir lors de la culture de maïs d'ensilage, de prairies artificielles et de céréales et, de manière détaillée, ce qui provoque ces pressions. En outre, nous énumérerons les facteurs qui peuvent contribuer à une stabilisation de la structure du sol. Les exemples présentés proviennent de deux exploitations de la plaine de l'Aar entre Granges et Soleure ainsi que de deux exploitations du Jura schaffhousois.

## 1. Caractéristiques du site: texture et type de sol, précipitations

Comme l'indique le tableau 1 à la page précédente, les quatre exploitations travaillent sur sols argileux dits «lourds». Cela est vrai tout particulièrement pour les deux exploitations de la plaine de l'Aar. En conséquence, le travail du sol est ardu, parce que l'on ne peut obtenir des résultats optimaux qu'à l'intérieur d'une plage très étroite de teneur en humidité du sol («Sol minute»: lors du séchage, les sols demeurent longtemps à l'état plastique, mais deviennent par la suite rapidement secs et durs). Outre l'influence de la texture du sol sur la stabilité de la structure,

s'ajoute — spécialement dans les exploitations de la plaine de l'Aar — un grand risque d'humidité du sol trop élevée: d'une part, il faut compter avec des précipitations considérables, et d'autre part, les sols reçoivent

par le contact des couches profondes avec la nappe phréatique de l'humidité supplémentaire ou, en raison de leur tendance à l'humidité de stagnation, ne laissent percoler l'eau de précipitation que lentement à travers le sol.

## 2. Etat de la structure: volume des pores grossiers

Au cours d'une année, la structure (et avec elle le volume des pores grossiers) se modifient continuellement. La formation de la structure est favorisée par les cycles de gonflement et de retrait fréquents dus à l'humidité, par de forts gels, un enraci-

*Fig. 1: La prise en considération de l'humidité du sol est décisive pour éviter les tassements du sol. En présence de conditions défavorables, même des véhicules relativement bien équipés occasionnent des dégâts au sol.*



nement du sol intense, l'activité biologique intense du sol et un travail du sol ménageant dans des sols bien ressuyés, mais pas trop secs. La structure est détruite tout particulièrement par des pressions (véhicules, travail) en présence d'un sol trop humide. Contrairement à la couche supérieure du sol, le sous-sol présente généralement un pouvoir de régénération faible, parce que les processus de formation de la structure y sont moins actifs (variations plus faibles de l'humidité du sol, pas d'effet de gel, enracinement et activité biologique du sol faibles, sol souvent trop humide pour une utilisation prometteuse d'outils de travail du sol en profondeur). C'est pourquoi les tassements des sous-sols sont à long terme plus graves que ceux de la couche supérieure.

Les valeurs des pores grossiers mentionnées dans le tableau 2 ont été observées au printemps 1987 et permettent de faire les constatations suivantes:

**Maïs d'ensilage:** c'est généralement dans la couche arable des

parcelles de maïs d'ensilage que l'on a constaté, dans le cadre du PNR 22, les valeurs des pores grossiers les plus faibles. C'est pourquoi, la valeur de l'exploitation SO2 peut être considérée comme relativement bonne. En ce qui concerne le sous-sol, les exploitations du Jura schaffhousois présentent des valeurs des pores grossiers nettement plus favorables que celles de la plaine de l'Aare. Cela est dû entre autres aux conditions pédologiques et climatiques (phases humides plus fréquentes dans le sol des exploitations soleuroises; cycles de gonflement et retrait plus fréquents dans les sols des exploitations schaffhousoises). La valeur basse dans les parcelles de SO2 pourrait être une conséquence de la mécanisation (lourde) spécifique à l'exploitation. (En 1986, utilisation éventuelle dans des conditions défavorables? Comparer avec l'alinéa 4).

**Prairie artificielle:** dans la couche arable des prairies artificielles, on a trouvé en général dans

#### «Définition du tassement du sol»

Les tassements du sol sont des dégâts à la structure du sol. Ils provoquent la disparition d'une partie du système des pores d'un sol (perte de volume en pores grossiers) et augmentent, la résistance du sol à la croissance des racines. Pour les plantes, cela signifie d'une part que les précipitations superflues ne peuvent plus s'écouler assez rapidement de la zone du sol endommagée et des couches du sol situées au-dessus (manque d'air!) et d'autre part que l'exploitation des réserves d'éléments fertilisants et d'eau par les racines est entravée (sol physiologiquement superficiel!).

les exploitations des valeurs de pores grossiers suffisantes. A ce propos, les exploitations de la plaine de l'Aare présentent plutôt des valeurs (liées au site!) au-dessous de la moyenne ce qui est surtout valable pour les parcelles de l'exploitation SO1. Il est possible que ce soit une conséquence de la forme et de l'intensité d'exploitation de cette prairie naturelle en 1986 (comparer alinéa 2). Cela vaut également pour le sous-sol: ici aussi, les valeurs des pores grossiers des sols avec humidité stagnante de la plaine de l'Aare se situent en-dessous de la moyenne des autres exploitations analysées. Dans ce cas aussi, la valeur basse de l'exploitation SO1 devrait être la conséquence de la forme d'utilisation (éventuellement, récolte d'herbe par des conditions défavorables!) et de l'intensité d'utilisation (6 coupes).

**Tableau 2: Volumes des pores grossiers dans la couche arable et le sous-sol de parcelles des quatre exploitations ainsi que valeurs moyennes des parcelles étudiées dans le cadre du projet de recherche PNR 22 «Risques de tassement des sols en Suisse».**

**Prélèvement des échantillons au printemps 1987 dans la couche arable et le sous-sol de parcelles à maïs d'ensilage comme précédent, respectivement de parcelles à prairie artificielle.**

Exploitation	Parcelles avec maïs d'ensilage		Parcelles de PA	
	Couche arable	Sous-sol	Couche arable	Sous-sol
SO1	— *	8,6 %	8,0 %	6,7 %
SO2	9,8 %	7,0 %	9,5 %	8,8 %
SH1	— *	9,7 %	14,4 %	15,0 %
SH2	— *	10,7 %	—	—
Moyenne				
PNR 22	7,2 %	8,4 %	10,0 %	9,0 %

\* Parcelles labourées à l'époque du prélèvement de l'échantillon

**Appréciation:**— volume des pores grossiers inférieur à 5%: insatisfaisant  
— volume des pores grossiers entre 5 et 7%: critique  
— volume des pores grossiers dépassant 7%: suffisant à bon

### 3. Contrainte moyenne du sol (couche arable et sous-sol)

A l'aide des valeurs «Contrainte moyenne sur le sol de la couche arable» (= CMCA) respectivement «Contrainte moyenne sur le sous-sol» (= CMS), on tente de décrire avec un index le risque de tassement provenant des charges liées à la mécanisation et se rapportant à une unité de surface. Afin de permettre des comparaisons des différentes chaînes de travail et méthodes de culture, on présuppose des

conditions standard, soit des conditions similaires de sol et d'évolution de l'humidité du sol. La contrainte moyenne sur le sol ne permet pas seulement la mesure de la pression sur le sol des roues des machines. Au contraire, elle tient également compte de la fréquence de telles traces lors de l'exploitation d'une unité de surface du sol. De cette façon, on prend également en considération qu'une mécanisation lourde peut mettre le sol très fortement à l'épreuve sous les traces de passage, mais que, grâce à une largeur de travail généralement plus grande ou aux groupages possibles des

outils en vue d'effectuer certains travaux, moins de passages sont nécessaires. Pour permettre l'interprétation de la contrainte moyenne sur le sol, nous indiquons aussi, dans les illustrations 2 et 3, les index que provoquerait un passage unique sur la totalité («trace dans trace») de la surface cultivée avec une pression correspondant au «seuil de tolérance». On appelle «seuil de tolérance de la couche arable respectivement du sous-sol», la pression au-dessus de laquelle il faut s'attendre à des signes de tassement évidents dans la couche arable et le sous-sol.

#### «Processus lors du tassement du sol»

Les interrelations lors de la formation de tassements du sol peuvent être expliquées au moyen du schéma de l'illustration 1. Les tassements du sol peuvent avoir 2 causes principales: soit les forces importantes pour la cohésion de la structure du sol sont trop faibles, soit les contraintes exercées sur le sol sont trop élevées. De faibles forces de stabilisation de la structure peuvent être la conséquence des caractéristiques du sol (for-

ces de cohésion élevées dans les sols argileux et humifères riches en calcium; faibles forces dans les sols riches en sable et en silt et pauvres en humus et en calcaire). En outre, la stabilité de la structure diminue plus l'humidité du sol est élevée. Des pressions fortes peuvent tout aussi bien être causées par des poids statiques élevés (pression du poids par roue) que par des contraintes dynamiques (accélération ou freinage des roues, outils de travail du sol).

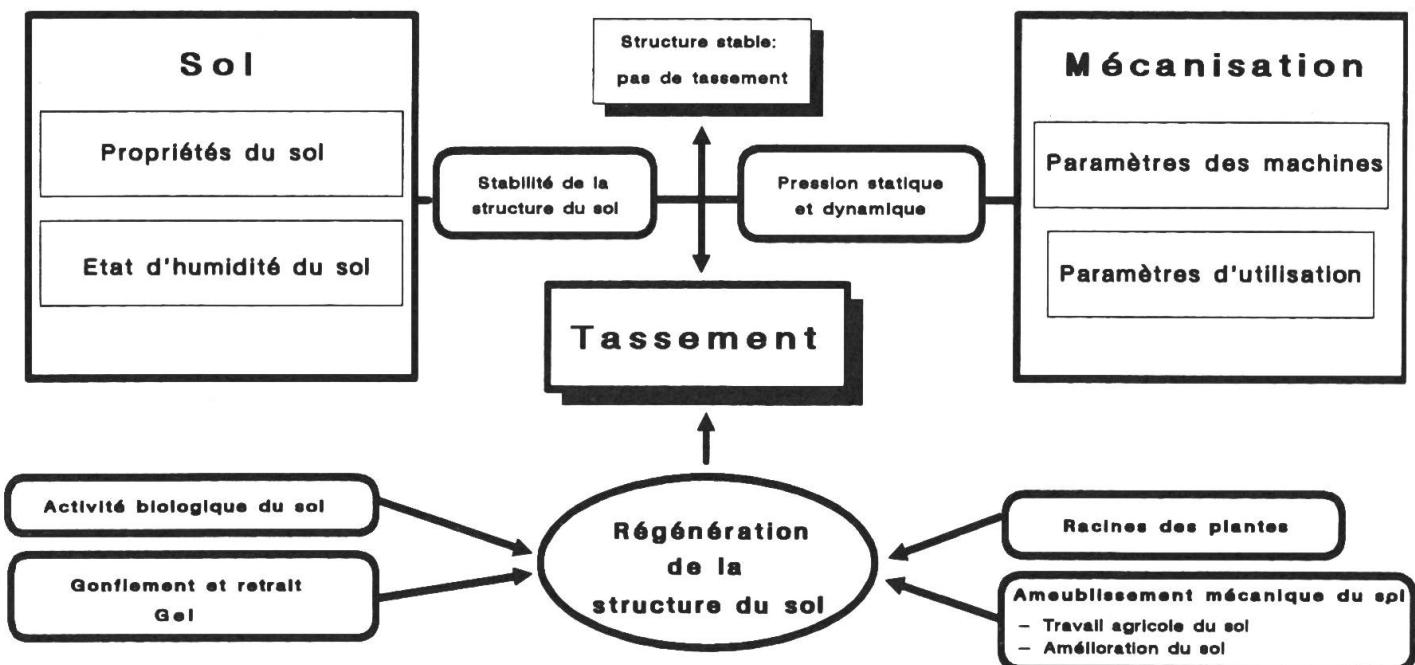


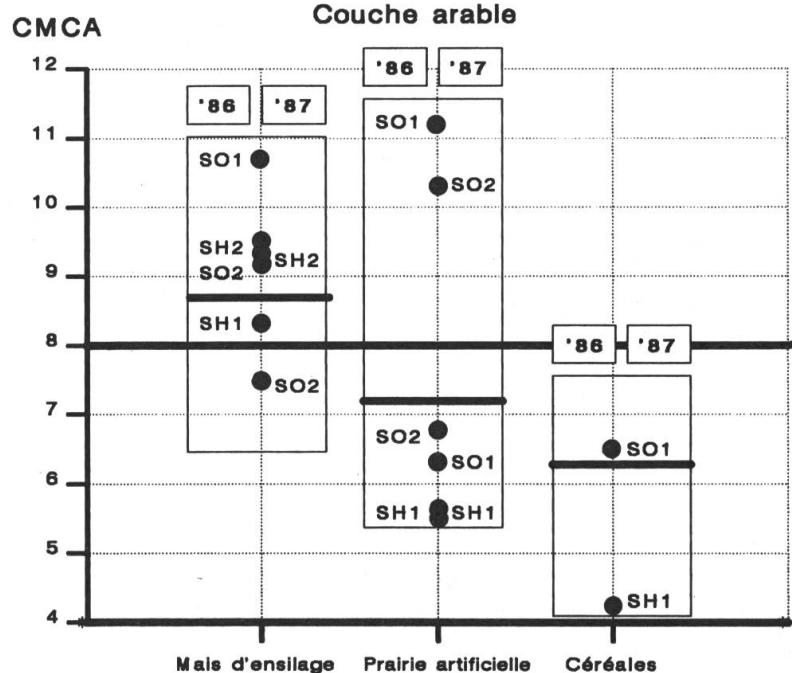
Illustration 1: Représentation schématique des interrelations lors de la formation et de la suppression de tassements du sol – processus de formation et de destruction de la structure.

Lorsque l'on compare les valeurs de contrainte sur la couche arable à celles sur le sous-sol, il apparaît que, dans les quatre exploitations, la contrainte sur la

couche arable, aussi bien pour la culture de maïs d'ensilage que lors de l'exploitation de prairies artificielles peut atteindre le «seuil de tolérance». Par contre,

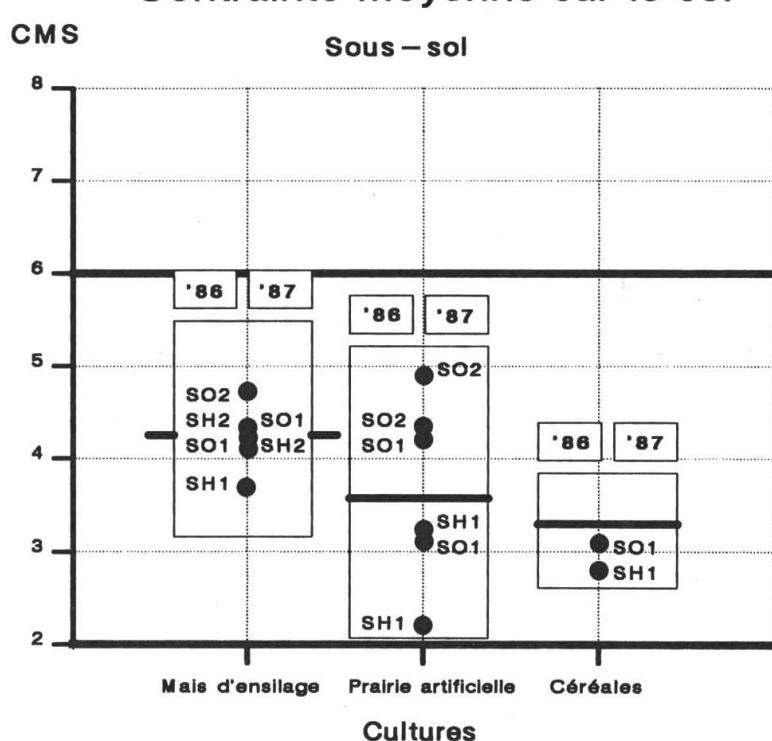
dans les sous-sol, on a noté en général des contraintes beaucoup plus faibles situées en-dessous de la valeur critique. En principe, lors de la culture de

### Contrainte moyenne sur le sol



*Illustration 2: Index pour la contrainte moyenne sur la couche arable (CMCA) lors de la culture de maïs d'ensilage, de prairie artificielle et de céréales en 1986 et 1987 dans les quatre exploitations ainsi que dans des exploitations de comparaison qui ont été analysées dans le cadre du projet PNR 22 «Risques de tassement des sols en Suisse». Indication des valeurs extrêmes (limites inférieures et supérieures des bandes) ainsi que de la valeur moyenne de toutes les exploitations étudiées (trait horizontal épais dans les bandes).*

### Contrainte moyenne sur le sol



*Illustration 3: Index pour la contrainte moyenne sur le sous-sol (CMS) lors de la culture de maïs d'ensilage, de prairie artificielle et de céréales en 1986 et 1987 dans les quatre exploitations ainsi que dans des exploitations de comparaison qui ont été analysées dans le cadre du projet PNR 22 «Risques de tassement des sols en Suisse». Indication des valeurs extrêmes (limites inférieures et supérieures des bandes) ainsi que de la valeur moyenne de toutes les exploitations étudiées (trait horizontal épais dans les bandes).*



Fig. 2: L'une des extrêmes pour éviter les tassements du sol causés par la mécanisation: diminution de la pression grâce à une réduction du poids du véhicule, respectivement des charges de roue.

maïs d'ensilage, les contraintes se situent, aussi bien sur la couche arable que sur le sous-sol, à un niveau nettement plus élevé que lors de l'exploitation de prairies naturelles. Lors de la culture de céréales, les contraintes ont tendance à être encore un peu plus faibles que lors de l'exploitation en prairies naturelles. Pour la culture de maïs d'ensilage, on constate des différences nettes entre les différentes exploitations en ce qui concerne la contrainte sur la couche arable (valeur CMCA) (comparer avec l'alinéa 5). Parfois, on a même observé dans la même exploitation des différences entre les deux années de culture (Exemple SO2: en 1986, deux épandages de purin avec la citerne à pression, en 1987, pas de purin). Lors de l'exploitation en prairie artificielle, il existe de grandes différences en ce qui concerne la contrainte sur la couche arable. On a pu le constater aussi bien entre les différentes exploitations qu'à l'intérieur de la

même exploitation sur deux années d'utilisation. Ces différences proviennent surtout des différentes formes d'exploitation (récolte d'herbe: risque de de-

voir éventuellement travailler dans des conditions défavorables; ensilage, fourrage sec: du fait de la dépendance du beau temps, en principe, risques réduits de valeurs d'humidité du sol trop élevées) et des intensités d'exploitation variables (par exemple SO1: 1986, 3 coupes en vert et 2 récoltes de fourrage sec; 1987: 1 récolte en vert, 1 récolte d'ensilage, 2 récoltes de fourrage sec; par exemple SO2: 1986, 2 récoltes d'ensilage; 1987, 1 coupe en vert, 1 récolte d'ensilage, 2 récoltes de fourrage sec). Malgré le fait que l'exploitation d'une prairie artificielle soit en moyenne liée à des valeurs CMCA plus basses que celles de la culture du maïs d'ensilage, des régimes d'exploitation intensifs peuvent exercer des contraintes très élevées sur le sol.

Pour ce qui est de la contrainte sur le sous-sol (valeurs CMS)



Fig. 3: L'autre extrême pour éviter les tassements du sol causés par la mécanisation: diminution de la surface des traces de passage et augmentation des performances (afin d'exploiter les conditions favorables) grâce à de grandes largeurs de travail. Dans cet exemple, on essaie de limiter les répercussions du poids élevé nécessaire du véhicule par une répartition équilibrée de l'ensemble du poids sur toutes les roues ainsi que par des pneumatiques adéquats.

Toutes les illustrations: E. Kramer, FAT Tänikon

par la culture de maïs d'ensilage, des différences relativement minimales sont apparues entre les quatre exploitations. Par contre, des différences très nettes entre les valeurs CMS résultèrent de l'exploitation en prairie artificielle ce qui s'explique aussi bien par les facteurs déjà mentionnés (forme et intensité d'utilisation) que par la mécanisation utilisée. Aussi bien pour la culture de maïs d'ensilage que pour l'exploitation en prairie artificielle, les exploitations avec les valeurs de contrainte les plus élevées pour la couche arable ne sont pas identiques à celles qui ont exercé les plus grandes contraintes sur le sous-sol. Alors que pour la CMCA, ce sont surtout les exploitations qui exercent des contraintes élevées sur le sol par des passages fréquents de véhicules (pourcentage de la surface recouverte de traces de roue élevée à la suite d'utilisations fréquentes,

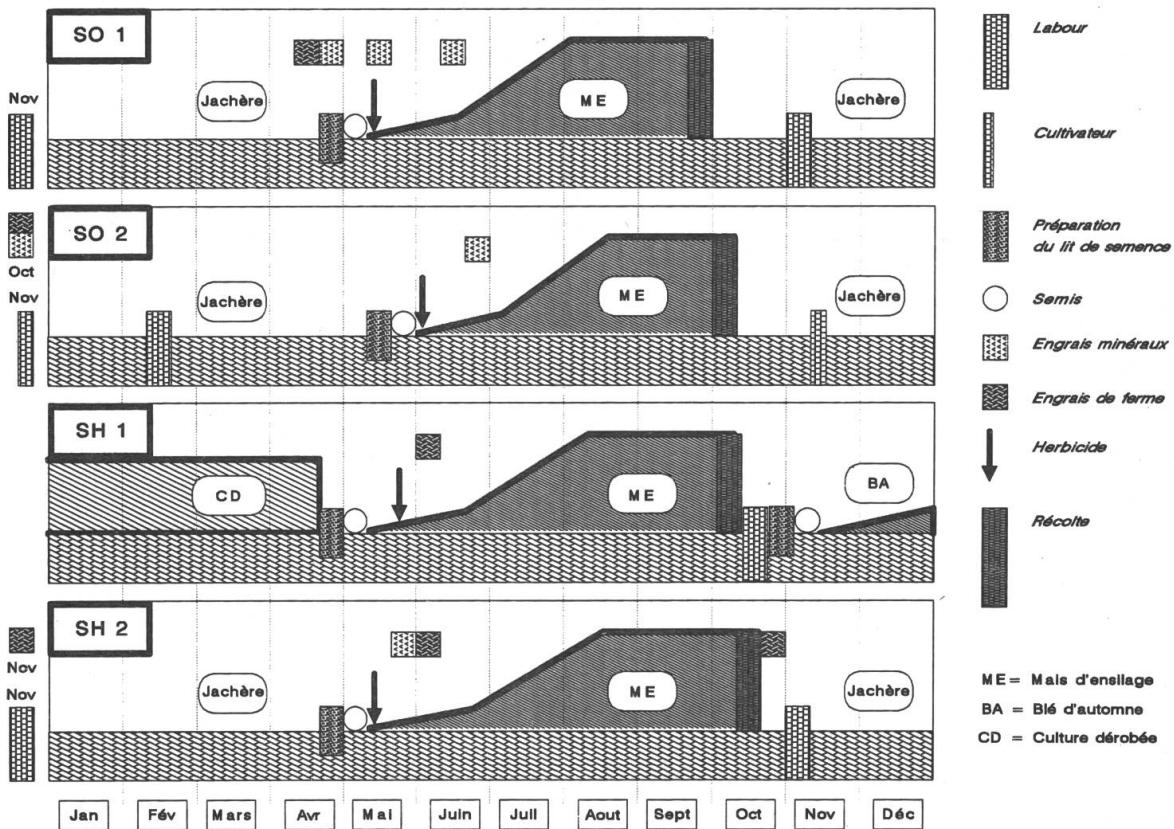
faible largeur de travail, «conduite trace dans trace») qui obtiennent des valeurs négatives, pour le CMS, sont mal classées, les exploitations qui provoquent des fortes pressions sur le sol (poids élevés des machines, pression élevée sur les roues respectivement pneumatiques inadaptés, «traces profondes des roues»).

considère le moment où ont été exécutés certains travaux, il en résulte des indications sur l'état possible du sol (portance en fonction de l'humidité du sol) à ce moment-là. L'illustration 4 montre des exemples d'époque d'exécution des travaux pour la culture du maïs d'ensilage de quatre exploitations en 1986.

Il existe des différences importantes entre les exploitations en ce qui concerne le degré de couverture du sol. Tandis que, dans l'exploitation SH1, la culture du maïs d'ensilage est précédée d'une culture dérobée et suivie immédiatement par une culture principale, dans les trois autres exploitations, le maïs d'ensilage est suivi d'une jachère hivernale (avantage: possibilité d'exposer un labour d'automne à l'effet du gel). L'époque du travail de base du sol (traditionnellement: labour, pour SO2 en plus chisel) se situe, pour trois exploitations,

#### 4. Epoque d'exécution du travail

Pour déterminer avec précision la contrainte sur le sol exercée par un passage donné, il faudrait connaître l'humidité effective du sol au moment de l'exécution du travail. Du fait que les différentes valeurs d'humidité pour le projet PNR n'étaient pas disponibles, la contrainte sur le sol due à la mécanisation n'était calculée que pour des conditions de sol standardisées. Lorsque l'on



en arrière-automne/hiver. Seule SH1 a pu mettre à profit la possibilité de déplacer le labour à l'arrière-été de l'année précédente et de n'avoir ainsi, l'année de culture du maïs d'ensilage, plus qu'à préparer le lit de semence après la culture dérobée. Dans SO2, le semis relativement tardif de maïs d'ensilage s'explique par une attente du chef d'exploitation en raison d'une humidité du sol trop élevée. L'épandage des engrains de ferme s'est effectué également de très différentes manières: alors que dans SO1, le fumier n'a été épandu sur le champ qu'au printemps (inconvénient: la portance du sol pourrait être fortement

réduite à ce moment en raison de l'humidité du sol élevée; avantage: pour des conditions de site données, conditions plus favorables à la décomposition que lors d'un épandage en automne suivi d'un enfouissement par un labour), SO2 a utilisé le purin à l'arrière-automne en l'épandant au moyen d'une citerne à pression et SH2 au printemps avec une citerne à purin. Toutefois, l'exploitation SH2, de même que SH1, a également utilisé en partie la technique de répartition du purin par tuyau, ce qui représente sans doute un atout considérable pour le ménagement du sol. Sur l'exploitation SO1, la récolte du maïs

d'ensilage a été très précoce, alors que l'exploitation SH2 ne l'a réalisée que beaucoup plus tard (mais dans ces conditions climatiques très différentes). L'illustration 5 présente des exemples d'exploitation de prairie artificielle et de culture des céréales dans deux exploitations en 1986. Lorsque l'on compare les exploitations des prairies artificielles des exploitations SO1 et SH1, l'on comprend les raisons des grandes différences des valeurs CMCA et CMS: alors que l'exploitation SO1 se caractérise par une utilisation très intensive (5 coupes et 4 épandages de purin au moyen de la citerne à pression), l'intensité d'utilisation de SH1 est plus faible (trois coupes et 4 épandages de purin par tuyau). S'y ajoutent des risques différents d'humidité du sol trop élevée provenant de formes d'utilisation différentes: comparativement à l'ensilage de l'exploitation SH1, la récolte répétée d'herbe de SO1 représente un risque considérablement plus élevé, surtout dans les conditions de site données. En outre, SH1 utilise une autre technique d'épandage du purin. Par rapport à la culture du maïs d'ensilage, la couverture et l'enracinement permanents du sol dans les prairies artificielles ont un effet positif sur la portance du sol.

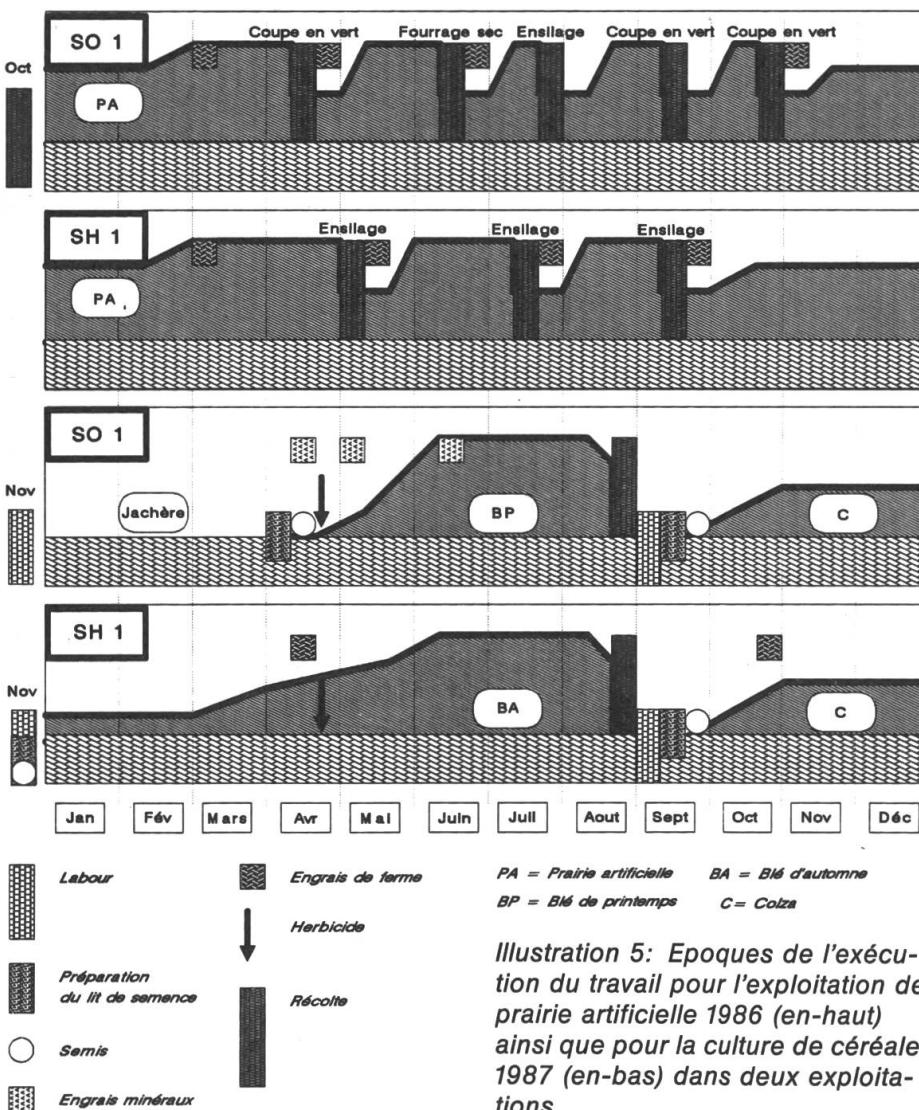


Illustration 5: Epoques de l'exécution du travail pour l'exploitation de prairie artificielle 1986 (en-haut) ainsi que pour la culture de céréales 1987 (en-bas) dans deux exploitations.

Les exemples de culture des céréales présentent les avantages de ces cultures pour le ménagement du sol:

- avec le blé d'automne, une couverture au moins partielle du sol pendant l'hiver (mieux encore: orge et seigle d'automne)
- état du sol lors de la récolte en été la plupart du temps favorable

Diagramme de la pression et des surfaces de traces de passage

## SO2 Mais d'ensilage, couche arable

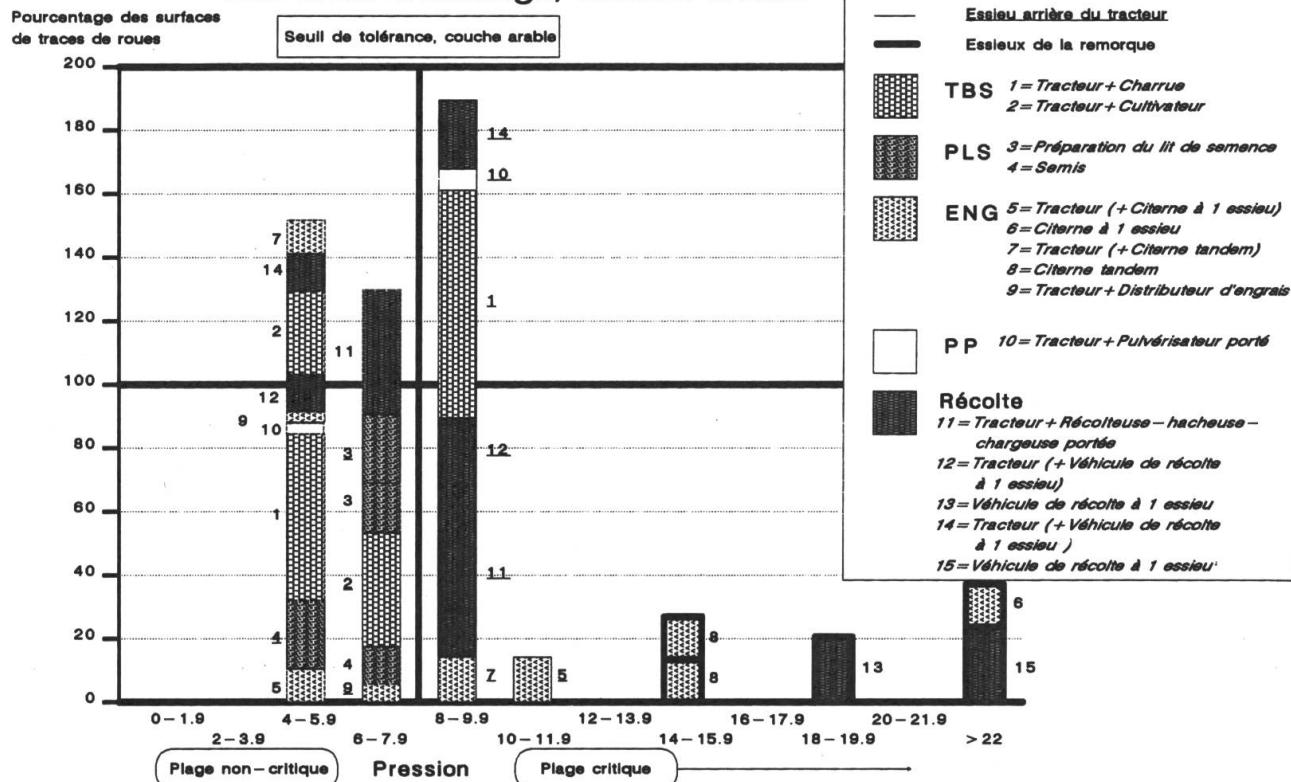
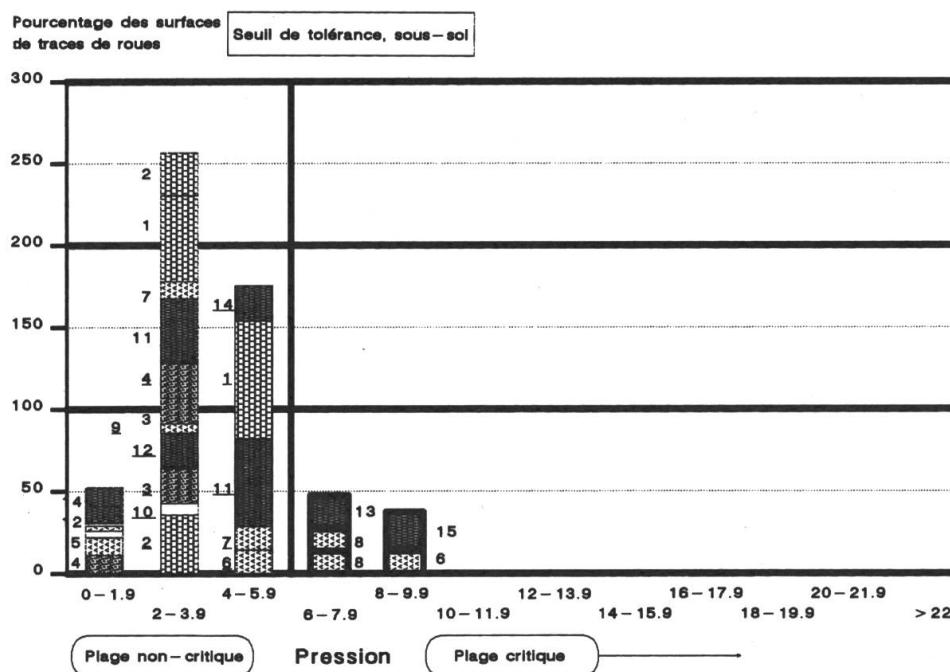


Illustration 6: Exploitation SO2 – Contrainte sur la couche arable et le sous-sol par les différents essieux des véhicules lors de travaux de culture du maïs d'ensilage en 1986.

Diagramme de la pression et des surfaces de traces de passage

## SO2 Mais d'ensilage, sous-sol



(sol ressuyé, donc à portance élevée),

– le travail du sol de base effectué par la suite permet d'ameublir les couches profondes du sol avec de bonnes perspectives.

– lors de semis précoce d'une culture suivante hivernante, valorisation judicieuse des engrains de ferme possible.

## 5. Comparaison de la contrainte sur le sol lors de différents travaux: diagramme de la pression et des surfaces de traces de roues

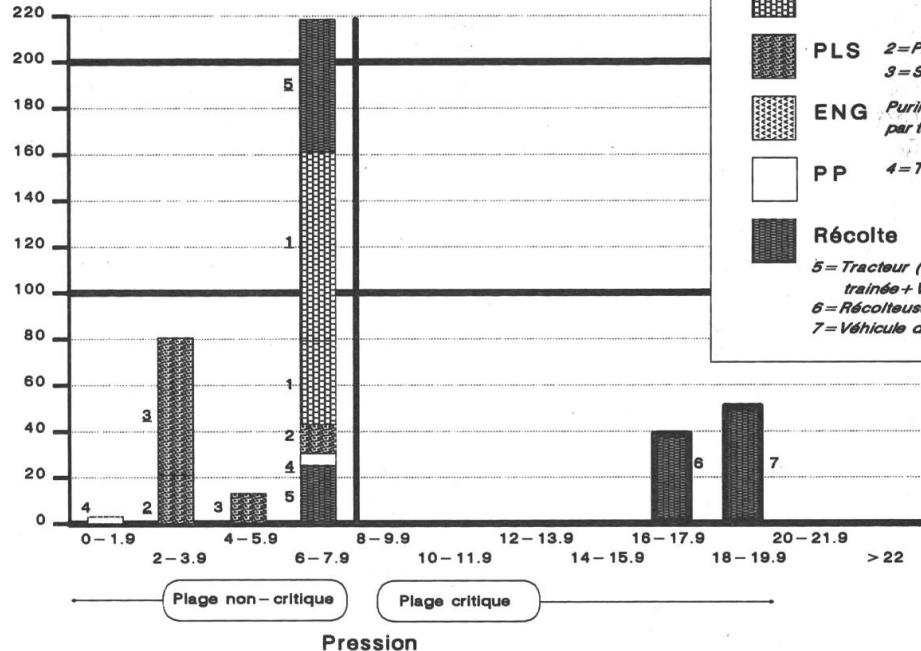
Le diagramme de la pression et des surfaces des traces de passage permet de représenter

Diagramme de la pression et des surfaces de traces de passage

## SH1 Mais d'ensilage, couche arable

Pourcentage des surfaces de traces de roues

Seuil de tolérance, couche arable



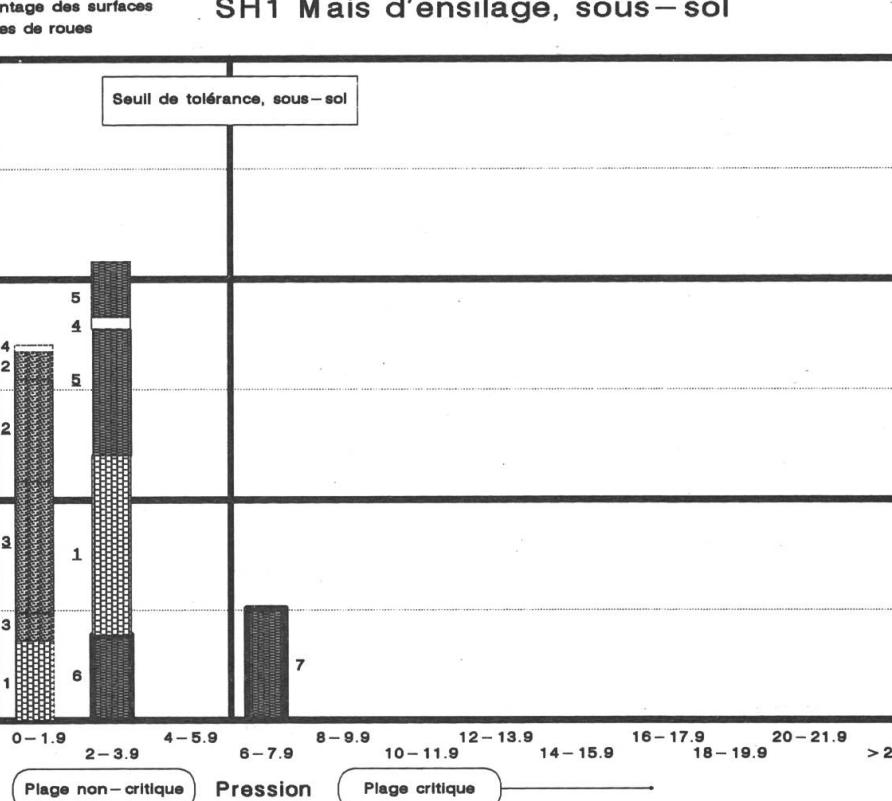
—	Essieu avant du tracteur
—	Essieu arrière du tracteur
—	Essieux de la remorque
■■■■■	TBS 1=Tracteur + Charrue
■■■■■	PLS 2=Préparation du lit de semence 3=Semis
■■■■■	ENG Purinage: aspersion et épandage par tuyaux
■■■■■	PP 4=Tracteur + Pulvérisateur porté
■■■■■	Récolte
■■■■■	5=Tracteur (+ Récolteuse-hacheuse trainée + Véhicule de récolte à 1 essieu)
■■■■■	6=Récolteuse-hacheuse trainée
■■■■■	7=Véhicule de récolte à 1 essieu

Illustration 7: Exploitation SH1 – Contrainte sur la couche arable et le sous-sol par différents essieux de véhicule lors de certains travaux de culture du maïs d'ensilage en 1986.

Diagramme de la pression et des surfaces de traces de passage

## SH1 Mais d'ensilage, sous-sol

Pourcentage des surfaces de traces de roues



aussi bien le degré de contrainte sur le sol que le pourcentage de la surface des traces de roues lors d'un passage déterminé. En tant qu'aide d'interprétation, les illustrations 6 et 7 représentent les dits «seuils de tolérance» pour la couche arable et le sous-sol: pour des pressions dépassant ce seuil de tolérance, il faut s'attendre à des signes distincts de tassement dans le sol. Un pourcentage de la surface des traces de roues de 50 % signifie que pour l'exécution du travail en question, 50 % de la surface totale de la parcelle doit subir un seul passage.

Dans les diagrammes de pression et de surfaces de traces de roues des illustrations 6 et 7, on peut consulter les surfaces de traces de roues requises (par ex. 45 %) par les différents essieux de véhicules lors de tra-

vaux déterminés (par ex. essieu arrière du tracteur lors du semis) dans les catégories de pression mentionnées (par ex. 4-5,9 N/m<sup>2</sup>, correspondant à 0,4-0,59 kp/cm<sup>2</sup>). A titre d'exemple, les passages lors de la culture de maïs d'ensilage de deux exploitations en 1986 sont représentés: les deux exploitations se distinguent aussi bien en ce qui concerne la mécanisation employée que la technique de culture utilisée.

Lors de la comparaison de la contrainte sur le sol par différents travaux dans deux exploitations, on peut faire les observations suivantes:

#### Travail de base du sol:

le labour provoque, dans la couche arable surtout, des pressions approchant le seuil de tolérance et nécessite en outre une surface de traces de passage considérable. La pression plus grande dans l'exploitation SO2 est causée par l'utilisation d'une charrue à 4 socs (tracteur plus puissant et donc plus lourd). Les parts de surface relativement larges requises par le travail de base du sol sont une conséquence des deux passages séparés avec cultivateur et charrue. Les pressions un peu plus faibles dans l'exploitation SH1 peuvent s'expliquer par l'utilisation d'une charrue à 3 socs (utilisation d'un tracteur plus léger possible). Il est possible de trouver des remarques supplémentaires concernant le labour dans l'alinéa 6.

#### Préparation du lit de semence et semis:

lors de ces travaux, les pressions exercées sur le sol ne sont que faibles. Par contre, le pourcentage de la surface des traces

de roues est considérable (roues jumelées dans SH1). Le pourcentage de surface des traces de roues relativement faible dans SO2 est dû à l'absence de roues jumelées et à la grande largeur de travail de l'outil utilisé (herse rotative de 4 mètres). Lors de ces passages, la contrainte exercée sur le sol par les roues avant du tracteur (disposant la plupart du temps de mauvais pneumatiques) peut être aussi grande ou même plus grande que celle de l'essieu arrière du

tracteur dont la charge supplémentaire est minime (exemple: SH1).

#### Fumure:

les différents types de fumure exercent un large éventail de contraintes diverses sur le sol. Lors de l'épandage d'engrais minéraux, la contrainte sur le sol due à l'axe arrière du tracteur à la suite de la charge supplémentaire du distributeur d'engrais se situe certes dans la plage de

#### «Contraintes sur le sol lors des différents travaux»

La contrainte sur le sol exercée par les différents passages peut être caractérisée généralement à l'exemple des deux exploitations (SH1 et SO2) de la façon suivante:

- une **contrainte très élevée** est provoquée surtout par les travaux de récolte (essieux des remorques à fourrage et essieu arrière du tracteur avec chargement supplémentaire provoqué par la charge d'appui des remorques ou par la récolteuse-hacheuse portée), mais aussi par certains travaux de fumure (essieux de la citerne à pression ou du tonneau à purin lors de l'épandage du purin) et, en partie, par le travail de base du sol, l'essieu arrière du tracteur se trouvant en partie dans la raie du labour et étant davantage chargé lors du labour). En outre, du fait que ces travaux peuvent en partie être effectués dans des sols trop humides et dont la portance est donc réduite, ils comportent le plus grand risque pour la structure du sol.
- une **contrainte moyenne à élevée** peut être exercée lors de travaux de fumure lorsque l'on épand des engrais minéraux (charge supplémentaire de l'essieu arrière du tracteur par le distributeur d'engrais). En principe, elle dépend cependant du poids et des pneumatiques du tracteur engagé.
- seule une **faible contrainte sur le sol** résulte de la préparation du lit de semence et des interventions de protection des plantes. Dans ce cas aussi, le degré de contrainte dépend fortement du tracteur utilisé et de ses pneumatiques. Lors de la préparation du lit de semence, il faut parfois s'attendre à de grandes surfaces de traces de roues ce qui peut être désigné de favorable en cas d'utilisation de roues jumelées, mais toutefois de défavorable lors de passages répétés. A ce moment, la portance du sol est considérablement diminuée par l'ameublissement intense. Les interventions de protection des plantes sont souvent liés à des échéances. En conséquence, la portance du sol peut éventuellement être considérablement réduite par une humidité du sol élevée. Par contre, pour ces travaux, la surface des traces de roues requise est très faible (passages!).

pression critique, mais ce passage ne provoque qu'un pourcentage relativement faible de surface de traces de roues (exemple: SO2).

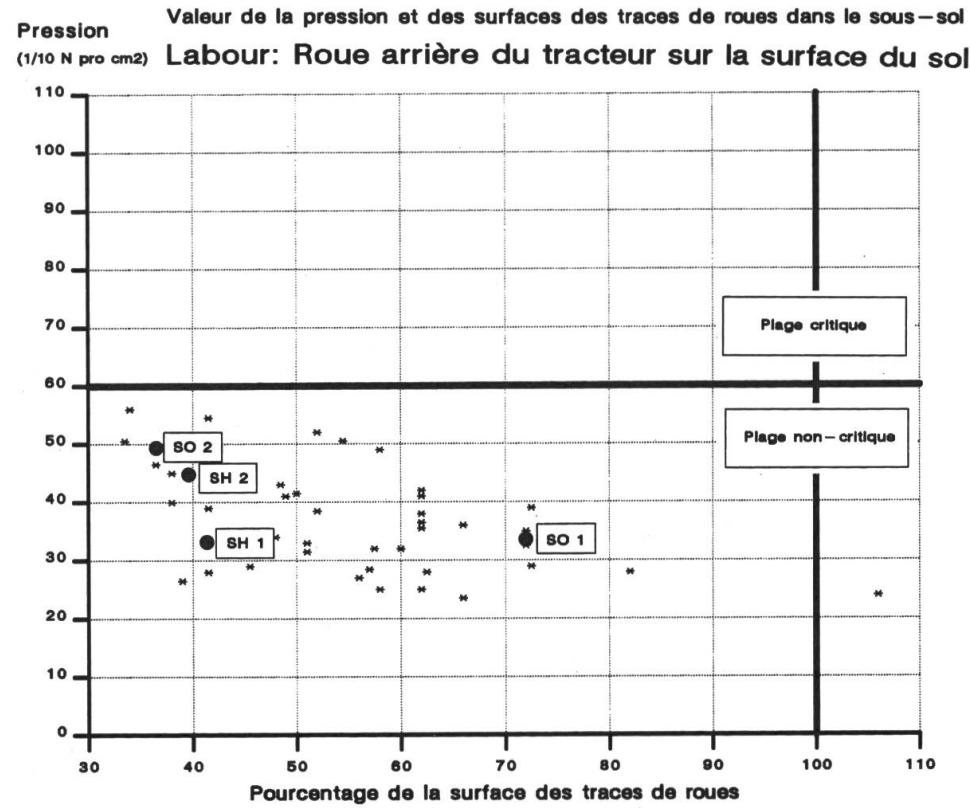
Lors de l'épandage d'engrais de ferme, l'utilisation de citerne à pression et de tonneau à purin peut provoquer des contraintes élevées à très élevées (surtout par des essieux de remorque dotés de pneumatiques insuffisants ou chargés de manière exagérée). Cela concerne aussi bien la couche arable que le sous-sol (exemple: SO2). La possibilité d'utiliser des tuyaux pour le purin est très intéressante. Ceci est illustré dans l'exploitation SH1: la contrainte totale sur le sol est considérablement réduite par la suppression des traces de tracteur et de citerne à pression et tonneau à purin.

## Protection des végétaux:

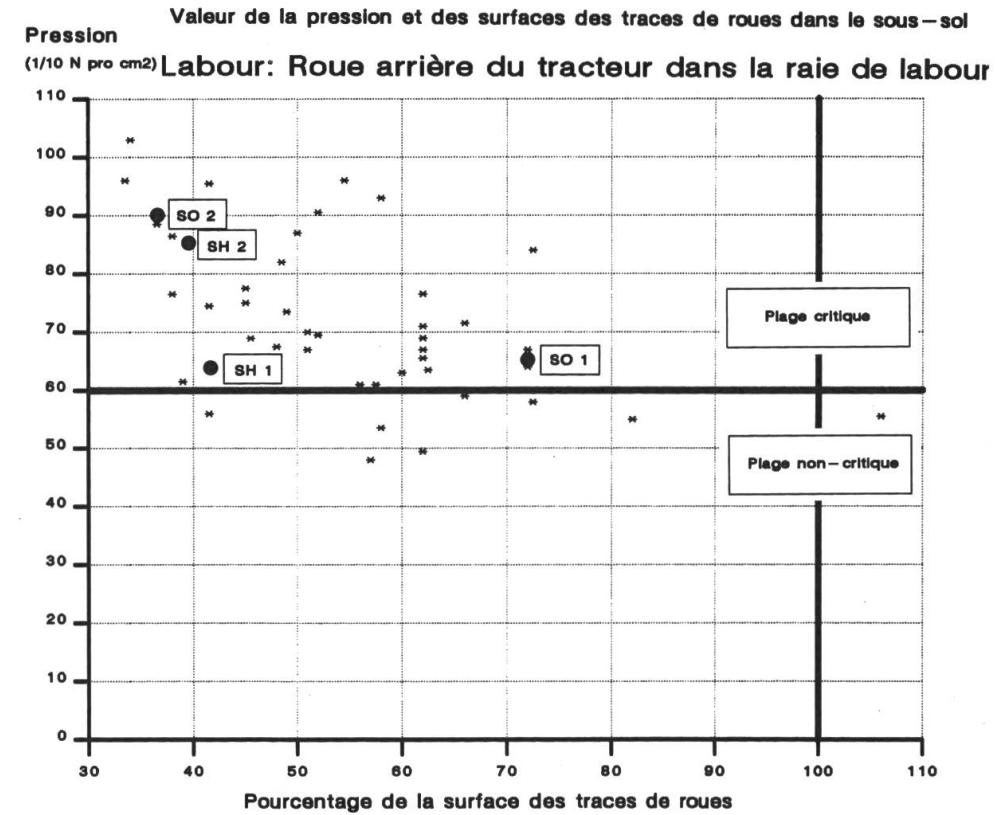
dans les deux exploitations, les passages pour la protection des végétaux n'exercent des contraintes sur le sol se situant tout juste sous le seuil de tolérance que sur un faible pourcentage de surface de traces de passage.

## Récolte:

bien que les exploitations utilisent des machines à deux rangs pour la récolte du maïs d'ensilage, les travaux de récolte provoquent un large éventail de contraintes différentes sur le sol. Lors de charge supplémentaire de l'essieu arrière du tracteur par une récolteuse-hacheuse portée ou de la charge d'appui de la remorque à fourrage, des contraintes élevées sur le sol peuvent être exercées (exemple: SO2). Par contre, une récolteuse-hacheuse traînée (comme dans SH1) allège l'axe arrière



*Illustration 8: Contrainte sur le sous-sol lors du labour en 1986 par la roue arrière du tracteur roulant à la surface du sol (en-haut) respectivement la roue arrière du tracteur roulant dans la raie (en-bas) dans les quatre exploitations ainsi que dans des exploitations étudiées dans le cadre du projet PNR 22 «Risques de tassement des sols en Suisse».*



du tracteur. Toutefois, en raison des pneumatiques insuffisants, elle exerce elle-même des pressions très élevées. Les essieux de la remorque à fourrage provoquent en général des pressions très élevées à extrêmes, qui sont en partie encore problématiques dans le sous-sol. Cela est surtout le cas lorsque les remorques sont lourdes (charge sur la roue exagérée, c'est-à-dire pas assez de roues par rapport au poids total; pneumatiques insuffisants), ce qui apparaît nettement à l'exemple des deux remorques à fourrage à un essieu de l'exploitation SO2 (comparer l'alinéa suivant 6).

## 6. Comparaison de la contrainte sur le sol exercée par différentes machines: diagramme pression et surface des traces de roues

Les deux illustrations 8 et 9 montrent la contrainte exercée sur le sous-sol par différentes machines durant certains passages dans les quatre exploitations. A titre de comparaison, les valeurs correspondantes des différentes exploitations étudiées dans le cadre du projet PNR 22 sont représentées.

### Roues arrière du tracteur lors du labour

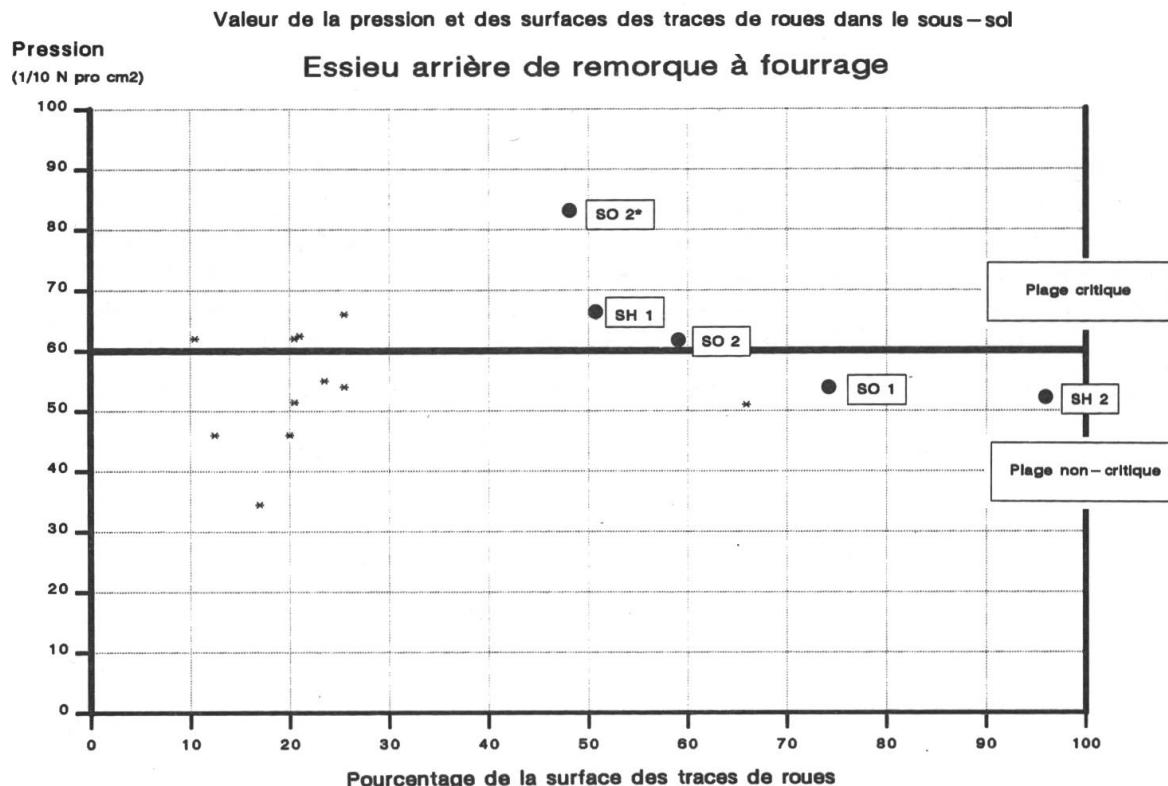
(illustration 8): avec la méthode actuelle de labour avec deux roues dans la raie, il existe une grande différence entre la contrainte sur le sol par la roue se trouvant dans la raie et par celle roulant à la surface du sol. Le

large éventail de surfaces de traces de roues provient de toute une série de nombreux différents de socs par charrue. Alors que, pour le labour à un soc, un très grand pourcentage de surface des traces de roue est requis (environ 100%), le passage à la charrue à deux socs a une influence positive sur la contrainte de surface. La réduction considérable de la surface n'étant liée qu'à une augmentation relativement modeste de la pression, ce développement peut être considéré comme un progrès évident. Le remplacement de la charrue à deux socs par la charrue à trois socs permet de réduire à nouveau considérablement la surface requise par les traces de roues, la pression pouvant toutefois considérablement augmenter en fonction du besoin de traction (type de sol, état de la structure du sol, largeur et profondeur de travail de la charrue), c'est-à-dire en fonction du tracteur requis. Pour cette raison, un jugement précis du changement d'outil n'est plus possible. L'augmentation supplémentaire du nombre de socs n'apporte des diminutions sensibles de la contrainte sur le sol que si la largeur de travail de la charrue peut être effectivement complètement exploitée. Dans les sols riches en argile, «lourds» et détremplés de la plaine de l'Aar par exemple (exploitation SO2), cela ne peut plus être le cas pour une charrue à quatre socs, même en dépit de l'utilisation d'un tracteur à 100 CV. Comparativement, l'exploitation SH2, avec une charrue à trois socs réglée large, nécessite certes une surface de traces de roues légèrement supérieure, mais provoque, grâce à un tracteur plus léger, des pressions

plus faibles que SO2. Dans l'exploitation SO2, des problèmes peuvent toutefois survenir si cette combinaison nécessite un besoin plus élevé en traction. Dans ce cas, le tracteur plus léger atteint plus rapidement (avec une profondeur de labour constante) les plages avec patinages plus élevés et endommagement correspondant de la structure. La comparaison entre les exploitations SO1 et SH1 est également intéressante: pour des pressions similaires, SO1 nécessite une surface de traces de roues nettement plus importante. Les deux exploitations procèdent au labour avec des tracteurs d'un poids similaire (donc avec des pressions similaires). Cependant, SO1, contrairement à SH1, ne travaille qu'avec deux socs. Le fait que SH1 puisse malgré tout utiliser un tracteur relativement léger s'explique entre autres par les caractéristiques de sol (faible teneur en argile) et la profondeur de labour (15 au lieu d'environ 20 cm).

### Essieu arrière des remorques à fourrage lors de la récolte de maïs d'ensilage

(illustration 9): le large éventail des surfaces de traces de roues requises est dû aux différentes largeurs de travail des récolteuses-hacheuses utilisées. Alors que pour la récolte à un rang, il faut pratiquement rouler trace dans trace ce qui provoque des pourcentages de surface de traces de roules élevés (entre 70 et 100 %), la part en surface de traces de roues baisse nettement avec l'augmentation du nombre de rangs de maïs récoltés par passage de récolteuse-hacheuse (procédé à quatre rangs: remorque à fourrage avec pour-



*Illustration 9: Contrainte sur le sous-sol par les roues de l'essieu arrière de remorque à fourrage dans les quatre exploitations (1986) ainsi que dans les exploitations analysées dans le cadre du projet PNR 22 «Risques de tassement des sols en Suisse».*

centage de surface des traces de roues entre 10 et 20%). Contrairement au labour, l'économie en surface de traces de roues n'est pas forcément liée à une augmentation de la pression de la remorque à fourrage – dans ce sens, il faut juger favorablement les méthodes de récolte à plusieurs rangs. A l'inverse de SO2 et SH1, SO1 et SH2 ont récolté le maïs d'ensilage avec des machines à un rang en 1986. La différence de contrainte sur le sol s'explique du fait que SH2 utilise des remorques à fourrage dotées de pneumatiques meilleures: pour un besoin en surface de traces de roues un peu plus élevé, la pression est diminuée. A l'exemple de SO2, l'influence de la charge de roue et celle des pneumatiques d'une remorque à fourrage sur la contrainte sur le sol peut être saisie: la remorque

SO2 est plus lourde et, par rapport à son poids, dotée de pneumatiques de qualité inférieure à ceux de la remorque SO2 ce qui se répercute par une contrainte sur le sol nettement plus grande.

## Conclusion et suite

Le lecteur attentif voit dans les explications et dans les graphiques de cet article élaboré le miroir des conditions culturales et fourragères de sa propre exploitation. Certaines des observations et réflexions se trouvent confirmées ou, peut-être, en partie infirmées. De nouvelles connaissances permettent de nouvelles perspectives à grand rendement pratique.

Dans ce sens, il est justifié de finir ici ce reportage, bien que la synthèse finale fasse défaut. Le

débat sur le sol est aussi loin d'être terminé et a un grand nombre de suites.

En ce qui nous concerne, nous aborderons dans notre prochain numéro encore une fois ce qui se passe sur les quatre exploitations. Nous en rappellerons les conditions spécifiques de chaque sol puis passerons aux conclusions qui sont à tirer des recherches entreprises. Les chefs d'exploitation donneront leur propre avis relatif à leurs observations et à leurs réflexions.

Réd.