

Préparation du lit de semences

Un lit de semences fin implique d'importantes dépenses d'énergie, permet une bonne levée mais ne garantit pas de meilleurs rendements pour le blé d'automne

Thomas Anken et Thomas Hilfiker, Station fédérale de recherches en économie et technologie agricoles (FAT), CH-8356 Tänikon

Ruggero Sandri et Luigi Sartori, Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università degli Studi di Padova, I-35020 Legnaro

Un lit de semences fin correspond à l'image que l'on a d'un travail du sol «correct». Or, si la finesse du lit de semences assure une bonne levée, un travail du sol trop intensif, par contre, favorise la battance et l'érosion, entraînant des dépenses de carburant superflues et usant in-

utilement les outils. Plus on travaille le sol de manière intensive, plus on porte préjudice aux agrégats. Une série d'essais réalisée durant trois ans avec du blé d'automne a prouvé qu'un lit de semences fin permettait certes une meilleure levée, mais pas de meilleurs rendements.

Souvent, dans la pratique, un problème se pose: les agriculteurs ne disposent d'aucun moyen pour évaluer la finesse du lit de semences. Le «test de la pièce de cinq francs», tout nouveau, apporte une solution à ce problème.

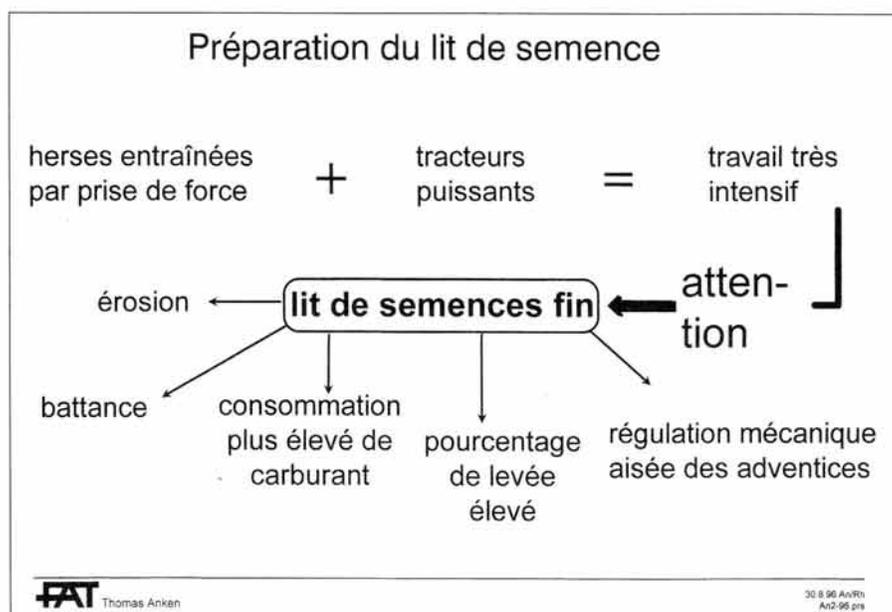


Fig. 1. Un lit de semences fin favorise une bonne levée et facilite la lutte mécanique contre les adventices. Mais il présente aussi des inconvénients, tels qu'un risque élevé de battance et d'érosion. De plus, pour préparer un tel lit de semences, il faut beaucoup d'énergie. Enfin, dans le cas du blé d'automne, un lit de semences fin ne se traduit pas par une augmentation du rendement.

Sommaire	Page
Problématique	2
Essais en plein champ	2
Un lit de semences fin ne se traduit pas par une augmentation du rendement	4
Finesse du lit de semences	5
Traitement d'images par digitalisation	7
Test de la pièce de cinq francs	8
Conclusions	9
Bibliographie	9

Problématique

Les outils tractés utilisés pour la préparation du lit de semences ont été remplacés par des herse entraînées par la prise de force. Ce changement s'est traduit par une intensification de la préparation du lit de semences. Cette technique présente de nombreux avantages: pas de problèmes de bourrage, transmission efficace de la puissance du moteur, travail intensif. Mais ses effets négatifs sont de plus en plus évidents. Hélas, pour la plupart des agriculteurs, la finesse semble être le principal critère de la qualité d'un lit de semences. Or, l'intensité du travail du sol et le rendement des plantes cultivées sont deux paramètres indépendants. De plus, il faut savoir que cette nouvelle technique permet également de travailler des sol mêmes détrempés, ce qui peut porter de graves préjudices à leur structure. Dans la pratique, les agriculteurs commettent souvent des erreurs grossières: ils travaillent le sol de manière intensive lorsque les conditions sont mauvaises, avancent à faible vitesse dans la parcelle avec un nombre de tours élevé à la prise de force. Hélas, il n'existe que peu de consignes concrètes concernant le réglage des machines et la finesse du lit de semences.

Essais en plein champ

Pour les essais, la FAT a utilisé une herse rotative à axes verticaux et une herse rotative à axe horizontal (Tab. 1) dans cinq sites différents (Tab. 2), mais toujours avec le même réglage. Les essais ont été effectués avec un dispositif «split-plot» (facteur principal = outil, facteur secondaire = vitesse d'avancement) et répétés trois fois. Sur trois des sites sélectionnés, l'essai a été effectué avec un vibroculteur, à titre comparatif. Sur trois sites également, une fois le lit de semences prêt, on a semé du blé d'automne de la variété Arina à l'aide d'un semoir à disques (Amazone D8).



Fig. 2. La herse rotative à axe horizontal est efficace et requiert peu de force de traction.



Fig. 3. La herse rotative à axes verticaux nivelle bien les parcelles. C'est l'outil avec lequel on obtient le sol le plus fin, mais c'est aussi un outil qui demande une importante force de traction lorsque la vitesse d'avancement est élevée.

Tableau 1. Réglage et propriétés des outils utilisés

Outil	Marque	Équipement	Réglage	Vitesse km/h	Largeur de travail cm	Profondeur de travail cm
Herse rotative à axe horizontal	Rau RDL 30	53 dents Rouleau Packer	Rotor: 250 tr/min	1 = 1,6 km/h 2 = 3,7 km/h 3 = 5,4 km/h	300 cm	8
Herse rotative à axes verticaux	Rabe MKE 300	12 toupies avec déflecteur à l'arrière, rouleau Packer	Toupie: 177 tr/min	1 = 1,6 km/h 2 = 3,6 km/h 3 = 5,2 km/h	300 cm	8
Vibroculteur	Rau	Distance entre les lignes 10 cm avec rouleau émot- teur double		env. 8 km/h	300 cm	8



Fig. 4. Le vibroculteur nécessite une très faible puissance. C'est un outil très économique. Sur des sols moyens, il a permis de préparer des lits de semences motteux qui, avec le blé d'automne, ne se sont cependant jamais traduits par des baisses de rendement.

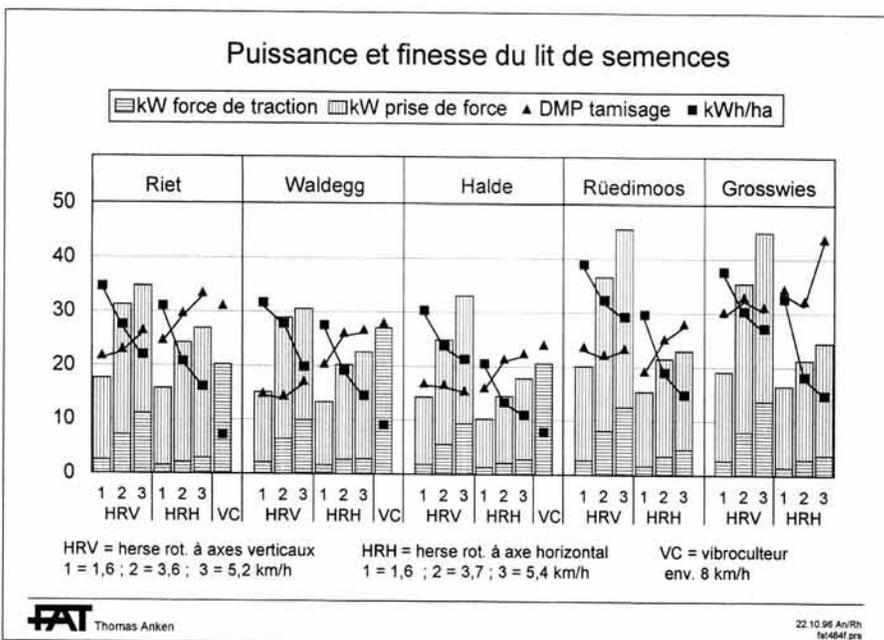


Fig. 5. Force de traction (kW), puissance à la prise de force (kW), énergie nécessaire, par hectare (kW/ha) et diamètre moyen pondéré des mottes avec le test de tamisage (DMP), relevés sur cinq sites différents.

Tableau 2. Propriétés du sol des parcelles d'essai

Site	Type de sol	Argile %	Limon %	Sable %	Humus %	Humidité % du poids
Riet	Limon	21	32	44	3,0	22,5
Waldegg	Limon sablonneux	18	35	44	2,9	15,2
Halde	Limon	26	31	39	4,0	16,6
Grosswies	Limon argileux	39	31	25	5,5	22,6
Rüedimoos	Limon argileux	31	29	35	4,7	15,0

Herse rotative à axes verticaux: sol fin, mais importante puissance requise

La herse rotative à axes verticaux est l'outil qui permet de travailler le sol le plus en finesse, mais c'est aussi celui qui exige le plus de puissance (Fig. 5). La herse rotative à axe horizontal effectue un travail plus grossier mais exige moins de puissance. En ralentissant la vitesse d'avancement du tracteur, on réduit le pas de travail des dents de la herse. Ce réglage a permis d'améliorer la finesse du lit de semences de manière plus nette avec la herse rotative à axe horizontal qu'avec la herse rotative à axes verticaux. Avec cette dernière, le changement de vitesse n'a pas entraîné de changement notable quant à la finesse du lit de semences.

Avec la herse rotative à axes verticaux, on constate que la force de traction nécessaire augmente plus le tracteur accélère, ce qui n'est pas le cas avec la herse rotative à axe horizontal. Celle-ci exige moins de force de traction car le rotor tourne autour d'un axe horizontal perpendiculaire à l'avancement, ce qui propulse la machine en avant. Avec la herse rotative à axes verticaux, les dents rejettent la terre vers l'avant. Comme le nombre de tours du rotor est peu élevé (réglage choisi: 177 tr/min), il peut donc arriver que la terre s'accumule devant la herse lorsque la vitesse du tracteur augmente. Un tel phénomène entraîne une hausse très nette de la force de traction nécessaire. C'est aussi une des raisons pour lesquelles la modification de la vitesse d'avancement n'influe quasiment pas sur la finesse du travail de la herse rotative à axes verticaux. Les agriculteurs qui possèdent des tracteurs peu puissants travaillent souvent avec un nombre de tours élevés et une vitesse d'avancement réduite pour ne pas surmener le tracteur. Du point de vue de la protection des sols, c'est une technique qu'il faut à tout prix éviter.

Les outils entraînés par la prise de la force dépendent de l'énergie inutilement

Le vibroculteur exige seulement 20 à 50% de l'énergie dépensée par ha (Fig. 5) par les deux herse entraînés

par la prise de force du tracteur. Certes, si les dépenses d'énergie sont plus faibles, le lit de semences est, lui, plus grossier. Toutefois, par rapport à la finesse du lit de semences, le vibroculteur emploie l'énergie utilisée avec beaucoup plus d'efficacité que les herse entraînées par prise de force. D'après Weise (1995), une herse rotative à axe horizontal n'utilise qu'environ un tiers de sa puissance totale pour affiner le sol. Le reste disparaît sous forme d'accélération du sol ou d'énergie de frottement. On peut donc considérer que les deux tiers de l'énergie ne sont pas dépensés de manière productive mais portent uniquement préjudice à la structure du sol. C'est pourquoi les outils entraînés par la prise de force doivent avoir la vitesse d'avancement la plus élevée possible et le nombre de tours le plus bas possible, de manière à diminuer l'énergie nécessaire par hectare. Il est d'autant plus important de respecter cette consigne que l'efficacité d'un travail du sol plus intensif est souvent très relative. C'est un point que confirment également Herberg (1988) et Weise (1995).

L'état du sol est plus important que l'outil lui-même

Les différences au niveau de la finesse du lit de semences sont plus nettes d'un site à l'autre, que d'un outil ou d'un réglage à l'autre. En outre, la texture du sol n'est pas le seul critère déterminant de la finesse du lit de semences. C'est la conclusion que l'on peut tirer de l'essai sur le site de «Riet»: sur ce site, le sol ne présentait pas un pourcentage élevé de limon et d'argile, mais le lit de semences était néanmoins grossier. A cet endroit, le lit de semences a été préparé dans des conditions très humides, d'où un lit de semences très grossier et une très mauvaise levée. C'est la raison pour laquelle le sol doit avoir une bonne structure et le lit de semences être préparé dans des conditions favorables. Lorsque le sol présente une structure correcte, on peut obtenir un lit de semences fin sans utiliser les outils de manière excessive.

Un lit de semences fin permet d'obtenir une meilleure levée

Sur les trois sites, la levée a été moins bonne avec le vibroculteur qu'avec la herse rotative à axes verticaux, outil

ayant travaillé le sol le plus en finesse. Les différences entre les outils entraînés par la prise de force ne sont que rarement significatives. Cette constatation confirme la théorie selon laquelle la levée s'améliore plus le lit de semences est fin.

La comparaison entre la levée et la quantité de semences mises en terre (Fig. 6) montre que sur le site «Riet», les conditions très humides et le semis tardif ont eu des conséquences très négatives. Sur les sites «Halde» et «Waldegg», le nombre légèrement supérieur de plantes par rapport aux graines mises en terre montre que l'essai de réglage effectué sur le semoir utilisé (Amazona D8), avait révélé un pourcentage inférieur à ce que la machine sème effectivement sur le terrain.

Une chose est surprenante: dans aucun cas, l'emploi du vibroculteur ne s'est traduit par un nombre d'épis inférieur par m² à celui des autres procédés. Par contre, c'est avec le vibroculteur que le tallage a été le plus important.

Un lit de semences fin ne se traduit pas par une augmentation du rendement

Le vibroculteur, outil avec lequel on a obtenu les plus mauvais résultats en matière de levée, a fourni des rendements absolument similaires sur les trois années, ce qui n'est pas le cas des autres procédés. Pour le blé d'automne, la levée ne correspond donc pas au rendement. C'est d'autant plus étonnant que les lits de semences réalisés avec le vibroculteur avaient l'air nettement plus motteux et plus grossiers que ceux réalisés avec les outils entraînés par la prise de force. Parfois, il en coûtait aux responsables de l'essai de semer le blé d'automne dans les lits de semences très grossiers réalisés par le vibroculteur. Les bons rendements de ce procédé n'en sont que plus surprenants. Il faut savoir que le blé d'automne, de par sa longue période de végétation, dispose de plus de temps pour compenser la densité du peuplement que les cultures de printemps. Les présents résultats confirment ceux de Sturny (1990) qui concluait que souvent, il suffirait de niveler le sillon sans avoir besoin de mettre en place un lit de semences très fin, à grands frais.

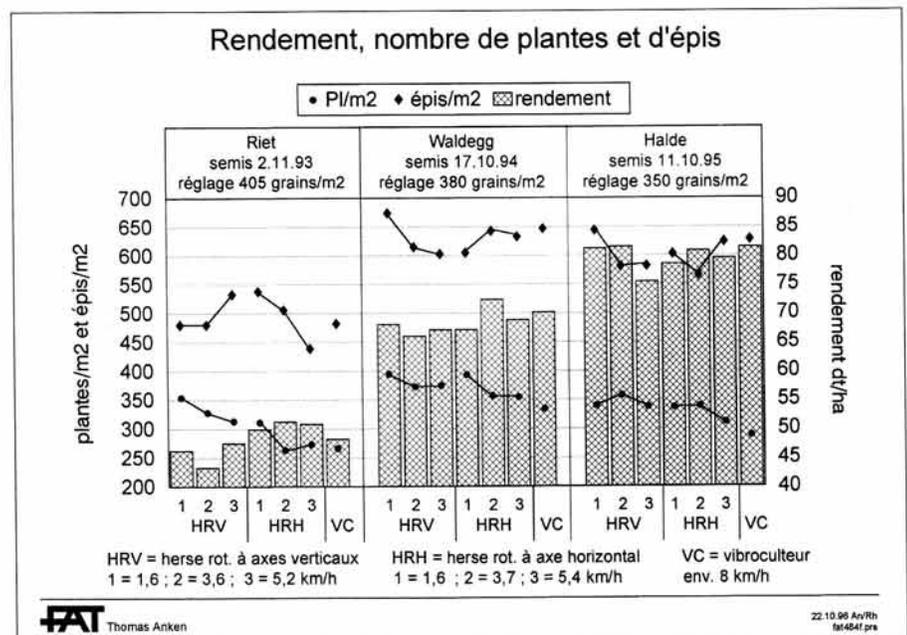


Fig. 6. Nombre de plantes par m², nombre d'épis par m² et rendement (dt/ha) du blé d'automne de la variété Arina, relevés sur trois sites.



Fig. 7. Un lit de semences fin (à gauche) montre une levée plus régulière qu'un lit grossier, mais est plus sujet aux risques de battance et d'érosion. Il porte également préjudice à la structure du sol.

Le développement des plantes est-il freiné par un travail du sol intensif ?

Il a été prouvé qu'on obtenait une meilleure levée avec un lit de semences fin qu'avec un lit de semences grossier. En revanche, dans les stades ultérieurs du développement, un sol grossier semble offrir aux plantes des conditions de croissance très favorables. C'est la seule façon d'expliquer que le vibroculteur, avec le lit de semences le plus grossier et la levée la plus faible, présente le taux de tallage le plus élevé et obtienne un rendement de même niveau que les autres procédés. Destain et Houmy (1990) ont prouvé qu'un travail intensif avec la herse rotative à axes verticaux donne un sol dont la structure est composée de petits pores réguliers. Un lit de semences grossier, lui, laisse dans le sol des pores de taille irrégulière. De plus, comme ces sols sont très motteux, ils sont moins enclins à la battance et au tassement. Dans l'ensemble, les échanges d'eau et d'air semblent mieux fonctionner dans les lits de semences grossiers. Enfin, un travail extensif avec le vibroculteur préserve la structure du sol et détruit moins les agrégats, ce qui peut également avoir des conséquences positives.

Des essais de plusieurs années ne mettent en évidence aucune différence de rendement

Depuis huit ans, la FAT étudie les lits de semences sur deux sites différents (limon sableux et limon argileux) avec deux procédés distincts. Avec une

herse rotative à axe horizontal (250 tr/min, env. 4 km/h), le premier procédé consistait en un seul passage, le second en deux passages. Si l'on établit une moyenne de toutes les années, on note qu'avec le procédé qui ne comprend qu'un seul passage, on obtient un rendement équivalent, voire même légèrement supérieur, à celui du procédé comprenant deux passages. Même sur le limon argileux, sol très difficile à travailler, le passage supplémentaire de la herse n'est pas payant. Dans la pratique, les lits de semences pour céréales, préparés avec des outils entraînés par la prise de force,

devraient être réalisés en un seul passage.

Finesse du lit de semences

Le tamisage constitue le procédé standard

Pour ce test, on prélève un échantillon de terre de 5 cm de profondeur sur chaque parcelle, à l'aide d'un instrument en forme de pelle (Fig. 8). Comme

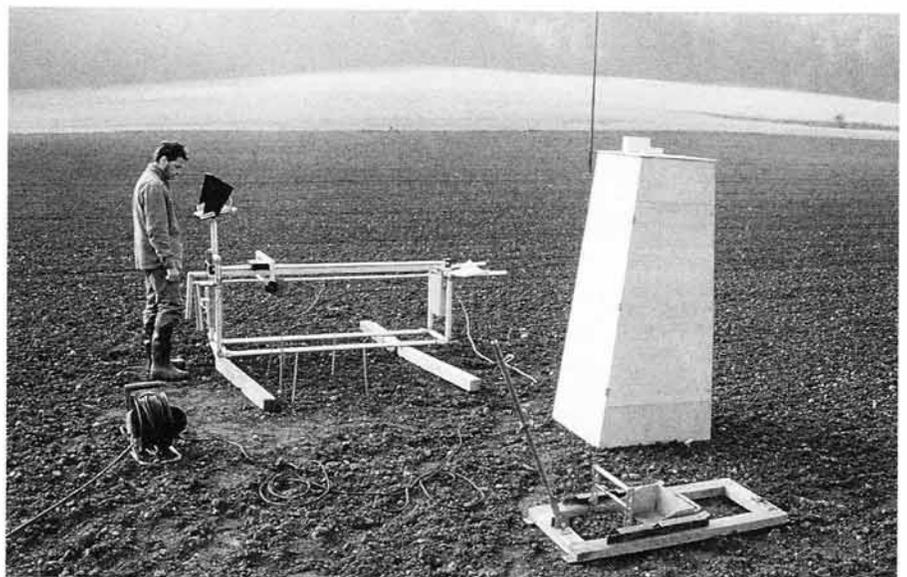
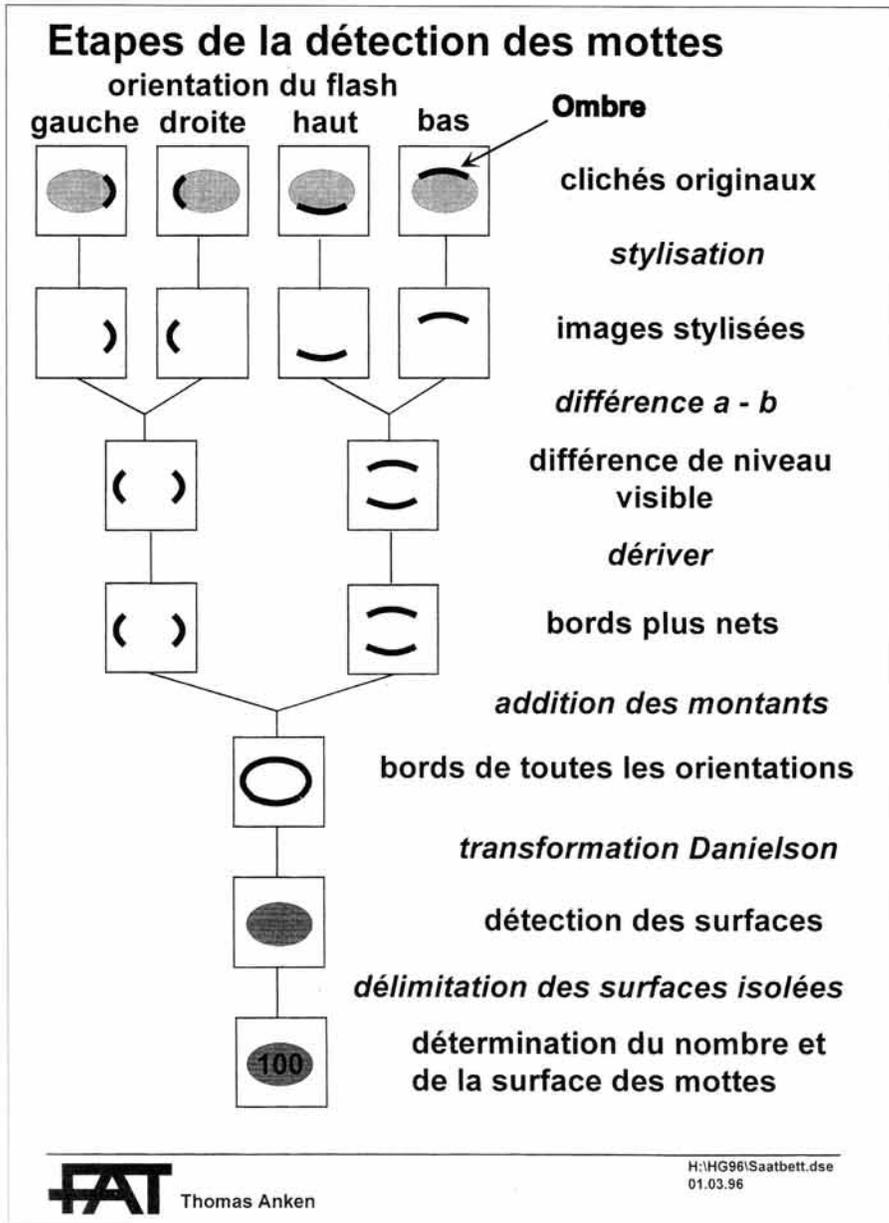


Fig. 8. Pour évaluer la finesse du lit de semences par le test de tamisage, on a prélevé des échantillons de terre avec un instrument en forme de pelle (devant sur la photo). Le profilomètre à laser (à gauche) a permis, lui, d'évaluer la rugosité de la surface. Pour le traitement d'images, les photographies ont été réalisées à l'aide d'une chambre noire en bois (à droite). Chaque parcelle d'essai a été photographiée dans quatre directions différentes.



pour les deux autres méthodes, la surface de test mesure 30x50 cm. Un crible divise les échantillons de terre en différentes fractions: < 2,5 mm, 2,5-5 mm, 5-10 mm, 10-20 mm, 20-40 mm, 40-80 mm et > 80 mm. A partir de ces résultats, on calcule le diamètre moyen pondéré (Kemper et Rosenau, 1986). Ensuite, on multiplie le poids de chaque catégorie par leur diamètre moyen pondéré, on additionne toutes les catégories et on divise par le poids total de l'échantillon de terre. Les diamètres moyens pondérés de chaque catégorie s'élèvent respectivement à: 1,25 mm, 3,75 mm, 7,5 mm, 15 mm, 30 mm, 60 mm, 100 mm.

Mesure de la rugosité du sol à l'aide d'un profilomètre à laser

Selon Rüttimann et al. (1995) et différents autres auteurs, outre la couverture du sol, sa rugosité est un facteur déterminant en ce qui concerne l'érosion. Pour pouvoir évaluer cet impact, la FAT a construit un profilomètre à laser (Fig. 8). Tous les 2 mm, cet appareil mesure automatiquement la distance entre la surface du sol et le laser qui avance sur des rails, propulsé par un moteur pas à pas. Pour les huit surfaces d'essai que compte chaque procédé, le profilomètre a relevé 31 profils à une distance de 1 et 50 cm. L'écart type moyen des 31 profils d'une surface sert de paramètre pour évaluer la rugosité de la surface du sol. Les autres procédés utilisés pour calculer ce paramètre ne fournissent pas de meilleurs résultats que l'écart type (Sandri et al. 1996).

Fig. 9. Traitement d'images par digitalisation: déroulement schématique du programme permettant de déterminer le nombre et la surface des mottes d'une parcelle d'essai.

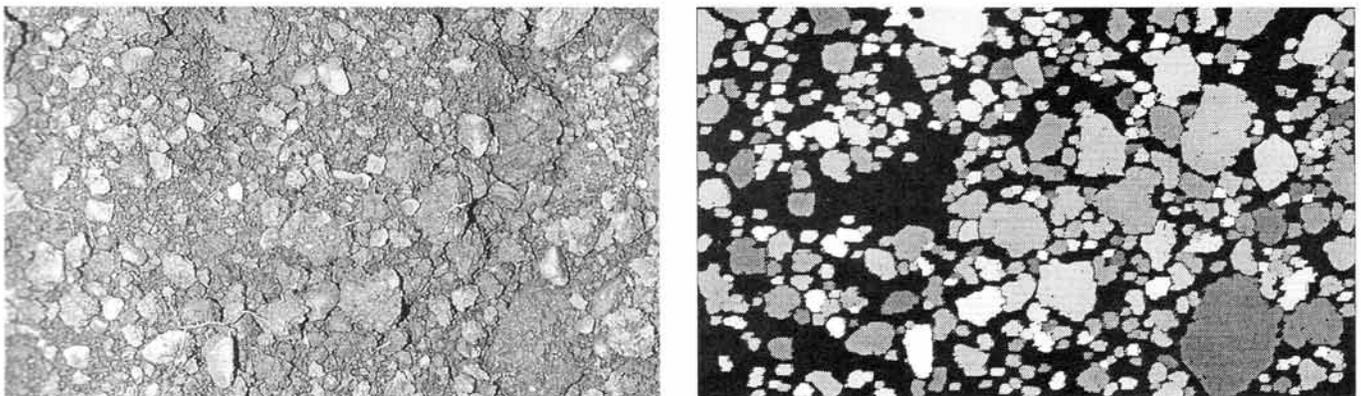


Fig. 10. Couche superficielle d'un lit de semences: à gauche, cliché original; à droite, mottes détectées par traitement digital de l'image.

Traitement d'images par digitalisation

Pour évaluer optiquement la finesse d'un lit de semences, la FAT a mis au point un nouveau système de traitement d'images par digitalisation (Fig. 8). Ce procédé détermine le nombre de mottes et leur taille. La figure 9 représente les différentes étapes du programme informatique utilisé pour le traitement digital des images. Pour le traitement d'images, le calcul du diamètre moyen pondéré a été effectué de la même manière que pour l'analyse des mottes, si ce n'est qu'au lieu du poids, on a utilisé le diamètre des mottes considérées comme circulaires.

Les trois méthodes, le test de tamisage, le traitement d'images et l'évaluation de la rugosité du sol à l'aide du profilomètre ont été effectués sur les mêmes surfaces d'essai (30 x 50 cm). Pour le traitement d'images et l'analyse des mottes, on a répété les tests à douze reprises.

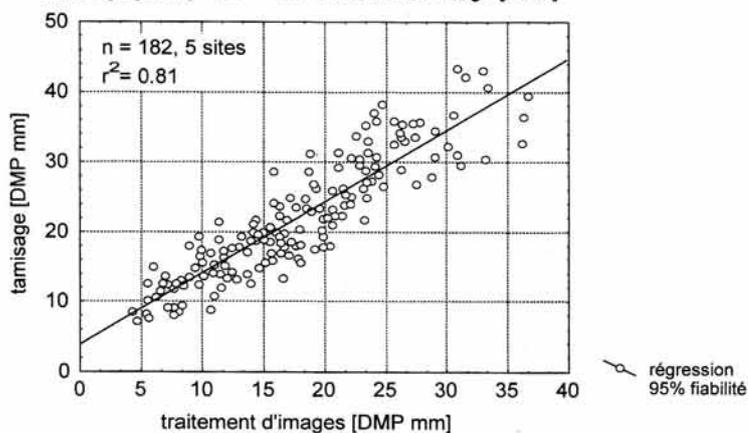
Corrélations satisfaisantes

Aumüller-Gruber (1993) a trouvé que la surface des mottes correspondait relativement bien à leur volume. D'après les essais que nous avons effectués, ceci est valable non seulement pour les mottes prises isolément, mais également pour l'évaluation globale d'un lit de semences. Les résultats du traitement d'images et ceux du test de tamisage sont relativement bien corrélés malgré les différents facteurs de fluctuation (Fig. 11). Les informations concernant la surface du sol peuvent donc être utilisées pour évaluer la finesse du lit de semences. Les résultats de l'évaluation de la rugosité du sol correspondent nettement moins bien à ceux du test de tamisage que les résultats du traitement d'images (Fig. 12). L'évaluation de la rugosité enregistre également les impressions et les déformations des rouleaux, ce qui peut fausser les résultats. On peut malgré tout conclure qu'un lit de semences plus grossier est également plus rugueux et que de ce fait, il est moins propre à l'érosion.

On peut exprimer, avec une fiabilité de 53%, les résultats du tamisage par

Conformité: traitement d'images -> test de tamisage

$$\text{tamisage [DMP]} = 3.9 + 1.0 * \text{traitement d'image [DMP]}$$



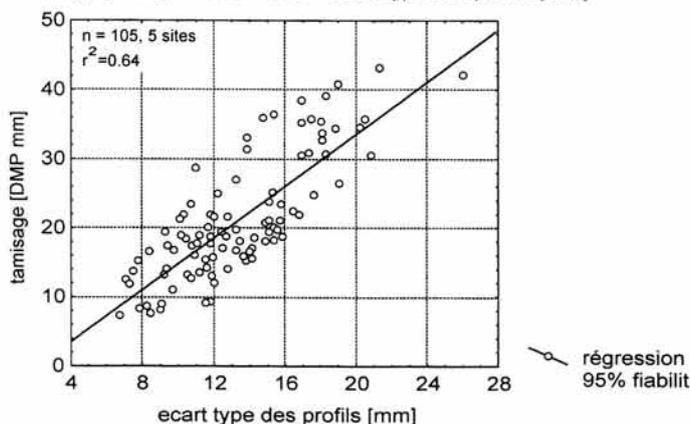
FAT Thomas Anken

22.10.96 An/Rh fat4042.prs

Fig. 11. La droite de régression entre le test de tamisage (DMP) et le traitement d'images (DMP) explique 81% des fluctuations des valeurs relevées.

Conformité: mesure des profils -> test de tamisage

$$\text{tamisage [DMP]} = -4.02 + 1.88 * \text{écart type des profils [mm]}$$



FAT Thomas Anken

22.10.96 An/Rh fat4042.prs

Fig. 12. La droite de régression entre le test de tamisage (DMP) et l'évaluation de la rugosité (écart type des profils en mm) explique 64% des fluctuations des valeurs relevées.

Tableau 3. Equations de régression des différentes méthodes employées pour évaluer la finesse du lit de semences

Relation	Site	R ² ₁₎	Equation de régression
Test de tamisage - traitement d'images	5	0,81**	Tamisage _{DMP} = 3,9 + 1,0* Image _{DMP}
Test de tamisage - rugosité du sol	5	0,64**	Tamisage _{DMP} = -4,0 + 1,9* Profil _{Ecart type}
Traitement d'images - rugosité du sol	5	0,77**	Image _{DMP} = -5,8 + 1,66* Profil _{Ecart type}
Test de tamisage - Mottes > 40 mm _{Champ}	2	0,53**	Tamisage _{DMP} = 11,7 + 0,80* Mottes > 40 _{Champ}
Traitement d'images - Mottes > 40 mm _{Image}	5	0,88**	Image _{DMP} = 6,8 + 1,1* Mottes > 40 _{Image}

1) Le carré du coefficient de corrélation R² détermine le pourcentage de fluctuation des valeurs relevées, qui peut être expliqué par l'équation de régression. 0 = 0%; 1 = 100% des fluctuations peuvent être expliquées.

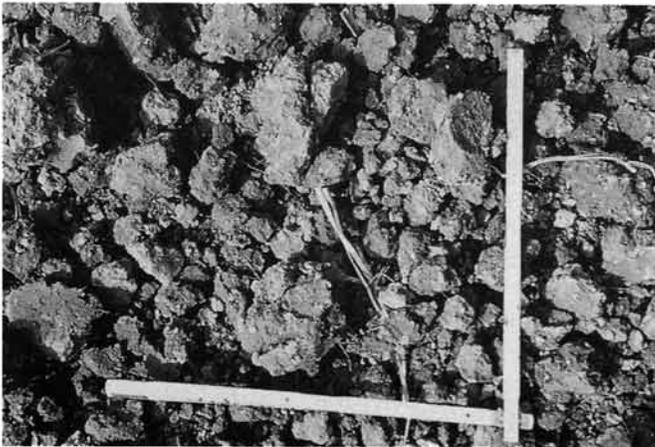
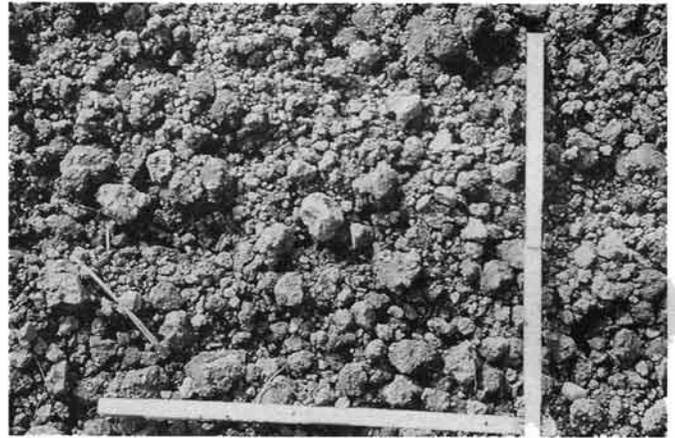
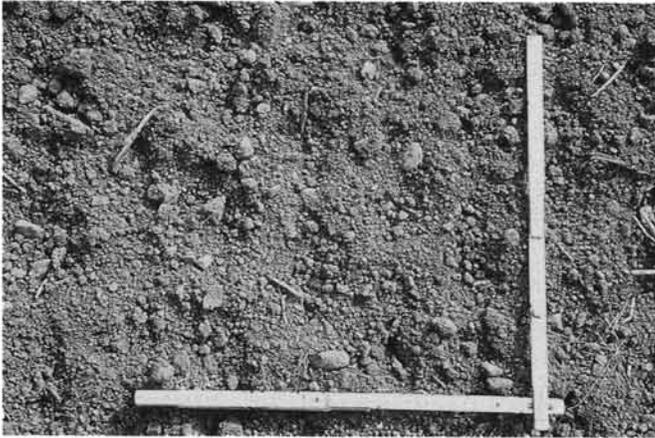


Fig. 13. En haut à gauche: trop fin! il n'y a presque plus de mottes d'un diamètre supérieur à 40 mm, susceptibles de protéger le sol de la battance et de l'érosion. En haut: voici à quoi devrait ressembler un lit de semences. Un pourcentage suffisant de matériaux fins garantit la levée, des mottes plus grossières protègent le sol de la battance. A gauche: des grosses mottes de plus de 10 cm rendent le semis difficile et enfouissent certaines semences. Dans ce cas, il est recommandé de travailler le sol plus en finesse.

le nombre de mottes d'un diamètre supérieur à 40 mm (Tab. 3). Dans la pratique, il existe un moyen très simple de déterminer ce nombre de mottes. Même si les résultats de cette méthode ne coïncident pas vraiment avec le test de tamisage, son exactitude suffit dans la pratique pour déterminer grossièrement la finesse du lit de semences.

Il existe une relation nettement plus étroite entre le nombre de mottes supérieures à 40 mm évalué à l'aide du traitement d'images et le diamètre moyen pondéré obtenu également par le traitement d'images (pourcentage d'exactitude 88%). Ce pourcentage élevé s'explique: évaluer les deux paramètres avec la même méthode permet d'éliminer plusieurs facteurs d'erreurs.

Test de la pièce de cinq francs

Boisgontier (1993) a prouvé que le pourcentage de mottes dont le diamètre est compris entre 5 et 10 cm exerce une influence décisive sur la levée du blé dur. Cette affirmation vient corroborer nos observations. Plus le lit de semences est recouvert de grosses mottes, plus le semoir avance irrégulièrement et plus les grains sont enfouis profondément. Lorsque le lit de semences est motteux, il faut veiller à ce que le semoir avance à vitesse modérée pour éviter que le soc ne s'enfonce trop dans le sol.

D'après les essais que nous avons réalisés, un lit de semences correct doit comporter environ 15 à 25 mottes d'un diamètre supérieur à 40 mm par carré de 40 × 60 cm. Il est facile d'effectuer cette mesure à l'aide d'un double décimètre et d'une pièce de cinq francs (diamètre = 3,2 cm). Le lit

de semences est vraiment trop fin lorsque le sol ne compte presque plus de mottes de cette taille. Par contre, il est trop grossier lorsque de nombreuses mottes d'un diamètre d'environ 10 cm et plus, recouvrent le sol et risquent de gêner le semis. Il faut bien sûr tenir compte des exigences spécifiques à chaque culture. Les semences fines, par exemple, exigent un lit plus fin. Mais d'après l'expérience que nous avons de la mise en place de prairies temporaires, ce point est souvent surévalué.

Conclusions

- Les lits de semences fins permettent une meilleure levée, mais ne garantissent pas de meilleurs rendements pour le blé d'automne.
- Les conditions du sol ont une influence nettement plus importante sur la finesse du lit de semences que l'outil utilisé. C'est pourquoi il est recommandé, si possible, de préparer le lit de semences sur un sol friable. Lorsque le sol est détrempé, il faut le travailler aussi superficiellement et extensivement que possible.
- Plus le lit de semences est grossier, plus sa surface est rugueuse, ce qui diminue les risques de battance et d'érosion.
- Le vibroculteur requiert moins de puissance. Il préserve la structure du sol, mais travaille plus grossièrement que les herse entraînées par la prise de force.
- Les outils entraînés par la prise de force doivent être utilisés avec le régime de rotation le plus faible possible et la vitesse d'avancement la plus élevée possible. En effet, un régime de rotation élevé n'améliore que relativement peu l'efficacité du travail. Par contre, il augmente l'usure des machines et porte préjudice à la structure du sol. Valeurs indicatives: herse rotative à axes verticaux environ 150–200 tr/min, herse rotative à axe horizontal 200–250 tours. Une boîte de vitesses devrait en général faire partie de l'équipement de base.

- Les résultats du traitement d'images sont bien corrélés avec ceux du test de tamisage. Dès lors, l'évaluation optique de la surface du sol suffit à déterminer la finesse du lit de semences.
- Lit de semences correct: une surface de 40×60 cm doit comprendre 15 à 25 mottes d'un diamètre supérieur à 40 mm, test que l'on peut faire aisément à l'aide d'un double décimètre et d'une pièce de cinq francs. Le lit de semences est trop fin lorsque la surface ne compte presque plus de mottes de plus de 4 cm. En revanche, il est trop grossier lorsque la même surface compte trop de mottes de plus de 10 cm de diamètre, qui gêneraient le semis. Il faut également tenir compte des exigences propres à chaque culture et des conditions du sol.

Bibliographie

- Aumüller-Gruber C., 1993. Bildverarbeitung zur Bewertung der Zerkleinerungswirkung von Bodenbearbeitungsmassnahmen. *Landtechnik* 1/2, p. 40–41.
- Boiffin J. et Monnier G., 1991. Suppression du labour et érosion hydrique dans le contexte agricole français: bilan et possibilité d'application des références disponibles. *Simplification du travail du sol*, Les colloques NI 65 Paris, 16 mai 1991, INRA Editions 85–103.

Boisgontier D., 1993. Semis: assurer dès le départ. *Perspectives agricoles* 183. p. 19–23.

Destain M. F. et Houmy K., 1990. Effects of design and kinematic parameters of rotary cultivations on soil structure. *Soil and tillage research* 17 p. 291–301.

Herberg F., 1988. Wirkungsmechanismen zapfwellengetriebener Bestellgeräte am Beispiel von Zinkenrotor und Kreiselegge. Dissertation de la faculté de machines de l'Université technique de Munich, 140 p.

Sandri R., Anken T. e Sartori L., 1996. Analisi delle metodologie per il rilevamento e la valutazione della scabrosità superficiale del terreno agrario. *Rivista di Ingegneria Agraria*. Sous presse.

Sturny W. G., 1990. Lit de semences motteux ou fin? Rapport FAT 392.

Rüttimann M., Schaub D., Prasuhn V. et Rüegg W., 1995. Measurement of runoff and soil erosion on regularly cultivated fields in Switzerland – some critical considerations. *Catena* 25, 127–139.

Kemper W. D. et Rosenau R. C., 1986. Aggregate Stability and Size Distribution. In *Methods of Soil Science of America Part 1 Physical and mineralogical Methods Agronomy Monograph* no 9, 2^{ème} édition 425–443.

Weise G., 1995. Möglichkeiten zur Optimierung einer Bodenbearbeitungskombination. Dissertation de la faculté de machines de l'Université technique de Munich.

Traduction: ABConseil SA, Orbe