

Travail du sol et mise en place des cultures

Le travail du sol minimal convient parfaitement au blé d'automne

Thomas Anken, Edward Irla, Helmut Ammann et Jakob Heusser, Station fédérale de recherches en économie et technologie agricoles (FAT), CH-8356 Tänikon

Caroline Scherrer, Station fédérale de recherches en agroécologie et en agriculture (FAL), CH-8046 Zurich-Reckenholz

Le blé d'automne a peu d'exigences en matière de travail du sol et de semis. Les essais effectués confirment qu'un travail du sol minimal ou même l'absence de travail du sol n'entraîne quasiment aucune perte de rendement malgré le taux de levée souvent réduit. Les procédés mécaniques de lutte contre les adventices peuvent également être employés en cas de semis direct, mais exigent d'abord le passage d'une sarclieuse, car

la herse-étrille n'arrive pas à éliminer les adventices établies telles que les plantes à racines pivotantes et les touffes de graminées. Sur le plan économique, il est recommandé de planifier soigneusement toute nouvelle acquisition pour le travail du sol et la mise en place des cultures. Des machines faiblement exploitées chaque année entraînent des frais fixes élevés par hectare.

Procédés et sites

Du labour au semis direct

Comment choisir le procédé adéquat de travail du sol avant de mettre en place une culture? Aujourd'hui comme hier, de nombreuses questions se posent et restent sans réponse. Les procédés sont multiples, et vont d'un labour très intensif à des méthodes sans aucun travail du sol (semis direct). Une série d'essais de trois ans réalisés à la FAT a eu pour but de comparer différents procédés de mise en place pour le blé d'automne. Durant les trois années d'essais, le blé d'automne était précédé par du maïs d'ensilage. Il s'agit d'une culture qui laisse une parcelle sans paille, mais sur laquelle les machines ont beaucoup trafiqué.

Procédés de mise en place

Voici les six procédés qui ont été comparés durant les essais:

Sommaire	Page
Procédés et sites	1
Densité de peuplement et rendements	3
Régulation des adventices	5
Réflexions écologiques et économiques	6
Conclusions	8
Bibliographie	8



Fig. 1: La mise en place combinée peut se faire après le labour ou sans travail du sol préalable.



Fig. 2: Près de 80% des cultures de blé en Suisse continuent à être labourées.

- **Labour: charrue** (Althaus) , sillon de 20 cm de profondeur, préparation du lit de semences à l'aide d'une combinaison d'outils comprenant une herse rotative à axe horizontal (Rau) et un semoir à disques Accord CX (fig. 1 et 2).
- **Comb. out.:** mise en place à l'aide d'une herse rotative à axe horizontal (comme pour le labour) sans travail du sol préalable.
- **Hs. Conv.:** 1–2 passages avec une herse à bèches roulantes (Rabe), semis avec un semoir à disques conventionnel (Amazona D8 spécial) (fig. 3).



Fig. 3: La mise en place de la culture avec un semoir équipé d'un soc à disque, après un à deux passages avec la herse à bèches roulantes, constitue un procédé très favorable qui a fourni de bons résultats.



Fig. 4: Le semis direct avec des socs à disque présente un avantage important: les socs ne risquent pas de s'obstruer. Mais la forte pression exercée sur le disque peut entraîner des tassements au niveau du sillon, ce qui peut avoir des conséquences négatives sur la levée.

- **Hs. Sd. D.:** 1–2 passages avec une herse à bèches roulantes (Rabe), semis avec semoir direct John-Deere NT 750 A pourvu de socs à disque.
- **Sd. D.:** semis direct sans aucun travail du sol avec semoir direct John-Deere NT 750 A pourvu de socs à disque (fig. 4).
- **Sd. R.:** semis direct sans aucun travail du sol avec semoir direct Amazona NT 250, équipé de socs à dent rigide (fig. 5).

Régulation des adventices

Quel que soit le système de mise en place, les adventices ont toujours été ré-



Fig. 5: Le semis direct avec des socs à dent rigide ouvre un sillon pour les semences et ne risque pas d'y comprimer de la paille. Ce système est toutefois plus sensible aux bourrages que les socs à disque.

gulées de la même manière, à l'aide d'un procédé chimique et d'un procédé purement mécanique. Les détails figurent au tableau 1. Toutes les parcelles ont été sarclées pour la première fois lors du tallage du blé d'automne. Le passage de la herse-étrille le même jour permettait d'affiner le travail de la sarcluse. Lorsque les distances entre les lignes étaient inférieures à 19 cm, les parcelles n'étaient travaillées qu'à la herse-étrille. Pendant la montaison, un deuxième passage a été effectué pour tous les procédés mécaniques, cette fois uniquement avec la herse-étrille. En 1996, à la fin de la montaison du blé d'automne, la herse-étrille a réussi à éliminer de la parcelle le gaillard gratteron déjà bien développé.

Lieu des essais

Les caractéristiques des trois sites choisis pour les essais ainsi que les différentes variétés de blé d'automne sont décrites dans le tableau 2. Aucune particularité n'a été relevée dans les trois surfaces d'essai en ce qui concerne la flore adventice. La récolte du maïs-ensilage, qui constituait le précédent cultural, a été effectuée au moyen d'une ensileuse tractée à deux rangs avec remorque ensileuse à deux essieux. Le maïs était semé après une raie de labour, d'où des voies de pas-

Tab. 1: Distances entre les lignes, régulation mécanique et chimique des adventices dans les différents procédés de mise en place

Procédé de mise en place	Distances entre les lignes cm		Régulation chimique		Régulation mécanique	
	Chim.	Méc.	1996	1997/1998	Sarcluse	Herse-étrille
Labour	12,5	25	Ally (25 g/ha) Appel (2,5 l/ha) 16.4.96	Foxtar P (5 l/ha) 02.04.97/ 09.04.98	Oui	Oui
Comb. out.	12,5	25			Oui	Oui
Hs. Conv.	15	15			Non	Oui
Hs. Sd. D.	16,6	16,6			Non	Oui
Sd. D.	16,6	16,6			Non	Oui
Sd. R.	19	19	Oui	Oui		

Tab. 2: Propriétés du sol des différents sites et variétés de blé d'automne cultivées

Année de récolte / date du semis	Type de sol / parcelle	Argile %	Silt %	Sable %	Humus %	Humidité du sol lors du semis	Variété de blé d'automne
1996 16.10.95	Limon / Rüedimoos	28	31	36,7	4,3	Sol idéal	Tamaro
1997 28.10.96	Limon / Halde	26	31	39	4	Sol humide	Runal
1998 08.10.97	Limon sableux / Löhren	17,6	31,3	49	2,1	Sol sec	Titlis

sages bien marquées pour l'ensilage. Dans ce cas, le tracteur et les machines sont passés sur plus de 50% de la parcelle. C'est en automne 1997 que les voies de passage ont été les plus marquées, car le sol était humide: elles atteignaient alors une profondeur d'environ 10 cm.

Densité de peuplement et rendements

Les procédés de mise en place influencent la densité de peuplement

Au cours des trois années d'essai, les deux procédés, labour et combinaison d'outils, sont ceux qui ont généralement obtenu les densités de peuplement les plus élevées (fig. 6). Par rapport au nombre de grains semés, la levée au champ s'est avérée satisfaisante en 1996. En 1997 et 1998 par contre, elle ne l'était pas. En 1997, de nombreux plantons n'ont pas survécu à la forte humidité et aux voies de passage très marquées. En 1998, la mauvaise levée s'explique par une sécheresse inhabituelle. Si l'on avait roulé le sol directement après le semis, les résultats auraient sans doute été meilleurs. Toutefois, avec les céréales d'automne, cette technique n'est recommandée que lorsque le sol est très sec. En effet, le tassage du sol favorise la battance et l'érosion pendant l'hiver. En ce qui concerne les procédés de semis direct, le soc à dent rigide (*Sd. R.*) a généralement permis d'obtenir des levées au champ supérieures par rapport au soc à disque (*Sd. D.*). Le procédé avec herse à bèches roulantes et semoir à disques conventionnel (*Hs. Conv.*) a permis d'obtenir des levées au champ satisfai-

santes sauf en 1998. Cette année là, ce procédé a réalisé les plus mauvaises levées, à cause de la sécheresse: la terre ameublie des lignes de semis s'est mal raffermie, et de nombreux plantons se sont desséchés.

Faibles différences de rendements

Les procédés de mise en place des cultures n'ont que très légèrement influencé le rendement du blé d'automne (fig. 7). Le labour a obtenu un rendement supérieur minimal, significatif uniquement dans des cas isolés. Si l'on considère les trois années d'essai et tous les procédés étudiés, les résultats du labour sont environ 3% meilleurs que ceux des autres procédés (tab. 3). Malgré quelques fluc-

tuations de rendement, le procédé de mise en place combinée à l'aide d'une herse rotative à axe horizontal (*comb. out.*) confirme les rendements moyens corrects que Anken et al. (1997) avaient déjà relevé au cours de plusieurs années d'essais. Si l'on compare à présent les procédés de semis direct, le procédé pourvu d'un soc à disque (*Sd. D.*) obtient des résultats presque 5% plus mauvais que ceux obtenus par le procédé équipé de socs à dent rigide (*Sd. R.*). Toutefois, lorsque le sol avait été préalablement travaillé à l'aide d'une herse à bèches roulantes (*Hs. Sd. D.*), ce procédé était équivalent aux autres procédés de semis direct. En revanche, les bons résultats du procédé avec herse à bèches roulantes et semoir à disques conventionnel (*Hs. Conv.*) ont été surprenants. Un à deux

Tab. 3: Rendements moyens sur les trois années de culture, pour les différents procédés de mise en place. Pour chaque procédé, on a calculé la moyenne de la régulation mécanique et chimique des adventices

Procédé	Rendement %
Labour	100,0
Comb. out.	97,3
Hs. Conv.	96,9
Hs. Sd. D.	96,6
Sd. R.	96,5
Sd. D.	92,2

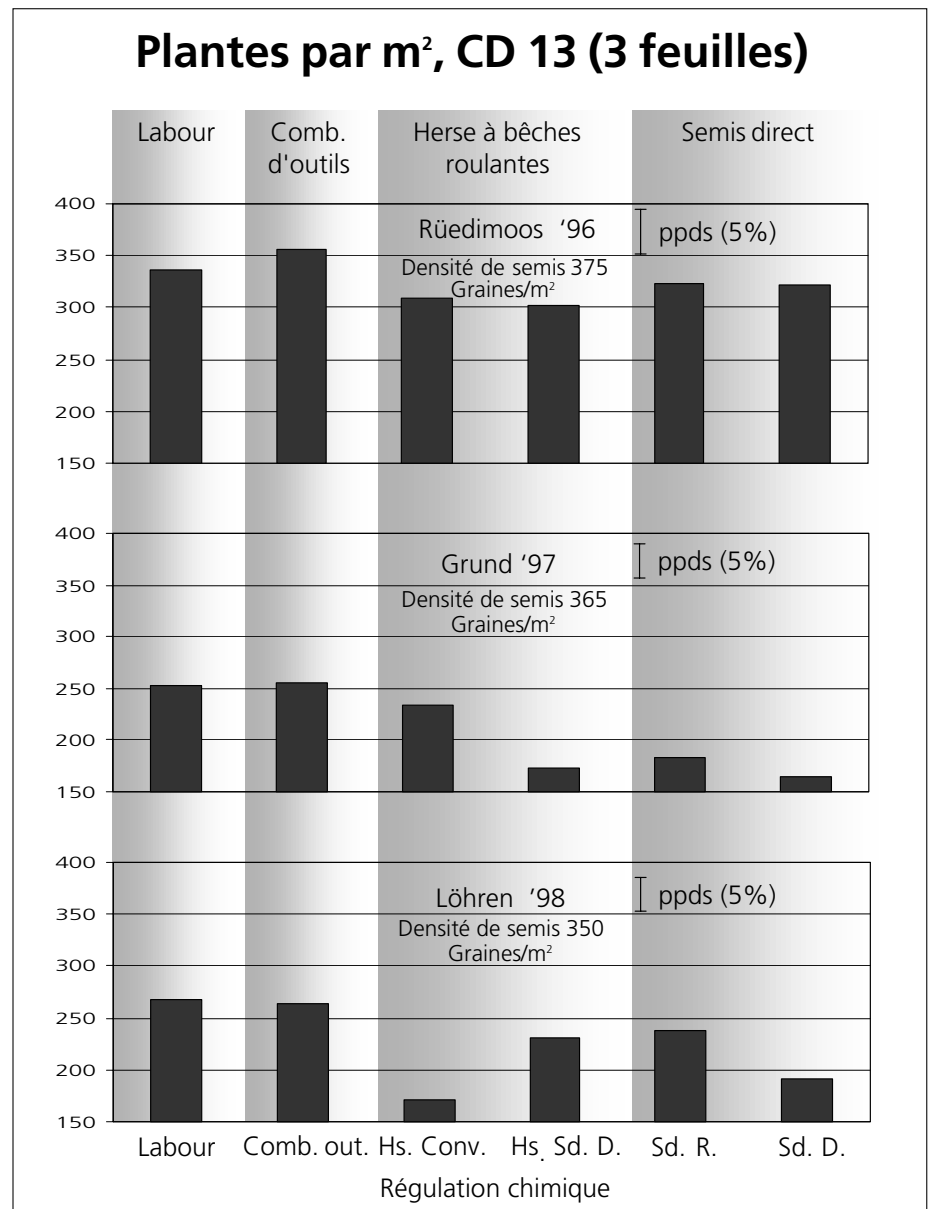


Fig. 6: Plantes par m² avec les différents procédés sur les trois sites.

passages avec la herse à bèches roulantes permettent d'obtenir un lit de semences très grossier dont la terre n'est pas raffermie. De nombreux grains se trouvaient à la surface du sol sans être recouverts, des mottes grossières empêchaient de contrôler la progression des socs. Malgré tout, ce procédé a fourni des rendements étonnants.

En 1996 et en 1998, on n'a pu constater aucun effet négatif des voies laissées par le passage des machines utilisées pour la récolte de la culture de maïs-ensilage qui précédait la culture de blé d'automne. En 1997, par contre, l'automne très humide a entraîné des différences très nettes. Le prélèvement d'échantillons sur de petites surfaces a montré que les voies de passage causaient 12% de pertes de rendements pour le procédé «Combinaison d'outils» et 25% pour le procédé «Semis direct avec socs à disque» par rapport aux

surfaces non sollicitées par les pneus. Un ameublissement en surface semble atténuer légèrement les conséquences des voies de passage. Enfin, on n'a constaté aucune influence des voies de passage sur le procédé «Labour».

Hormis en 1996, la régulation mécanique des adventices a toujours eu un pourcentage de réussite légèrement inférieur au procédé chimique. La lutte mécanique contre les adventices entraîne toujours un certain taux de pertes au niveau des plantes. Les levées au champ, qui étaient à la limite en 1997 et en 1998, pourraient expliquer que les pertes supplémentaires de plantes dues à la régulation des adventices influencent le rendement de manière légèrement négative. En général, les essais de Böhrnsen et al. (1993) et ceux de Irla et Ammon (1991) n'ont mis en évidence aucune différence de rendement entre la régulation méca-

nique et la régulation chimique des adventices.

Semis direct: socs à disque ou à dent rigide?

Les levées et les rendements inférieurs du semis direct avec socs à disque (*Sd. D.*) par rapport à ceux du semis direct avec socs à dent rigide (*Sd. R.*) peuvent indiquer que le sillon s'est compacté. Le soc à disque exerce une charge sur le sol qui peut aller jusqu'à 250 kg. Cette charge élevée se concentre sur une petite surface, ce qui peut entraîner un tassement à la base du sillon (Linke 1994). Le soc à dent rigide, lui, n'exerce qu'une charge relativement faible sur le sol, il ressort de lui-même. En ce qui concerne les conditions des germes dans le sillon, le soc à dent rigide s'avère avantageux. Les machines équipées de socs à dent rigide présentent un autre avantage: elles ne compriment pas de paille à l'intérieur du sillon, sachant que la paille freine considérablement la germination des graines. Ces machines présentent toutefois un grave inconvénient: elles ont tendance au bourrage. Les nouveaux appareils à socs à dent rigide offrent en général un passage très large (Amazone) ou nettoient les socs à l'aide d'un rotor (Dutzi). Il faut malgré tout effectuer un hachage soigneux avant de passer les semoirs équipés de socs à dent rigide. Contrairement aux socs à dent rigide, les socs à disque, eux, ne s'obstruent pratiquement jamais, ils passent toujours au-dessus de la paille. Mais, comme cela a déjà été mentionné, ce système peut entraîner des problèmes de levée si les socs enfouissent la paille dans le sillon au lieu de la couper ou de la pousser sur le côté. Les machines pourvues de socs à disque sont équipées d'organes indépendants qui atténuent le problème (exemple: Great Plains, Kuhn-Huard). Un premier disque gaufré ameublisse le sillon et pousse la paille de côté. Le semis est effectué par un deuxième agrégat dans le sillon préouvert. Le semis direct doit avoir pour objectif d'offrir aux semences de bonnes bases de germination dans le sillon, y compris lorsque les conditions sont difficiles. Les présents résultats (*Hs. Sd. D.*) et les expériences tirées de la pratique montrent qu'un travail du sol extensif et en surface peut lui aussi atténuer les problèmes posés par le soc à disque, réguler mécaniquement les adventices et diminuer l'apparition des gastéropodes. Ce sont sans doute les raisons principales pour lesquelles le semis

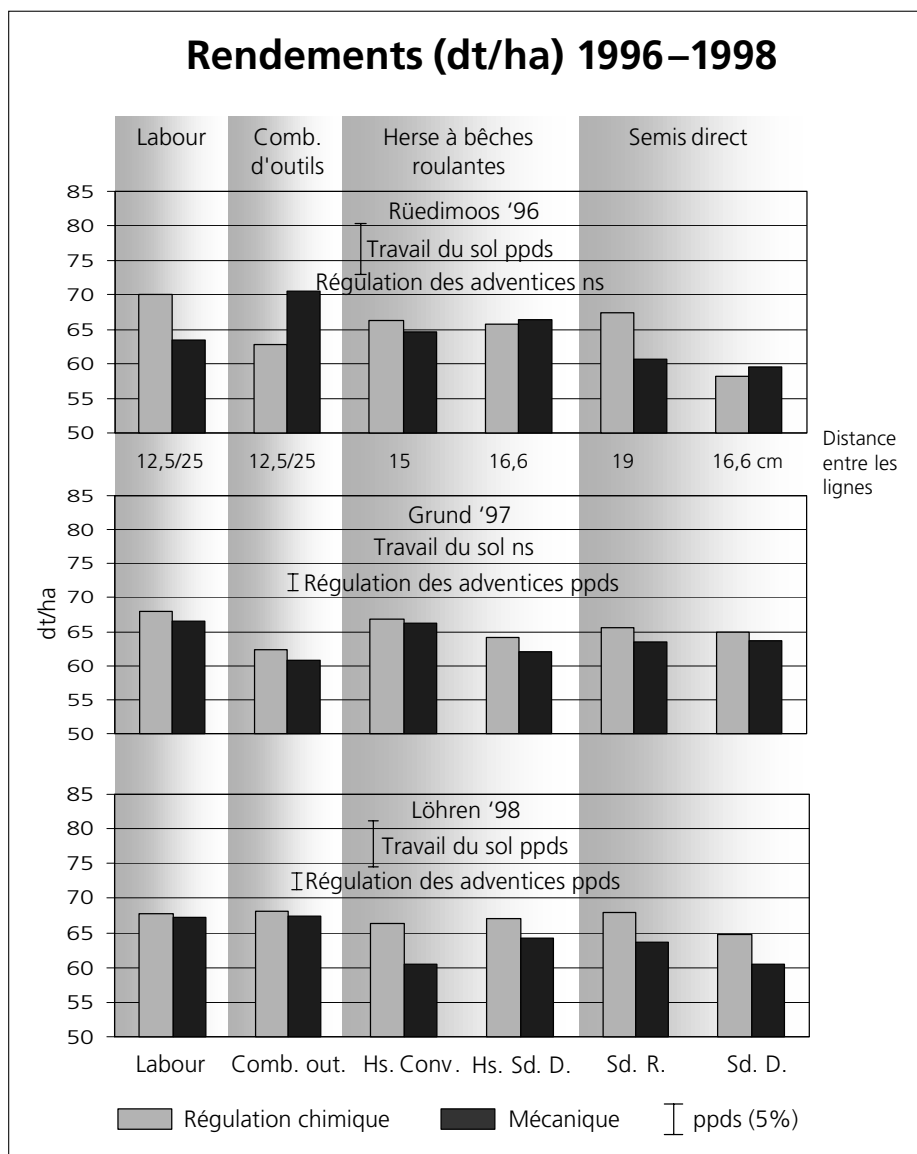


Fig. 7: Rendements des différents procédés (dt/ha) sur les trois sites.

direct pur n'a pas eu jusqu'ici le succès escompté sur la scène internationale.

Régulation des adventices

Adventices plus nombreuses avec la régulation mécanique

La matière sèche des adventices a été évaluée de la façon suivante: huit surfaces d'un mètre carré ont été récoltées et la matière sèche des produits récoltés a ensuite été évaluée dans des étuves (fig. 8). La couverture du sol, quant à elle, (pourcentage de la surface du sol) a été évaluée à l'oeil nu (estimation des surfaces) (fig. 9).

En 1996, l'agrostide jouet du vent et le ray-grass d'Italie ont causé une prolifération d'adventices que les produits chimiques employés n'ont pas non plus réussi à éradiquer complètement. Le pourcentage d'adventices se situait cependant encore juste dans la limite tolérée. En 1997 et 1998, la régulation chimique a permis d'éliminer presque entièrement la flore adventice. Avec les méthodes mécaniques de régulation, force est de constater que le peuplement d'adventices était plus important. Un passage supplémentaire de la herse-étrille en 1998 à la fin de la montaison aurait permis de réduire encore la présence du gaillet gratteron, comme cela avait été le cas en 1996.

Les essais montrent que la régulation mécanique des adventices peut aussi être ef-



Fig. 10: La herse-étrille ne suffit pas à éliminer les adventices pluriannuelles, elle ne fait que glisser en surface.

ficace en cas de semis direct. En l'absence de travail du sol, les adventices lèvent moins que lorsque de nouvelles semences reviennent à la surface sous l'effet du brassage du sol. Par contre, la lutte contre les adventices établies, pluriannuelles est plus exigeante.

Semis direct avec sarclage pour l'agriculture biologique

Les procédés qui laissent un lit de semences grossier ou qui renoncent à tout travail du sol sont rapidement confrontés aux limites que peut avoir la régulation des adventices à l'aide d'une herse-étrille. Dans le cas du semis direct, dans lequel il faut lutter contre les adventices établies de l'année précédente, la régulation mécanique des adventices sans sarclage n'est possible que dans de rares exceptions. En effet, seule la sarcluse est susceptible de lutter contre des adventices pluriannuelles, établies dans un sol compact, qui n'a pas été travaillé. La herse-étrille ne fait que glisser en surface (fig. 10). Böhrnsen, Becker et Wagner ont fait des expériences similaires en Allemagne. L'utilisation de la sarcluse permet d'appliquer également le semis direct dans l'agriculture biologique. Bien entendu, ce procédé ne peut être intégré qu'à certaines conditions dans la rotation des cultures et du travail du sol. L'important, c'est que la culture précédente ne laisse pas une parcelle envahie par les adventices. En ce sens, il ne s'agit donc pas d'un semis direct au sens strict du terme, c'est-à-dire un semis sans aucun travail du sol pendant toute la durée de l'assolement. La sarcluse, aussi efficace soit-elle, est très peu répandue dans la pratique. Dans les cultures céréalières, elle est utilisée uniquement dans l'agriculture biologique. Etant donné les intervalles étroits entre les rangées, le passage de la sarcluse dans les cultures céréalières est

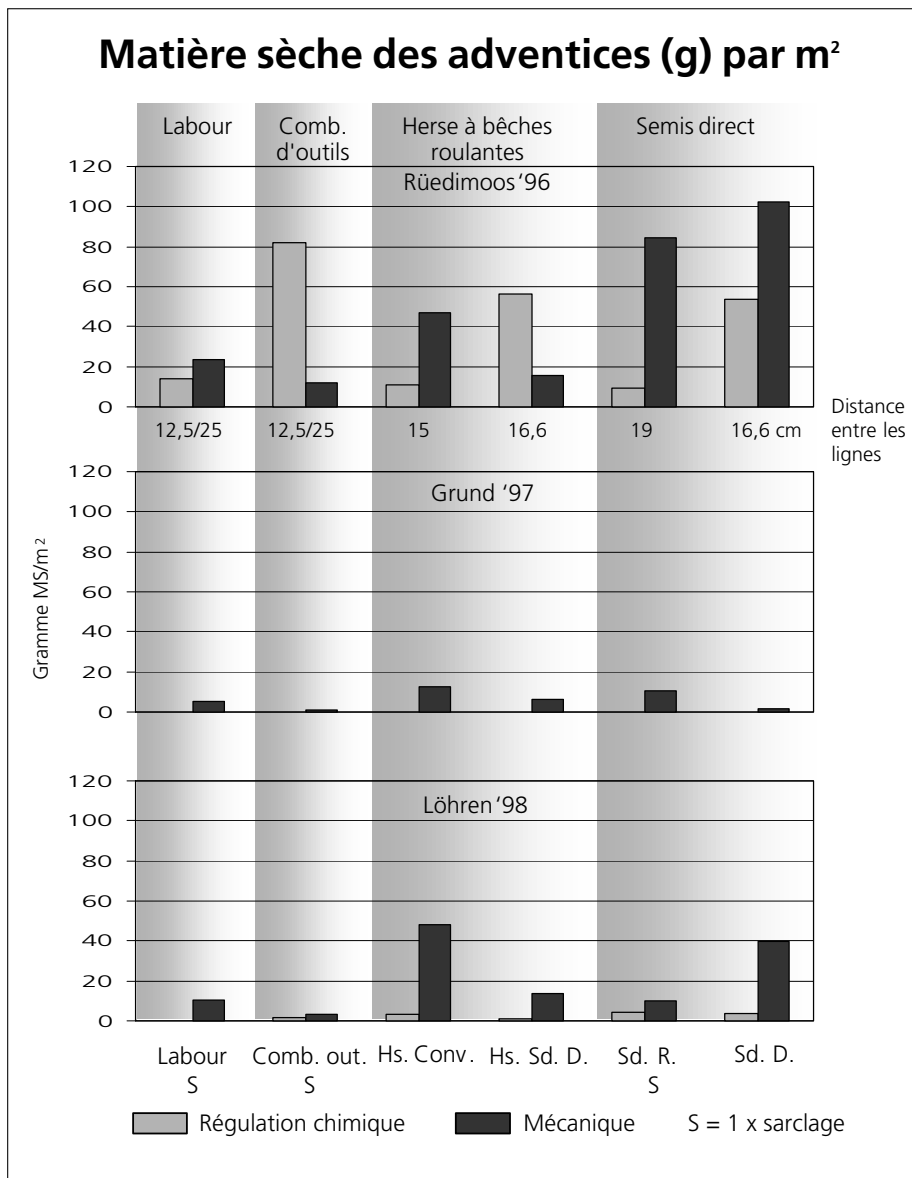


Fig. 8: Matière sèche des adventices (g/m²) pour les différents procédés de mise en place et de régulation des mauvaises herbes peu avant la récolte de blé.

Tab. 4: Temps de travail nécessaire selon les procédés de régulation des adventices

Procédé	Temps de travail nécessaire MOh/ha ¹⁾
1 x sarclage avec sarclouse à socs en pattes d'oie de 3 m, avec conducteur	3
1 x hersage avec herse-étrille de 6 m	0,6
1 x pulvérisation avec pulvérisateur 12 m	0,9

¹⁾ Taille de la parcelle = 2 ha



Fig. 11: Les sarclouses déracinent les adventices et les hachent efficacement. Les sarclouses-étoiles (à gauche) ne connaissent pas les bourrages mais exigent des rangées plus espacées que les sarclouses à socs en pattes d'oie (à droite).

une opération fastidieuse (fig. 11) qui exige beaucoup de concentration. Le temps de travail est également très important, ce qui limite encore l'utilisation de cet outil (tab. 4). C'est la raison pour laquelle on peut se demander s'il ne vaudrait pas mieux travailler le sol en surface à l'automne, car cette opération élimine parti-

ellement les adventices établies. Il serait alors possible de poursuivre la lutte contre les adventices au printemps en utilisant uniquement la herse-étrille. Dans le cas d'un sarclage tout au moins, le travail

s'en trouverait considérablement facilité. D'après Irla et Ammon (1991), du point de vue des coûts, les procédés de lutte mécanique et chimique contre les adventices sont à peu près équivalents, si l'on tient compte du coût de la main-d'oeuvre. Le coût des herbicides est compensé par des coûts plus élevés pour les machines et la main-d'oeuvre dans le cas de la régulation mécanique des adventices. Ce dernier procédé présente toutefois un inconvénient: il est plus dépendant des conditions météorologiques.

Couverture du sol par les adventices

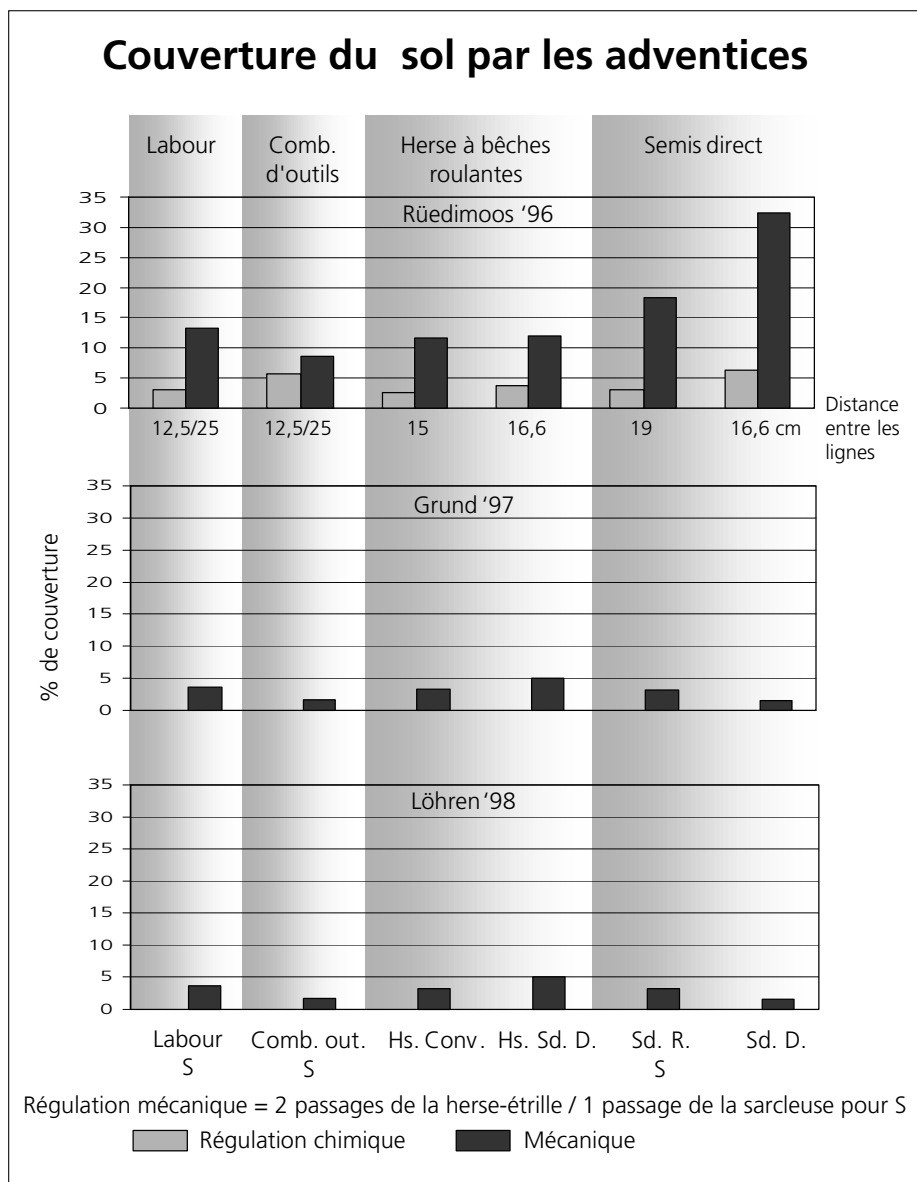


Fig. 9: Couverture du sol par les adventices en pourcentage de la surface totale pour les différents procédés de mise en place et de régulation des mauvaises herbes.

Réflexions économiques

Pas d'économies sans stratégie

La figure 12 représente les frais de machines de différents systèmes de mise en place en fonction du taux d'utilisation annuelle. Cette figure est basée sur les données suivantes: les prix d'achat sont tirés des «Frais de machines FAT 1999» (Ammann, 1998), les tarifs des travaux effectués par des entreprises de travaux agricoles correspondent aux «Tarifs indicatifs 1999» de l'ASETA (tab. 5). Lorsque les machines ne sont pas suffisamment utilisées, les coûts fixes par hectare sont élevés. Si l'on considère le procédé «Labour» notamment, on constate qu'avec un taux d'utilisation faible, les coûts sont nettement plus élevés lorsque l'exploitant possède ses propres machines que lorsque la mise en place ou le semis direct sont confiés à une entreprise de travaux agricoles. Afin de rentabiliser les combinaisons onéreuses d'outils nécessaires à la mise en place d'une culture, il faut que ces outils puissent être suffisamment utilisés pendant l'année. Si l'agriculteur ne veut pas renoncer complètement au labour, il faut qu'il trouve un moyen qui lui permette de faire face à l'utilisation ré-

Tab. 5: Procédé choisi pour le calcul des coûts, ventilés selon les machines en propriétés, en location et selon le recours à une entreprise de travaux agricoles. Les cases hachurées indiquent si seuls les coûts variables (var.) ont été pris en compte ou également les coûts fixes (fix.)

Outils et force de traction	Mode de propriété/ d'utilisation	Procédé sélectionné				
		Labour	Mise en place comb. out. Location	Mise en place comb. out. Propriété	Mise en place comb. out. Régie	Semis direct Régie
Charrue, 3 socs	en propriété	fix + var				
Herse rotative, 3,0m	en propriété	fix + var				
Semoir en lignes, 3,0 m	en propriété	fix + var				
Comb. d'outils, 3,0m	en location		var			
Comb. d'outils, 3,0m	en propriété			fix + var		
Comb. d'outils, 3,0m	en régie				var	
Semoir direct, 3,0 m	en régie					var
Tracteur, 4 roues motrices, 41 kW (56 CV)	en propriété	var				
Tracteur, 4 roues motrices, 70 kW (95 CV)	en propriété	var	var	var		
Total de la valeur à neuf des outils de travail du sol	en propriété	37 500		40 000		

duite de sa charrue. Dans de nombreux cas, l'exploitant opte pour la location du matériel ou pour la mise en commun des machines avec d'autres exploitants.

En matière de travail du sol, les réflexions économiques doivent également tenir compte du problème posé par la force de traction. L'achat d'une combinaison d'outils pour la mise en place d'une culture ou d'une charrue plus grande peut exiger l'acquisition d'un nouveau tracteur. Or, si cet engin ne doit être utilisé que pour le travail du sol, il ne faut pas oublier qu'un

nouveau tracteur de 70 kW par exemple, entraîne environ Fr. 3600.- de frais fixes en plus par an par rapport à un tracteur de 50 kW. Il existe d'autres moyens de réduire les coûts fixes d'un tracteur plus puissant: la location, la propriété en commun ou encore le recours à une entreprise de travaux agricoles.

Outre les frais de machines, il faut également tenir compte du temps de travail nécessaire. Il est évident que les trois opérations que sont le labour, le hersage et le semis prennent nettement plus de

temps que la mise en place combinée en un seul passage ou le recours à une entreprise de travaux agricoles (fig. 12). Les procédés de mise en place minimale permettent donc non seulement de réduire les coûts, mais aussi d'économiser jusqu'à cinq heures de main-d'oeuvre (MOh) par hectare.

Enfin, outre le temps de travail et les frais des machines, il faut aussi penser à la protection des plantes. Il faut par exemple tenir compte, suivant la situation, des coûts supplémentaires entraînés par les herbicides totaux, les granulés limaticides et les herbicides spéciaux. Par rapport au procédé «Labour», ces coûts supplémentaires peuvent atteindre 200 à 300 francs par ha. En ce qui concerne les rendements, les résultats sont les plus divers: le labour peut donner soit de meilleurs résultats, soit des résultats équivalents, soit des résultats plus mauvais que les autres procédés. Au cours des présents essais, le labour a donné des résultats supérieurs de 3%. Cette hausse de rendement correspond environ à 140 francs par ha.

La capacité de travail de la charrue est limitée

Il est difficile d'obtenir une occupation annuelle supérieure à 40 ha avec une charrue trisocs. C'est pourquoi sur la figure 12, la courbe de la charrue s'arrête à 40 ha. Suivant les cas, si le taux d'occupation est plus important, on peut utiliser une charrue plus grande ou faire appel à une charrue supplémentaire, ce qui entraînerait des frais nettement plus importants. Un système de combinaison d'outils suffit à travailler sans problème une centaine d'hectares par an. Un semoir direct peut même réaliser plusieurs centaines d'hectares. Lorsque le taux d'utilisation est très élevé, ces procédés s'avèrent très bon marché par rapport au labour. A moyen terme, en Suisse, seule l'utilisation systématique des machines en commun permettra d'exploiter le potentiel d'économies.

Les procédés de mise en place minimale sont intéressants d'un point de vue écologique

L'énergie nette nécessaire de plusieurs procédés (énergie nécessaire à l'entraînement des procédés de mise en place sans pertes de transmission du tracteur), mesurée sur le site de Grund, est représentée à la figure 13. Il est évident que le

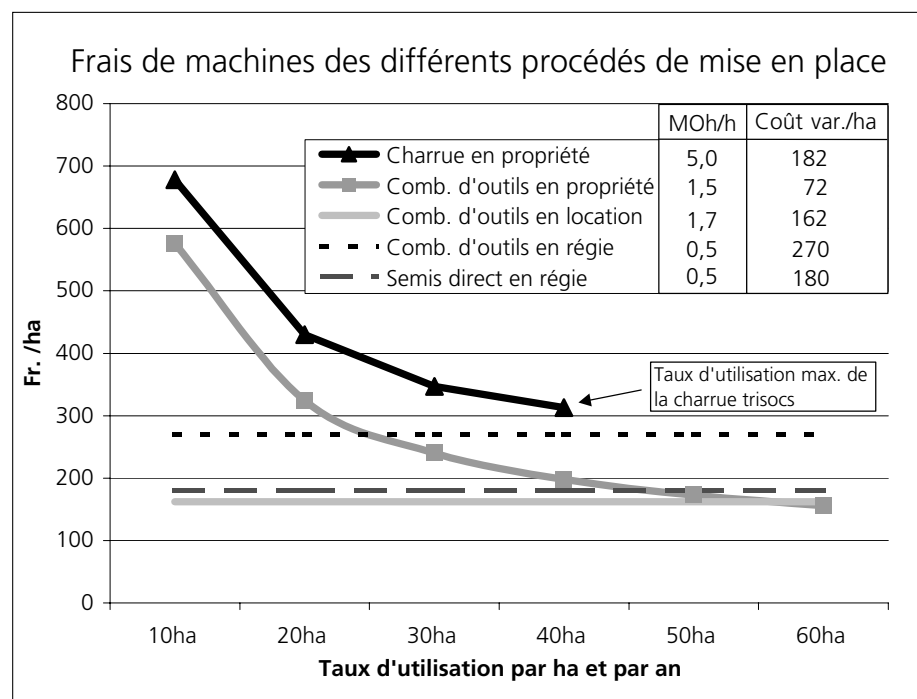


Fig. 12: Frais de machines (Fr./ha) des différents procédés de mise en place selon le tableau 5 en fonction du taux d'utilisation annuelle ainsi que des coûts variables (C var./ha) et de la charge de travail (MOh/ha).

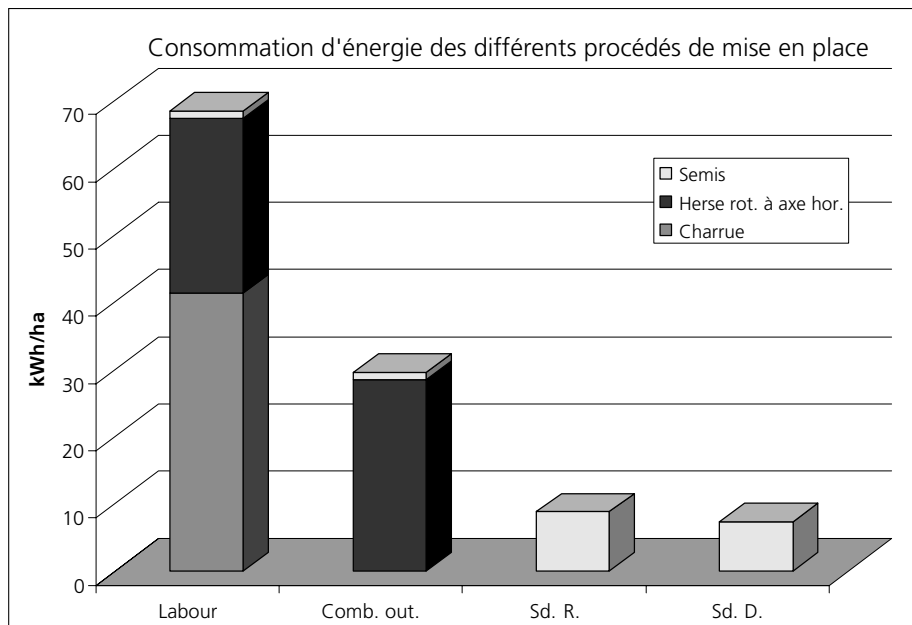


Fig. 13: Consommation énergétique (kWh/ha) des différents procédés de mise en place.

labour, étant le procédé le plus intensif, est aussi celui qui consomme le plus d'énergie par hectare. Le semis direct avec lequel on renonce à tout travail du sol, présente les valeurs les plus basses. Les différences entre le procédé travaillant avec des socs à dent rigide et celui fonctionnant avec des socs à disque ne sont pas significatives. Comme la fumure et la protection des plantes ne présentent pas de différence quel que soit le procédé considéré, le bilan énergétique de chaque procédé n'est pas étudié de manière plus approfondie. Outre leur faible consommation d'énergie, les procédés de mise en place minimale présentent également plusieurs avantages écologiques. Ils protègent le sol de la battance et de l'érosion, stimulent l'activité biologique du sol, réduisent les maladies des racines dans les cultures de céréales, etc.. Le rapport de Anken et al. (1997) présente les avantages et les inconvénients des différents procédés.

Conclusions

Comme le confirment les présents résultats, le blé d'automne est bel et bien une culture qui convient parfaitement pour les procédés de mise en place minimale et le semis direct. Les conditions de semis étaient défavorables, notamment en automne 1997, saison très humide, et les voies de passages étaient très marquées,

car la récolte a dû être effectuée en période de précipitations. Il a été surprenant de voir que, même dans de telles conditions, les procédés de mise en place minimale ont permis d'obtenir des rendements satisfaisants par rapport au procédé avec labour. Ces résultats confirment l'impressionnant potentiel de compensation du blé d'automne. Ce qui est encore plus étonnant, c'est qu'en Suisse environ 80% de la surface consacrée à la culture du blé soit labourée (Hausheer et al. 1998). Les présents résultats rejoignent la tendance internationale, qui va dans le sens d'un travail du sol en surface associé à des semoirs robustes, insensibles aux bourrages.

Les procédés de mise en place minimale permettent également la lutte mécanique contre les adventices. Outre l'emploi de la herse-étrille, le semis direct exige le passage de sarcleuses, pour pouvoir réguler les repousses d'adventices. Les procédés de mise en place minimale permettent de réduire considérablement le coût des machines et le temps de travail. Ces économies se font surtout sentir lorsque le taux d'utilisation des machines est important. Les procédés de mise en place minimale nécessitent nettement moins d'énergie que le labour. En outre, ils stimulent l'activité biologique du sol, réduisent l'érosion et la battance, améliorent la praticabilité des parcelles, etc.. Par contre les exigences sont plus élevées en ce qui concerne la régulation des adventices, des gastéropodes, des souris, de la pyrale du maïs et de la fusariose, etc..

Bibliographie

Amman H., 1998. Frais de machines 1999. Rapports FAT No. 525.

Anken T., Heusser J., Weisskopf P., Zihlmann U., Forrer H. R., Högger C., Scherrer C., Mozafar A. et Sturny W. G., 1997. Systèmes de travail du sol. Le semis direct impose des contraintes élevées. Rapports FAT No. 501.

Böhrnsen A., Becker K. et Wagner M., 1993. Mechanische Pflege mit Striegel und Hacke. Landtechnik 48 (4), 174-177.

Hausheer J., Rogger C., Freyer B., Hilfiker J., Keller L., Lehmann H. J., Magnollay F., Pericin C., Roux O., Schüpbach H. et Schwab P., 1998. Evolution des exploitations pilotes agricoles sur le plan de l'écologie et des techniques de production de 1991 à 1996. FAT, Tänikon. 170 p.

Irla E. et Ammon H. U., 1991. Comparaison des procédés de lutte mécaniques et chimiques contre les mauvaises herbes dans les céréales. Rapports FAT No. 398.

Linke C., 1994. John Deere-Direktsaatmaschine: Stroh und Nässe machen ihr zu schaffen. top agrar 4, 103-106.