

Travail réduit du sol pour grandes cultures respectueuses du climat

En agriculture biologique, le travail réduit du sol améliore la fertilité du sol et augmente même parfois les rendements par rapport au labour. Sans compter que cela fait nettement diminuer les émissions de gaz à effet de serre.

Les émissions de gaz à effet de serre de l'agriculture représentent 15 pour cent du total. Si on rajoute les gaz à effet de serre émis par les changements d'affectation des terres comme la déforestation, cette proportion passe à 30 ou 40 pour cent. La combinaison du travail réduit du sol et de l'agriculture biologique est dans ce contexte une méthode dotée d'un gros potentiel d'innovation pour diminuer les émissions de gaz à effet de serre. L'avantage de cette méthode par rapport aux systèmes de semis direct, c'est de pouvoir se passer d'herbicides puisque les mauvaises herbes peuvent être régulées par des moyens mécaniques. L'utilisation d'engrais de ferme permet en outre de perdre moins d'ammoniac. La régulation des mauvaises herbes et les rompues sans labour représentent cependant de grands défis.

Deux approches de recherche

Le groupe de recherche du FiBL sur le sol étudie dans le cadre d'un projet soutenu par le Fonds Coop pour le Développement durable les répercussions du travail réduit du sol sur le changement climatique, la consommation d'énergie, la fertilité du sol, le rendement et la rentabilité. Deux

approches de recherche sont suivies en parallèle: Premièrement les chercheurs comparent entre eux les systèmes de travail du sol dans un essai exact avec procédés et répétitions, et deuxièmement un groupe étudie des solutions pratiques dans des essais en bandes mis en place chez des agriculteurs.

Les essais exacts sur le travail réduit du sol sont en place à Frick AG depuis 2003, à Muri AG depuis 2009 et à Aesch BL depuis 2010. L'essai de Frick est situé

sur un sol lourd et argileux tandis qu'à Muri et à Aesch les sols sont mi-lourds (sols limoneux). Le travail réduit du sol est effectué avec une charrue déchaumée à une profondeur de 5 à 7 centimètres, la charrue normale étant utilisée selon l'habitude du domaine à 15 à 20 centimètres de profondeur. Si le sol est sec après les moissons, l'ameublissement se fait jusqu'à 15 centimètres avec un chisel Ecodyn (cf. tableau des machines).

Paul Mäder, FiBL



Photos: Alfred Berner

Structure du sol dans les essais au champ de Frick à fin octobre 2008 après le semis du blé d'automne. Par rapport au sol labouré, le sol en travail réduit (à gauche) montre pour la même préparation du lit de semence une structure du sol plus fine et une meilleure levée de la culture.

Résumé des trois essais exacts:

Diminution des besoins en énergie et augmentation partielle des rendements

- Les systèmes de grandes cultures bio avec travail réduit du sol peuvent fixer d'importantes quantités de carbone (jusqu'à deux tonnes de CO₂ par ha et par année) et s'avérer climatiquement neutres pendant la phase de formation du dépôt de carbone dans le sol. Il y a cependant encore des lacunes dans les calculs modélisés des émissions de gaz à effet de serre provenant des engrais organiques.
- Le travail réduit du sol fait diminuer la consommation d'énergie fossile par unité de surface de 10 pour cent en moyenne par rapport au labourage.
- Le travail réduit du sol favorise la fertilité du sol: humus, microorganismes,

vers de terre, stabilité des agrégats et capacité de rétention d'eau disponible pour les plantes augmentent.

- Il faut s'attendre à une baisse de rendement d'environ 10 pour cent au moins pendant la phase de transition du labour au travail réduit du sol. Cela est dû premièrement au retardement de la minéralisation de l'azote dans le sol au printemps et deuxièmement à la concurrence des mauvaises herbes. Cependant, grâce à l'amélioration de la structure du sol dans le procédé de travail réduit du sol, les rendements de la quatrième année étaient même plus élevés à Frick que ceux du procédé avec labour, et en moyenne pluriannuelle on

obtient une augmentation de rendement de 11 pour cent.

- Introduire dans la rotation des pois fourragers d'hiver comme engrais vert permet de fixer quelque 110 kilogrammes d'azote par hectare et par année, ce qui permet de diminuer la dépendance des domaines agricoles à l'égard des engrais organiques du commerce.
- La plupart des différences dans les coûts de production entre le travail réduit du sol et les procédés avec labour sont faibles, donc les répercussions économiques dépendent fortement du niveau des rendements.

Paul Mäder

Essais pratiques: Des agriculteurs testent le travail réduit du sol

Neuf domaines agricoles ont testé le travail réduit du sol pendant trois ans. Les rendements ont baissé en moyenne de 8 pour cent pendant la phase de transition entre les deux systèmes. On a pu noter une tendance à l'amélioration de la teneur en humus et de la structure du sol, mais aussi à l'augmentation de la pression des mauvaises herbes propagées par des semences quand on arrête de labourer.

En collaboration avec neuf paysans bio, le FiBL a rassemblé pendant trois ans sur leurs domaines des expériences sur le travail réduit du sol en agriculture biologique. Pour se familiariser avec le travail réduit du sol, une bande d'au moins 12 mètres de large a été délimitée sur une parcelle choisie pour essayer le travail réduit du sol tandis que le reste du champ continuait d'être labouré. La rotation des cultures de ces fermes était à peu de chose près toujours prairie temporaire – maïs – légumineuse à battre – céréale d'automne. Les différences entre labour et non-labour ont été mesurées pour les rendements, la teneur en humus et la présence de mauvaises herbes au début et à la fin des trois ans. La profondeur de travail a été limitée à 10 centimètres dans le procédé avec travail réduit du sol, mais le choix des machines était libre. Chisels Ecodyn, charrues déchaumeuses et déchaumeuses à disques sont en général peu répandues. Le FiBL a calculé les émissions de gaz à effet de serre et la consommation d'énergie sur la base des relevés d'utilisation des machines et des engrais de ferme.

Les rendements varient fortement

Chez les agriculteurs concernés, le motif le plus important pour passer au travail réduit du sol est la conservation ou l'amélioration de la fertilité et de la structure du sol. Ils sont même prêts à accepter une légère diminution des rendements pour y arriver.



Photo: Hansueli Dierauer

On a pu voir au printemps 2009 sur le domaine d'André Horisberger à Vufflens-la-Ville VD une nette amélioration de la croissance du maïs sur la bande en travail réduit du sol (moitié de droite sur la photo) à cause de l'amélioration de la capillarité et de la structure du sol.

lioration de la fertilité et de la structure du sol. Ils sont même prêts à accepter une légère diminution des rendements pour y arriver.

Les différences de rendements étaient au fil du temps plus grandes entre les fermes qu'entre les procédés. Les rendements ont baissé de 8 pour cent en moyenne. Alors que certaines fermes n'avaient pratiquement pas de différences de rendement entre les deux procédés, deux domaines ont eu la première année une perte totale à cause des mauvaises herbes et des repousses. La cause était avec une herse à disques.

Une seule augmentation de rendement due au travail réduit du sol a pu être mesurée en 2010 (sur le domaine Stefani). La féverole avait moins bien levé sur les parcelles labourées et la culture avait été éclaircie par les vers fil de fer.

Les différences de rendement entre les procédés étaient faibles dans les céréales de l'année 2011. Un retardement de la maturation du blé a été observé sur le domaine Schnyder, ce qui avait provoqué la germination sur pied des parcelles en travail réduit du sol. Ce phénomène s'explique par le retard de minéralisation et de libération de l'azote au printemps causé par le travail réduit du sol.

Domaines agricoles	Principales machines utilisées (travail réduit)	Précédent	Culture principale			Rendements relatifs du travail réduit en % (Labour = 100 %)		
			2009	2010	2011	2009	2010	2011
Ineichen BL	Herse à disques	LU	MG	FE	PDT	96	89	*6)
Stefani AG	Ecodyn	PT	MPE	FE	BA	97	118	98
Schnyder LU	Herse à disques	PT	MPE	PP	BA	*1)	*2)	83
Grossenbacher BE	Herse à bèches roulantes	PT	MPE	FE	BA	86	86	95
Häberli BE	Cultivateur à pattes d'oies	PT	MPE	FE	BA	88	96	97
Siegenthaler BE	Herse à disques, Précilab	PT	MPE	FE	BA	*3)	*4)	85
Horisberger VD	Ecodyn	BA	MG	Soja	BA	110	87	92
Eberhard VD	Ecodyn, Précilab	BA	FE	BA	OA	*5)	83	87
Hauser VD	Cultivateur à pattes d'oies	BA	Soja	BA	TA	90	84	81
Total						95	92	90
BA = Blé d'automne		OA = Orge d'automne		*1) Grêle				
FE = Féverole		PDT = pomme de terre		*2) Récolte séparée pas possible				
LU = Luzerne		PP = pois protéagineux		*3) Grêle et corneilles				
MG = Maïs grain		PT = Prairie temporaire		*4) Seulement travail réduit				
MPE = Maïs plante entière		TA = Triticale d'automne		*5) Perte totale à cause adventices				
				*6) PDT, pas de mesure de rendement				

Si dans deux fermes les rendements étaient plus élevés sur les bandes en travail réduit du sol, la phase de transition a été marquée par une perte de huit pour cent en moyenne générale.

La pression des adventices à graines augmente

Comme le montrent les relevés du degré de couverture du sol par les adventices effectués sur huit des neuf domaines, la pression des mauvaises herbes propagées par des semences augmente nettement quand on renonce à la charrue (cf. graphique sur le développement des mauvaises herbes). Après trois ans, le degré de couverture des parcelles en travail réduit du sol est nettement différent de celui des parcelles labourées.

Six agriculteurs sont parvenus à maîtriser les adventices malgré l'arrêt du labour. Les plus nombreuses mauvaises

Comment réussir avec le travail réduit du sol?

Pour se familiariser avec le travail réduit du sol, mieux vaut commencer par une bande ou une petite parcelle sans mauvaises herbes problématiques et avec une pression d'adventices normale. Les sols mi-lourds à légers sont plus simples à travailler sans labour. La réussite du travail réduit du sol dépend largement du bon moment et de la bonne machine. Toutes les fermes ne sont pas forcément bien équipées. Si on n'a pas de machines spéciales comme une déchaumeuse à disques ou une charrue déchaumeuse, il est recommandé d'avancer les rompues à la fin de l'été, car l'herbage peut aussi être ouvert avec un cultivateur si le temps est chaud et sec.

La rotation des cultures doit être modifiée pour que le sol soit si possible toujours couvert par une culture ou un engrais vert. Les rotations avec céréales, maïs, féverole et tournesol sont plus faciles à reconvertir au travail réduit du sol que celles avec des cultures sensibles aux mauvaises herbes comme le colza, le soja, le pois protéagineux, la betterave sucrière, le millet ou le lin. Le travail réduit du sol est encore plus difficile dans les rotations avec de la pomme de terre. hd

herbes à graines comme le mouron des oiseaux, les lamiers et les véroniques ont pu être détruites avec la herse étrille et n'ont pas provoqué de gros problèmes. Trois

Émissions de gaz à effet de serre et besoins en énergie

Chiffre-clé	Unité	Domaines agricoles
		(3 ans)
Émissions de gaz à effet de serre [éq CO ₂ / ha*an]	% de conv.	87.1 %
Besoins en énergie [MJ/ha*an]	% de conv.	83.5 %

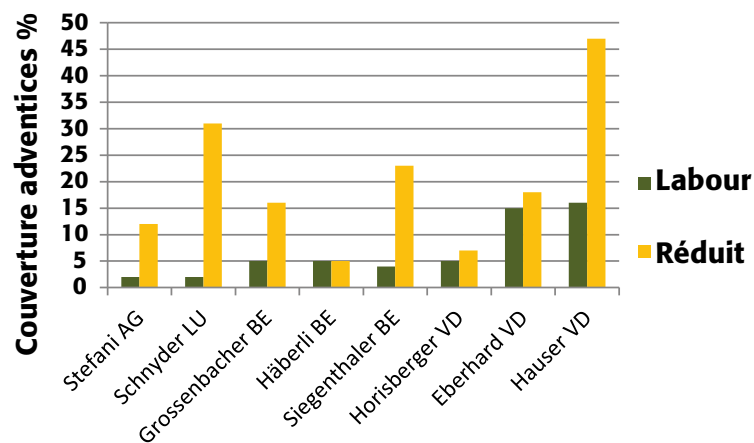
Émissions de gaz à effet de serre et besoins en énergie (domaines agricoles 2009–2011, Matthias Meier, FiBL).

autres agriculteurs ont subi des pertes moyennes à importantes à cause des mauvaises herbes. Ces domaines avaient déjà au départ une très forte pression des adventices et n'avaient pas les machines optimales ou les ont utilisées trop tard. La courte durée du projet n'a pas permis de constater une influence significative sur les mauvaises herbes pluriannuelles et la teneur en humus des parcelles.

Diminution des émissions de gaz à effet de serre

Les émissions de gaz à effet de serre et la consommation d'énergie ont pu être calculées pour ces trois années pour chacune des fermes de l'essai en se basant sur le nombre de passages des différentes machines et sur les quantités d'engrais de ferme utilisées. Le calcul des émissions de gaz à effet de serre tenait compte du CO₂ libéré par la combustion du diesel et du protoxyde d'azote (N₂O) émis par le sol.

Relevé des adventices (Braun-Blanquet) (Céréales climatiquement neutres, avril 2011, 8 endroits)



Par rapport aux procédés avec labour, le travail réduit du sol a permis de réduire les émissions d'équivalents CO₂* de 13 pour cent en moyenne générale des neuf fermes de l'essai. Si on ne considère que les besoins en énergies fossiles, l'abandon de la charrue a permis d'économiser 17 pour cent de diesel. Utiliser des machines plus légères qui permettent de meilleures performances horaires – comme par exemple les cultivateurs superficiels –

permet d'économiser plus de la moitié du carburant nécessaire avec labour, mais le travail réduit du sol nécessite en moyenne 1,5 passage contre 1 avec la charrue.

Hansueli Dierauer, Maurice Clerc et Matthias Meier, FiBL

* Vu que les différents gaz à effet de serre ne réchauffent pas tous autant le climat, leur potentiel de réchauffement est converti en équivalents CO₂, ce qui permet d'avoir une base uniforme de mesure et de comparaison.



On peut maîtriser les mauvaises herbes même sans labourer, mais il faut employer les bonnes machines au bon moment: un champ de maïs du domaine Ineichen, BL, 2010. À gauche: avec labour; à droite: travail réduit du sol.

Les conditions à réunir pour réussir avec le travail réduit du sol

Mécanisation diversifiée

Disposer d'un parc de machines diversifié et adapté à chaque situation est un avantage certain. Cette diversification coûte cher, c'est pourquoi elle doit se faire dans un cadre plus large que celui de l'exploitation: achat de machines avec des voisins ou dans le cadre d'une CUMA, location de machines à des tiers, recours aux services des entrepreneurs de travaux pour tiers.





Prendre le temps

Certaines machines demandent beaucoup de réglages. En cas de réglage inadéquat, elles peuvent manquer d'efficacité ou avoir un effet contraire à celui qu'on souhaite.

Observer

Ceux qui veulent se lancer dans le travail réduit du sol ou le semis direct des engrais verts ou des cultures doivent observer précisément ce qui se passe. Cela est important surtout en cas d'échec de la culture. À quoi est dû cet échec? Comment était l'engrais vert (hauteur, densité)? Y avait-il des adventices au moment du semis de la culture? Si oui, lesquelles? La qualité du semis de la culture était-elle mauvaise? Les semences étaient-elles correctement recouvertes? Les questions de ce genre et les échanges avec les conseillers sont importants pour la réussite du travail réduit du sol. mc

Les machines suivantes permettent de déchaumer jusqu'à 10 cm de profondeur:

Machines	Utilisation	
<p>Cultivateurs et déchaumeuses à socs: Pöttinger Synkro, Hatzenbichler, Einböck, Horsch Terrano, Bärtschi-Fobro, Treffler, Rau</p>	<p>Convienent pour le déchaumage; dans les sols lourds. Dans les sols pierreux, choisir des socs en forme de double-cœur, d'ailettes ou de patte d'oie très robustes, rigides ou montés sur ressorts. Les socs doivent se croiser pour garantir un nettoyage complet de la surface. Grande diversité de machines. Profondeur de travail réglable avec le rouleau émotteur, l'hydraulique ou les béquilles à roue. Limiter la profondeur à 10 cm. Grand rendement horaire.</p>	
<p>Herses à disques, herses à bêches roulantes: Lemken, Evers, Horsch, Einböck, Pöttinger, Vogel Noot</p>	<p>Convienent pour le déchaumage, mélangent bien le sol et incorporent bien les résidus de récolte. Les herses à bêches roulantes font un travail grossier. Pas recommandées si présence de mauvaises herbes vivaces comme le chiendent, le liseron ou le chardon. Grand rendement horaire.</p>	
<p>Charrues déchaumeuses: Stoppelhobel, Precilab, Ovlac</p>	<p>Déchaument superficiellement. Machines intéressantes pour la rompuie des prairies temporaires en limitant la profondeur de travail à 10 cm. La profondeur de travail doit être réglée à l'aide d'une béquille à roue pour travailler le plus superficiellement possible. Ne peuvent pas être utilisées dans les parcelles en pente. Utilisation relativement limitée par rapport à la charrue normale. Machines lourdes demandant beaucoup de force de traction.</p>	
<p>Chisel Ecodyn, système Wenz</p>	<p>Machine pour le semis direct qui travaille comme un cultivateur suivant le type de socs utilisés. L'Ecodyn est surtout adapté aux sols légers pas trop en pente et couverts de peu de résidus de récolte. La machine existe aussi sans semoir. Machine relativement lourde avec semoir intégré. Système de socs flexible. Semoir intégré aussi pour les sous-semis.</p>	

Perspective

Le Fonds Coop pour le Développement durable permet d'effectuer de nouvelles études dans le cadre du nouveau projet «Grandes cultures bio respectueuses du sol et du climat» qui couvre la période 2012 – 2016. Le FiBL étudie dans l'essai situé à Frick les répercussions du travail réduit du sol sur les gaz à effet de serre

(protoxyde d'azote, méthane, CO₂) en cas d'utilisation de compost et/ou de lisier. Le groupe de recherche veut notamment savoir si l'augmentation de la teneur en humus provoque une augmentation des émissions de gaz à effet de serre. Ce projet mettra aussi particulièrement l'accent sur la recherche de systèmes plus efficaces

de gestion des mauvaises herbes et sur les moyens de stabiliser les rendements dans les systèmes à travail réduit du sol. Ces questions, cruciales pour que le travail réduit du sol s'impose, seront étudiées dans le cadre d'essais pratiques. hd

«Le travail superficiel du sol lui donne une bonne structure»

«Je me préoccupais déjà de l'état de mes sols avant de passer en bio. Le sol est en effet pour nous et les générations suivantes la base même de la production de denrées alimentaires saines. Depuis ma reconversion à l'agriculture biologique il y a une dizaine d'années, j'essaie de travailler le sol seulement superficiellement en utilisant herse à disques, vibroculteur et cultivateur à ailettes. Cela ménage les vers de terre et confère au sol une bonne structure. Ma rotation culturale avec prairies temporaires de deux ans et apports de compost permet d'améliorer ou au moins de conserver les teneurs en humus. Il faut toutefois aussi mentionner que je n'ai heureusement pas des sols trop lourds. Cela me permet de renoncer aux herse rotatives pour préparer les lits de semence. Les moissons sont donc systématiquement suivies d'un déchaumage fait avec un cultivateur à ailettes qui coupe les mauvaises herbes sur toute la surface,



Photo: Hanueli Dierauer

Se préoccupe beaucoup de ses sols: Hansueli Häberli, Kirchlindach BE.

ce qui fait que, à part sur une parcelle avec des chardons, je n'ai jusqu'ici pas de gros problèmes d'adventices.

Ma rotation de sept ans ne me permet pas de renoncer totalement au labour: La rompue des prairies se fait avec une charrue hors-raie. Et je ne peux pas faire de

compromis de qualité pour la plantation des pommes de terre. J'ai déjà assez à faire contre les vers fil de fer! J'essaie maintenant de ne pas labourer une partie des engrais verts non hivernants (mélange de trèfle d'Alexandrie, de trèfle de Perse, de vesce d'été et de phacélie) et de ne les travailler qu'avec le cultivateur à ailettes et la herse à disques. Les pommes de terre ont de toute façon besoin d'un ameublissement profond, et il n'est pas non plus toujours possible de renoncer au labour pour le colza, car c'est une plante très exigeante pour la préparation du lit de semence. J'ai remplacé la charrue traditionnelle par une charrue hors-raie à trois socs avec laquelle je laboure normalement à une profondeur maximale de 15 centimètres. Vu que la charrue hors-raie est plus délicate à régler et exige une conduite plus concentrée, elle a de la peine à s'imposer en agriculture biologique.»

hd

«Le maïs souffre davantage du manque d'eau dans la partie labourée»

«En 2009, j'ai partagé une parcelle en deux, et depuis lors une partie a été travaillée avec labour et une bande sans labour. Sur le labour, j'ai eu beaucoup plus de rumex à arracher, et le maïs a davantage souffert du sec que sur le non-labour en 2009», affirme André Horisberger, qui cultive un domaine de 45 ha à Vufflens-la-Ville VD. En 2009, le rendement de la bande en



Photo: Thomas Alföldi

André Horisberger, qui s'est lancé avec enthousiasme dans le travail réduit du sol avec l'Ecodyn, utilisera désormais davantage la herse à disques.

travail réduit du sol a été meilleur que celui de la bande labourée, mais ce fut l'inverse en 2010 et 2011 (cf. tableau page 9). Le machinisme pourrait expliquer une partie du phénomène: André Horisberger a utilisé les machines disponibles sur son domaine pour faire du travail réduit du sol, mais elles n'étaient pas toujours idéales pour cette technique. Par exemple la herse à bèches roulantes était bien adaptée à une préparation de lit de semence sur sol labouré tout en ménageant la structure du sol, mais elle ne convenait pas bien pour cette préparation dans un système de travail superficiel du sol, car elle mélangeait insuffisamment les résidus de récolte avec la terre.

Autre exemple, le semis d'une céréale sans labour après maïs grain fut très difficile. La paille du maïs-grain avait été broyée par la batteuse, mais il aurait fallu avoir sous la main une machine pour la broyer une 2^{ème} fois avant la préparation du lit de semence pour la céréale (seigle à faucher en vert ou céréale d'automne) avec l'Ecodyn, car cette machine a provoqué la formation de paquets de paille de maïs qui ont empê-

ché un semis correct de la céréale.

André Horisberger n'est pas découragé par ces difficultés et va modifier sa mécanisation pour obtenir de meilleurs résultats. «Dès 2012, je vais travailler essentiellement sans charrue. Je vais détruire les prairies temporaires aussi souvent que possible sans labour, d'abord avec l'Ecodyn, puis avec la herse à disques. Il faudra donc que je trouve une herse à disques adaptée à mes besoins. Elle me servira également à préparer le lit de semences des cultures sarclées, voire à faire des faux-semis. Elle fait un meilleur travail de mélange et d'affinement du sol que la herse à bèches roulantes s'il y a des résidus. Par ailleurs il faut reconnaître que l'Ecodyn n'est pas une machine idéale pour nos sols moyens à lourds avec des cailloux.»

Pour le désherbage de ses cultures, André Horisberger s'est procuré une houe rotative, qui est mieux adaptée que la herse-étrille s'il y a des résidus de récolte ou d'engrais verts en surface. André Horisberger veut également renoncer le plus possible à la herse rotative, qui consomme trop d'énergie à son avis.

mc

Conclusions du projet

Le travail réduit du sol apporte en agriculture biologique des avantages certains en matière de fertilité du sol: Cela permet de fixer des quantités substantielles de carbone, et la teneur en humus, le nombre de microorganismes et la stabilité des agrégats augmente – de même que la capacité de rétention d'eau dispo-

nible pour les plantes. On a pu voir dans ce contexte qu'il faut adapter la répartition des engrais et le moment des rompues des prairies temporaires et des cultures d'engrais verts, car ce sont des facteurs importants pour résoudre les problèmes de minéralisation retardée de l'azote et pour assurer la maîtrise des mauvaises herbes. L'optimisation des rendements

est une question primordiale car finalement, et c'est bien entendu aussi valable pour les systèmes de travail réduit du sol, seuls les systèmes productifs peuvent être rentables.

Paul Mäder