



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office de l'agriculture et de la nature du canton de Berne
Directeur: Willi Gerber • www.vol.be.ch

Haute école suisse d'agronomie de Zollikofen
Directeur: Alfred Buess • www.shl.bfh.ch

Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART
Directeur: Paul Steffen • www.art.admin.ch



HESA

Comparaison du semis direct et du labour: une synthèse

W. G. STURNY, A. CHERVET, C. MAURER-TROXLER et L. RAMSEIER, Office de l'agriculture et de la nature du canton de Berne OAN, Rütti, 3052 Zollikofen

M. MÜLLER et R. SCHAFFLÜTZEL, Haute école suisse d'agronomie HESA, 3052 Zollikofen

W. RICHNER, B. STREIT, P. WEISSKOPF et U. ZIHLMANN, Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8046 Zurich

@ E-mail: wolfgang.sturny@vol.be.ch
Tél. (+41) 31 91 05 331.

Résumé

Les systèmes de culture avec labour (LA) ou semis direct (SD) sont comparés depuis 1994 sur la parcelle de suivi à long terme «Oberacker» de l'Inforama Rütti à Zollikofen (BE). Cette comparaison se fait dans une rotation de grandes cultures sans jachère, avec une fumure exclusivement minérale et sur un sol profond, riche en nutriments, de type limon sableux faiblement humique.

Le système SD pratiqué de manière continue constitue jusqu'ici une option sérieuse comparé au système LA traditionnel. Agronomiquement au point, il conduit à un sol biologiquement actif, à structure stable offrant une bonne portance, il réduit l'érosion, le nombre de passages de machines et la consommation de carburant, et présente dans l'ensemble un meilleur bilan écologique. Après une période d'adaptation de sept ans, le système SD fournit des rendements un peu plus élevés et de qualité semblable au système LA, liés à une meilleure économie de l'eau, plus régulièrement disponible, ainsi qu'à une meilleure efficacité de l'azote, les deux variantes ne recevant que 60% des normes de fumure N.

Cet essai pratique se poursuivra en améliorant le bilan énergétique et écologique par une proportion accrue de légumineuses, une fumure N sous forme d'ammonium et par une diminution des traitements au glyphosate (système SD) et de l'intensité du travail du sol (système LA).

Situation initiale

La protection aux frontières pour les produits agricoles a été abaissée après les accords de l'OMC dits de l'Uruguay round. En Suisse, il s'en est suivi une réforme de la politique agricole qui a séparé la politique des prix de celle des revenus par un système de paiements directs basé avant tout sur les surfaces et lié à des exigences écologiques.

En même temps, le canton de Berne a défini comme priorité le maintien de la fertilité de ses sols, en particulier de leur structure. Des études avaient montré que celle-ci évoluait souvent de façon négative car l'intensification de la production agricole conduisait à des tassements, des sols battants et à l'érosion (Schwarz *et al.*, 2007). Contre cette évolution, il fallait trouver un système qui conserve mieux le sol tout en diminuant le travail et les coûts par rapport au labour traditionnel. En 1994, le



Fig. 1. Vue aérienne du 29 juillet 2004 du site «Oberacker» à l'Inforama Rütti, Zollikofen (photo: Gabriela Brändle, Agroscope ART)

semis direct, qui exclut tout travail du sol, était déjà répandu en Amérique et en Océanie, mais encore pratiquement inconnu en Europe (encadré 1). Il apparaissait comme le système le mieux à même de garantir la fertilité des sols. C'est ainsi que, depuis cette date, la faisabilité dans les conditions de notre pays et les aspects pratiques du semis direct ont été comparés au système du labour sur la parcelle de suivi à long terme «Oberacker» à Zollikofen (fig.1; encadré 2).

Depuis 2001, une série d'articles a traité des résultats obtenus sur les deux premières rotations des cultures dans cet essai comparatif. Cette contribution constitue une synthèse et formule des perspectives pour la suite de l'essai, qui tendra vers une meilleure préservation des ressources (encadré 3).

Protection des plantes

La pression de la **flore adventice** a été semblable dans les deux systèmes de culture, avec un nombre similaire de traitements de post-levée. Après un travail superficiel du sol, les dicotylédones et les espèces germant à la lumière sont celles qui se développent le plus. Dans le système SD, où le sol est recouvert de litière, les monocotylédones dominent.

L'absence de travail du sol fait qu'il n'y a pas de lutte mécanique régulière en SD. En pré-levée, une stratégie adaptée, combinant différents moyens, doit être engagée pour contrôler les adventices: la rotation des cultures (alternant toujours céréales à paille et autres cultures), les engrais verts (couverture du

① – Définition du système de semis direct

Le «semis direct» est un système de culture dans lequel les semences sont déposées directement dans le sol non travaillé, recouvert de végétaux ou de résidus végétaux. Seule une fente est pratiquée par des socs spéciaux (à disque, à dent ou à disque à lames latérales), le temps d'y déposer la semence. Des engrais peuvent être placés dans le sol en même temps. Avec le semis direct, au maximum 50% de la surface du sol sont remués.

Comme pour une prairie permanente, le semis direct a l'avantage d'offrir une couverture constante du sol et de moins l'exposer aux contraintes mécaniques. Ce système améliore la capacité de rétention d'eau du sol, favorise la gestion des nutriments et augmente l'efficacité énergétique.

② – Comparaison de systèmes «Oberacker»

En grandes cultures, des systèmes de travail du sol moins intensifs ou sans labour sont souhaitables pour assurer la fertilité du sol à long terme et améliorer le rendement économique. A l'Inforama Rütli de Zollikofen, un essai a été mis en place en août 1994 pour comparer et résoudre les problèmes des systèmes de culture basés sur le semis direct ou sur le labour (fig.1). Cet essai en bandes sans répétitions est installé sur un sol brun profond, avec 15% d'argile, 3% d'humus et présence d'humidité en sous-sol (Chervet *et al.*, 2001). Six soles contiguës de 14 ares sont chacune pour une moitié utilisées en semis direct (SD) et pour moitié labourées (LA). La rotation des cultures, conforme à celle d'une exploitation sans bétail, est blé d'automne/EV - pois protéagineux de printemps/EV - seigle d'automne/EV - maïs d'ensilage - orge d'automne/EV - betterave sucrière (EV = engrais vert avec forte proportion de crucifères). Toutes les cultures sont conduites en mode «extenso».

L'essai de démonstration est conduit par le Service de la protection des sols (SPS) du canton de Berne et par l'Inforama Rütli. Des paramètres concernant la physique, la biologie et la chimie du sol sont mesurés, en plus des aspects agronomiques, dans le cadre du programme cantonal de surveillance des sols (KABO). Certains aspects sont étudiés par la Haute école suisse d'agronomie (HESA) de Zollikofen et par Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART).

③ – Perspectives pour l'essai «Oberacker»

Après l'analyse des résultats des deux premières rotations de six ans chacune et au début de la troisième (entre l'été et l'automne 2006), les dirigeants du projet ont défini les adaptations suivantes:

- Une nouvelle rotation dans les deux systèmes: blé d'automne/EV - maïs - féverole - orge d'automne/EV - betterave sucrière - pois protéagineux/EV (EV = engrais vert sensible au gel avec forte proportion de légumineuses).
- Dans le système LA, une charrue hors sillon («*onland*») sera utilisée, ne traçant que des sillons de 10 à 15 cm de profondeur. Les machines à prise de force ne seront plus du tout utilisées pour la préparation du lit de semences. Le semis se fera directement sur le sol labouré, en utilisant éventuellement un tasse-avant sur la bande entre les roues du tracteur.
- Dans le système SD, les engrais verts devenus hauts seront si possible maîtrisés avec un rouleau (à coutres droits le cas échéant) et les engrais verts hivernants seront abandonnés, ce qui devrait permettre de diminuer voire d'éviter les traitements au glyphosate.
- Grâce aux socs à disques à lames latérales, le semis du maïs et de la betterave sucrière devrait être plus précis, ce qui permet aussi, de l'autre côté du disque, de placer des (micro-)nutriments et de réduire les émissions de protoxyde de N (Zihlmann *et al.*, 2007).
- Dans les deux systèmes de culture - en particulier pour les céréales d'automne - la fumure N sera en partie réalisée avec le procédé CULTAN (**C**ontrolled **U**ptake **L**ong **T**erm **A**mmonia **N**utrition): du sulfate d'ammonium, que les plantes peuvent absorber sans trop de pertes, est injecté en réserve dans le sol à l'aide de socs en étoile. Ceci devrait améliorer la santé du peuplement et sa force de concurrence par rapport aux adventices.

sol et enracinement permanents), une gestion des résidus de récolte utilisant les techniques actuelles (moissonneuse-batteuse avec hache-paille et répartiteur des balles) et la lutte chimique. Cette stratégie a été progressivement améliorée dans notre essai. Les céréales sont maintenant moissonnées haut, puis on sème immédiatement la culture suivante ou un engrais vert croissant bien en hauteur. Celui-ci est en outre destiné à recouvrir le sol jusqu'après le semis direct de la culture principale suivante. Les betteraves sucrières sont par exemple semées dans les restes après gel d'un radis oléifère ou d'une moutarde brune. Le maïs d'ensilage est semé directement dans une navette en fleur. Les engrais verts hivernants sont enfouis mécaniquement de façon à réduire les traitements au glyphosate (Reinhard *et al.*, 2001; Chervet *et al.*, 2005).

La **pression des maladies** n'a pas été plus élevée dans le système SD et les infections de cercosporiose de la betterave ont diminué. Une formation accrue de mycotoxines est parfois redoutée quand les céréales d'automne sont semées sans labour après maïs; ce risque a pu être limité en hachant finement les chaumes du maïs (ce qui décime aussi les pyrales) et en privilégiant les variétés peu sensibles à la fusariose. Depuis 1999, la teneur en déoxynivalénol (DON) et zéaralénone (ZEA) est analysée dans tous les lots de céréales. La limite de tolérance de 1 mg/kg (soit 1000 ppb) n'a jamais été dépassée dans les produits de meunerie. Depuis que les chaumes de maïs sont hachés, les analyses de l'orge n'ont même plus atteint la limite de détection de 12 ppb (Chervet *et al.*, 2005).

En ce qui concerne les **ravageurs**, l'absence de travail du sol et la couche de litières du système SD favorisent l'installation des limaces et augmentent donc le risque de dégâts. En revanche, les attaques de pyrales étaient moins fréquentes.

Biologie du sol

Dans les parcelles LA, le travail du sol détruit chaque fois les galeries de vers de terre – réseau de transport pour l'eau et l'air dans le sol – et blesse ou tue les vers de terre présents dans la couche travaillée. Dans les parcelles SD, les vers de terre sont plus nombreux et leurs galeries persistent même après le passage des machines, constituant un réseau permanent pour l'aération et le transport de l'eau et des substances solubles. La population des vers de terre a doublé et la proportion d'espèces for-

mant des galeries larges et profondes – en particulier *Lumbricus terrestris* – est passée de 25 à 50%. Leur réseau de galeries est stable, ce qui explique que l'eau s'infiltré environ trois fois plus vite dans le sol SD (Chervet *et al.*, 2001; Maurer-Troxler *et al.*, 2006). La forte population observée dans ce système permet aussi l'incorporation des résidus végétaux dans le sol, leur décomposition rapide et donc la libération d'éléments nutritifs pour les plantes (à l'aide d'autres êtres vivants du sol, en particulier les microorganismes).

Structure du sol

Au test à la bêche, le sol du système LA se distingue par des couches bien marquées et par un ameublement excessif dû au travail primaire du sol et à la préparation du lit de semences. Sa surface est souvent battante et s'accompagne d'une semelle de labour gâchée, tassée ou avec une couche de paille mal décomposée (Chervet *et al.*, 2001).

En 1999, les betteraves ont dû être récoltées dans des conditions trop humides, provoquant des tassements jusqu'en profondeur. Les examens physiques effectués entre 2000 et 2004 sur cette parcelle ont montré que la **structure** profonde du sol s'est progressivement rétablie dans les deux systèmes, grâce aussi aux conditions estivales souvent sèches. Cette structure profonde est semblable dans les deux systèmes et, curieusement, souvent nettement meilleure que dans la couche superficielle. Deux années sur les cinq, cette dernière était plus meuble dans le système LA, alors que ce paramètre se manifestait plus en profondeur dans le système SD.

La **stabilité des agrégats**, et donc la portance, a été quatre fois sur cinq nettement meilleure dans la couche superficielle du système SD. Le travail du sol répété année après année fait aussi davantage varier cette stabilité (Van der Veer *et al.*, 2006; Weisskopf *et al.*, 2006). Rappelons que, jusqu'en 2002, le labour des parcelles LA s'est fait en passant avec les roues dans le sillon, ce qui génère plus de contraintes mécaniques sur le sol.

Erosion du sol

Le système SD réduit nettement le risque de battance par rapport au système LA. La stabilité des agrégats se combine ici à la protection qu'offrent la litière et les racines en place dans le sol contre l'impact des précipitations.

Grâce à l'absence de travail du sol, la matière organique s'enrichit en surface dans le système SD et l'activité biologique peut s'y développer plus intensivement, contribuant à la formation d'agrégats stables. L'infiltration de l'eau est facilitée par les nombreuses galeries de vers de terre, réduisant ainsi le risque d'érosion. Dans le système LA, au contraire, la matière organique est enfouie et plus ou moins incorporée à la couche arable. La surface est alors exposée aux intempéries depuis le travail du sol jusqu'à ce que la culture recouvre le sol, soit souvent durant plusieurs mois (Chervet *et al.*, 2005; Chervet *et al.*, 2006). D'après une modélisation des risques d'érosion, le système SD pourrait diminuer très fortement l'entraînement de terre fine et de nutriments (en particulier de phosphore) dans les champs en pente (Schaller *et al.*, 2007).

Humidité du sol

Lors de fortes pluies, l'eau s'infiltré mieux dans le sol du système SD; les pertes par ruissellement sont donc réduites et la réhumidification après une période sèche se fait plus régulièrement que dans un sol travaillé où la semelle de labour gêne l'infiltration et, dans l'autre sens, la remontée capillaire. En plus de son effet protecteur contre l'impact des gouttes d'eau, la couche de litière réduit aussi l'évaporation, maintenant ainsi plus longtemps l'approvisionnement en eau des cultures à un bon niveau. Les périodes de stress hydrique sont donc moins fortes et moins longues pour les plantes et les organismes du sol. La minéralisation de la matière organique et l'approvisionnement en nutriments sont ainsi plus réguliers (Chervet *et al.*, 2006).

Teneur du sol en carbone

Après onze ans de SD, les teneurs en carbone (C) organique sont, comme prévu, maximales dans les 5 cm supérieurs du sol. Elles diminuent avec la profondeur parce que les résidus végétaux ne sont pas enfouis et se décomposent en surface. Dans le système LA, au contraire, les teneurs en C organique sont homogènes dans les premiers 30 cm et plus abondantes entre 30 et 40 cm que sous semis direct, du fait de l'enfouissement des résidus végétaux au fond du sillon, où ils se décomposent lentement (Zihlmann *et al.*, 2001; Müller *et al.*, 2008a). Sur l'ensemble du profil, les deux systèmes contiennent à peu

près autant de C dans la matière organique. Les teneurs plus élevées entre 0 et 20 cm dans le système SD sont donc compensées par un rapport généralement inverse dans les couches plus profondes.

Il n'est pas (encore) possible de vérifier l'hypothèse que le sol en SD constitue un puits de C. Le système SD diminue en tout cas les rejets de CO₂ dans l'atmosphère grâce à la consommation réduite de carburant (Schaller *et al.*, 2007).

Dynamique de l'azote dans le sol

L'azote (N) est produit par minéralisation en quantités semblables dans les deux systèmes, mais à un taux plus constant et plus longtemps durant la période de végétation avec le SD. Les mesures faites depuis 1998 montrent, surtout pour les céréales, un meilleur rendement du système SD par unité de N apportée. Pour la betterave sucrière et le maïs, la quantité de N délivrée par le sol varie considérablement d'une année à l'autre en fonction des conditions météorologiques. Sous SD, la libération de N est retardée lors de printemps froids. Dans le système LA, elle est accélérée après le semis de betterave sucrière, maïs ou seigle d'automne suivant du pois protéagineux, avec un risque accru de pertes par lessivage.

Pour réduire ce risque, le maïs et la betterave sucrière ne devraient pas recevoir trop de N au semis, dans les deux systèmes. Une dose limitée à 50-60 kg/ha peut être appliquée sous les graines au moment du semis direct, mais un fractionnement en deux doses reste recommandé dans le système LA. Grâce à l'intégration d'une légumineuse dans la rotation depuis l'automne 2001, les doses de N ont pu être réduites d'environ 40% par rapport à la norme dans toutes les parcelles, le système SD ayant terminé sa période d'adaptation (Zihlmann *et al.*, 2001; Zihlmann *et al.*, 2006).

Teneurs du sol en phosphore

Depuis 1995, la fumure en phosphore (P) a été réduite de 60% par rapport à la norme. Malgré cela, le sol s'est un peu enrichi en P disponible pour les plantes, en particulier dans les premiers 30 cm du sol sous LA. Les concentrations les plus élevées se trouvent entre 15 et 20 cm en SD, et entre 20 et 30 cm avec LA.

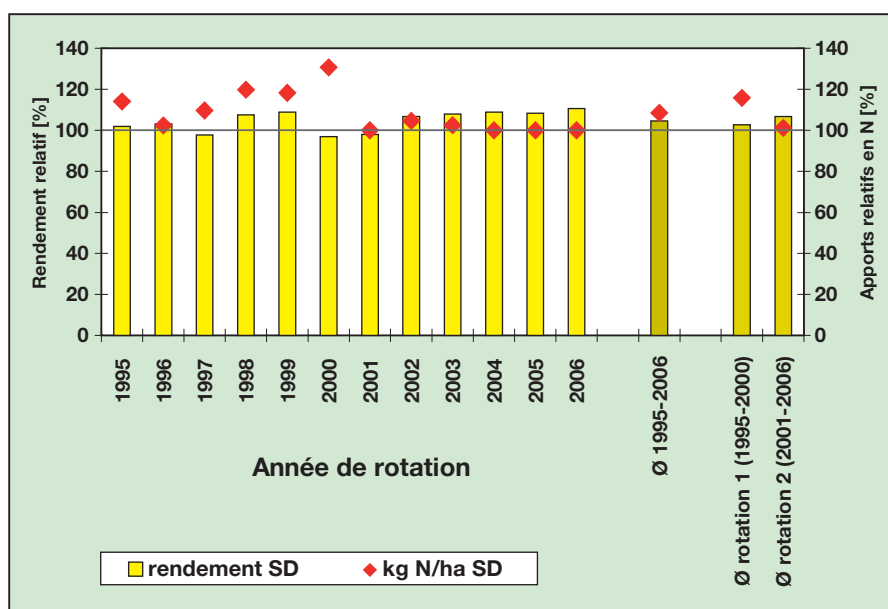


Fig. 2. Rendements et apports relatifs en N dans les systèmes comparés de semis direct (SD) et de labour (LA = 100%) en moyenne des six soles. Parcelle de suivi à long terme «Oberacker», Rütli-Zollkofen (1^{re} rotation: 1995-2000, 2^e rotation: 2001-2006).

Entre 30 et 40 cm de profondeur, les concentrations mesurées sont nettement moindres, mais bien plus élevées dans le système LA, en relation avec l'enfouissement des résidus de récolte qui amène les nutriments en profondeur (Zihlmann *et al.*, 2001; Müller *et al.*, 2008b).

Teneurs du sol en potassium

Après onze ans d'essai, le potassium (K) disponible s'est fortement accumulé dans les premiers 5 cm du sol du système SD, en dépit d'une réduction de 80% des doses par rapport à la norme dans les deux systèmes. Les teneurs en K diminuent ensuite avec la profondeur, mais moins toutefois dans le système LA, qui présente une certaine homogénéité dans les premiers 30 cm et, comme pour le phosphore, des concentrations plus fortes entre 30 et 40 cm (Zihlmann *et al.*, 2001; Müller *et al.*, 2008b).

Rendements des cultures

Dans le système SD, les semences sont déposées directement au moyen de socs spéciaux dans le sol non travaillé et recouvert des restes végétaux de la culture précédente. Les premières années d'essai, la technique de semis n'était pas encore au point. De ce fait, et aussi à cause des limaces, la levée des par-

celles SD était souvent moins bonne. Grâce à la croissance compensatoire propre à chaque espèce et à une fumure azotée légèrement accrue, les cultures moins denses au départ ont fourni le plus souvent des rendements équivalents aux autres au moment de la récolte (Reinhard *et al.*, 2001).

Dès la deuxième rotation (2001-2006), la technique de semis direct avait assez progressé et le sol des parcelles SD s'approchait, après une phase d'adaptation, de son nouvel état d'équilibre. Les six années suivantes, le système SD a généré des rendements de même qualité et jusqu'à 10% supérieurs pour les cultures battues à maturité totale (céréales et pois protéagineux). Cette supériorité n'est toutefois pas assurée statistiquement, de même que celle des rendements en maïs d'ensilage et en sucre de betterave, légèrement meilleurs que ceux du système LA.

En exprimant l'efficacité des doses relatives de N sur le rendement, on s'aperçoit que celle-ci était meilleure dans le système SD lors de la deuxième rotation (fig. 2). A partir de la septième année, les rendements du SD ont régulièrement dépassé ceux du LA avec, dès la neuvième année, des doses semblables dans les deux systèmes (Chervet *et al.*, 2005).

Bilan écologique

Un bilan écologique de l'essai comparatif «Oberacker» a été calculé pour 1999 à 2005. Tous les effets sur l'environnement considérés ont été «tendan-

ciellement plus favorables» à «plus favorables» dans le système de culture converti au SD (Schaller *et al.*, 2007). Les dépenses énergétiques ont par exemple diminué de 10%, soit l'équivalent de 36 litres de diesel/ha et an. Le potentiel de formation d'ozone a même été réduit de 20%. En même temps, la qualité des sols s'est améliorée pour plusieurs des paramètres pris en compte, tels que le volume de pores grossiers ou la biomasse des vers de terre.

La fumure minérale influence davantage la gestion des ressources et des nutriments que le travail du sol car elle demande beaucoup d'énergie. Rapporté à la surface (par hectare et par an), le bilan des cultures recevant peu de fumure est le meilleur, soit ici les pois protéagineux et le seigle. Par rapport au rendement (par kg MS récoltée), les cultures les plus productrices sont les plus favorables, soit la betterave sucrière et le maïs d'ensilage.

Concernant les polluants, les effets sur l'environnement sont étroitement liés à l'usage des pesticides (en particulier les herbicides sélectifs) et à leurs matières actives. Selon la méthode de calcul considérée pour le bilan, l'estimation des effets peut toutefois varier fortement.

Aspects économiques du système SD

Le passage au système SD a des effets positifs sur la rentabilité économique selon les résultats obtenus à ce jour: il permet de réduire les coûts, surtout dans les exploitations de grandes cultures de taille limitée, les exploitations à temps partiel et dans celles où des investissements s'imposent de toute façon pour renouveler le parc de machines (tracteur, machines de travail du sol) (Steingruber *et al.*, 2001).

Les aspects économiques du système SD sont actuellement étudiés pour l'ensemble des grandes cultures d'une exploitation pendant une phase d'adaptation de plusieurs années.

Conclusions et perspectives

Les résultats obtenus sur la parcelle de suivi à long terme «Oberacker» montrent que le SD appliqué en continu sur plusieurs années concurrence sérieusement le système traditionnel LA. D'un point de vue agronomique, les pratiques sont maintenant tout à fait au

④ – Troisième rapport du GIEC (www.ipcc.ch)

Ce rapport, publié en 2007 par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (organe de l'OMM et du PNUE), cite entre autres les mesures agricoles suivantes pour pouvoir diminuer l'accumulation de gaz à effets de serre d'ici l'an 2030:

- utiliser le sol de façon à ce qu'il puisse accumuler plus de carbone qu'il n'en perd;
- restaurer des surfaces dégradées;
- diminuer les émissions de protoxyde d'azote par une fumure N plus ciblée;
- remplacer les carburants fossiles par des carburants d'origine végétale et les utiliser plus efficacement;
- améliorer les rendements.

point. Le SD favorise l'activité biologique du sol, une structure stable et une bonne portance. Il diminue les risques d'érosion, le nombre de passages de machines et consomme moins de carburant. Ses effets écologiques sont meilleurs. Après sept ans d'adaptation, les rendements sont, à qualité égale, plus hauts qu'avec le système LA, grâce à une meilleure préservation de l'eau dans le sol, ainsi disponible de façon plus constante pour les plantes, ainsi qu'à une efficacité améliorée du N, ramené dorénavant à 60% des normes dans les deux systèmes de culture comparés.

Le SD permet une utilisation durable du sol car il ménage les ressources naturelles, réduit les coûts de production, y compris énergétiques, et les coûts externes et finalement, est économiquement et socialement supportable. À l'avenir, les systèmes de culture devraient comporter le moins possible d'intrants énergétiques non renouvelables et utiliser au mieux l'énergie solaire par l'intermédiaire des plantes (encadré 3).

- Après une phase d'adaptation de plusieurs années au SD, le sol atteint un nouvel état d'équilibre et n'a plus du tout besoin d'être travaillé. Ce système ne se prête toutefois actuellement ni à la pomme de terre ni aux cultures maraîchères.
- La fumure N minérale, très gourmande en énergie, peut être limitée en cultivant des légumineuses, en culture principale ou en engrais vert, qui permettent de fixer biologiquement le N. Une utilisation plus efficace du N par les plantes est aussi à rechercher.
- Dans une rotation optimisée par rapport à l'environnement, les cultures à fort rendement comme le maïs ou

la betterave sucrière sont suivies par des cultures plus frugales, comme les légumineuses.

- Les pertes de N dans l'atmosphère (dénitrification, formation de protoxyde d'azote) et dans les eaux (lessivage de nitrate) peuvent être réduites en utilisant de préférence de l'ammonium.

Ces prochaines années, le prix de l'énergie devrait augmenter, ce qui se répercutera sur la production agricole. Le système SD est une forme d'utilisation du sol moins gourmande en énergie, qui recèle encore un potentiel pour économiser des frais de production. Un système SD bien pensé permet en outre de diminuer le lessivage, le ruissellement et les émissions gazeuses, donc de protéger la qualité de l'eau et de l'air (Schaller *et al.*, 2007). Finalement, parmi les thèmes liés aux changements climatiques et discutés par le GIEC (encadré 4), l'eau pourrait devenir un facteur plus souvent limitant, mettant ici aussi en évidence les avantages du SD.

Pour toutes ces raisons, le canton de Berne propose depuis une décennie des incitations financières aux agriculteurs passant au système SD, pour compenser les frais supplémentaires (de nouvelles machines, par exemple) et les rendements plus faibles de la phase d'introduction et reconnaître les prestations écologiques supplémentaires qu'apporte ce système.

Bibliographie

- Chervet A., Maurer-Troxler C., Sturny W. G. & Müller M., 2001. Semis direct en grandes cultures. Effets sur la structure du sol. *Revue suisse Agric.* 33 (1), 15-19.
- Chervet A., Ramseier L., Sturny W. G. & Tschanen S., 2005. Comparaison du semis direct et du labour pendant 10 ans. *Revue suisse Agric.* 37 (6), 249-256.

- Chervet A., Müller M., Ramseier L., Schafflützel R., Sturny W. G., Weisskopf P. & Zihlmann U., 2006. Humidité du sol en semis direct et sous labour. *Revue suisse Agric.* **38** (4), 185-192.
- Maurer-Troxler C., Chervet A., Ramseier L., Sturny W. G. & Oberholzer H.-R., 2006. Biologie du sol après 10 ans de semis direct ou de labour. *Revue suisse Agric.* **38** (2), 89-94.
- Müller M., Schafflützel R., Chervet A., Sturny W. G., Zihlmann U. & Weisskopf P., 2008a. Teneurs en humus après 11 ans de semis direct ou de labour. *Revue suisse Agric.* **40** (en préparation).
- Müller M., Schafflützel R., Chervet A., Sturny W. G., Zihlmann U. & Weisskopf P., 2008b. Teneurs en phosphore et en potassium après 11 ans de semis direct ou de labour. *Revue suisse Agric.* **40** (en préparation).
- Reinhard H., Chervet A. & Sturny W. G., 2001. Semis direct en grandes cultures. Rendements des cultures. *Revue suisse Agric.* **33** (1), 7-13.
- Schaller B., Chervet A., Nemecek Th., Streit B., Sturny W. G. & Zihlmann U., 2007. Bilan écologique comparatif du semis direct et du labour. *Revue suisse Agric.* **39** (2), 73-79.
- Schwarz R., Chervet A., Hofer P., Sturny W. G. & Zuber M., 2007. Le canton de Berne favorise les techniques culturales qui préservent les ressources naturelles. *Revue suisse Agric.* **39** (3), 117-122.
- Steingruber E. & Hofer P., 2001. Semis direct en grandes cultures. Rentabilité. *Revue suisse Agric.* **33** (1), 27-31.
- Sturny W. G., Chervet A., Hofer P. & Providoli I., 2001. Semis direct en grandes cultures. Expériences et observations. *Revue suisse Agric.* **33** (1), I-VI.
- Van der Veer S., Chervet A., Meyer M., Sturny W. G. & Weisskopf P., 2006. Atteintes physiques à la structure du sol lors de la récolte de betteraves sucrières. *Revue suisse Agric.* **38** (3), 129-134.
- Weisskopf P., Chervet A., Müller M., Sturny W. G. & Zihlmann U., 2006. Evolution de la structure du sol avec le semis direct et le labour. *Revue suisse Agric.* **38** (1), 41-46.
- Zihlmann U., Chervet A., Müller M., Schafflützel R., Sturny W. G. & Weisskopf P., 2001. Semis direct en grandes cultures. Effets sur la matière organique et les nutriments dans le sol. *Revue suisse Agric.* **33** (1), 21-25.
- Zihlmann U., Chervet A., Müller M., Schafflützel R., Sturny W. G. & Weisskopf P., 2006. Dynamique de l'azote dans les sols sous semis direct ou sous labour. *Revue suisse Agric.* **38** (5), 262-268.
- Zihlmann U., Chervet A. & Müller M., 2007. Fumure N du maïs en semis direct. *Revue UFA* **4**, 38-40.

Summary

Comparison of no-tillage and conventional plough tillage: a synthesis

No-tillage and conventional plough tillage have been compared since 1994 in a crop rotation without fallow period and with mineral fertilizer only, in the long-term field trial "Oberacker" at the Inforama Ruetti in Zollikofen (Switzerland) on a slightly humic sandy loam deep and nutrient-rich soil.

Results obtained so far show continuous no-tillage of long duration to be an alternative to traditional plough tillage: no-tillage is ready for agronomical practice, leads to a biologically active soil of stable structure and thus of high load capacity, reduces risk of soil erosion, number of vehicle crossings and consumption of fuel and presents an overall more favourable life cycle assessment. After a seven-year conversion period, slightly higher plant yields of comparable quality were obtained in no-tillage, due to a better soil water preservation and continual supply to plant roots, as well as to a higher N-efficiency. Both cropping systems only received about 60% of the standard amounts of N-fertilizer.

Both systems shall be tested further and optimised for environmental sustainability and energy consumption by introducing more legume crops, ammonium-based N-fertilizer, and by reducing glyphosate application in no-tillage and tillage intensity in conventional plough tillage.

Key words: soil water, soil structure, soil biology, yield, life cycle assessment, tillage system, no-tillage.

Zusammenfassung

Direktsaat und Pflug im Systemvergleich: eine Synthese

Seit 1994 werden auf der Dauerbeobachtungsfläche «Oberacker» am Inforama Rütli in Zollikofen (BE) die beiden Anbausysteme «Direktsaat» (DS) und «Pflug» (PF) innerhalb einer Ackerfruchtfolge mit ausschliesslich mineralischer Düngung und ohne Bracheperioden verglichen. Der schwach humose sandige Lehm ist ein tiefgründiger, nährstoffreicher Boden.

Die bisherigen Untersuchungen belegen, dass ein langjährig kontinuierliches DS-System eine Alternative zum herkömmlichen PF-System darstellt: es ist in der agronomischen Anwendung praxisreif, bewirkt einen biologisch aktiven, strukturstabilen und somit tragfähigen Boden, reduziert das Erosionsrisiko und die Anzahl Überfahrten, vermindert den Treibstoffverbrauch und weist insgesamt eine günstigere Ökobilanz auf. Im Vergleich zum PF-System werden nach siebenjähriger Umstellungszeit im DS-System dank mehr konserviertem Bodenwasser und kontinuierlicherer Nachlieferung sowie besserer N-Effizienz leicht höhere Pflanzenerträge mit vergleichbarer Qualität geerntet – dies bei einer N-Düngemenge, die in beiden Anbausystemen nur rund 60% der Normdüngung entspricht.

In den kommenden Jahren sollen beide Systeme durch vermehrten Anbau von Leguminosen, ammoniumbasierte N-Düngung, reduzierte Glyphosatanwendung bei DS sowie reduzierte Bearbeitungsintensität bei PF noch energiesparender und umweltschonender im Praxisversuch erprobt werden.



Nos collections
CHF 18.-
Plantes fleuries
 des prairies permanentes

COMMANDE: Agroscope ACW Changins, Service Info, CH-1260 Nyon 1,
 tél. ++41 (22) 363 41 51, fax ++41 (22) 363 41 55.
 E-mail: colette.porchat@acw.admin.ch